

**YÜKSEK PERFORMANSLI
BETONLARIN SÜNEKLİK ÖZELLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

119615

Dokuz Eylül Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Anabilim Dalı

**T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Hüseyin YİĞİTER

Temmuz, 2002

İZMİR

119615

Yüksek Lisans Tezi Sınav Sonuç Formu

Hüseyin YİĞİTER tarafından, Yard. Doç. Dr. Selçuk TÜRKEK yönetiminde hazırlanan “YÜKSEK PERFORMANSLI BETONLARIN SÜNEKLİK ÖZELLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yard. Doç. Dr. Selçuk TÜRKEK

Yönetici



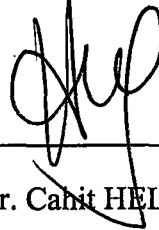
Prof. Dr. Bülent BARADAN

Jüri Üyesi



Yrd. Doç. Dr. Şemsi YAZICI

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yazar;

üstün bilgi desteği ile hep yanında olduğunu bildiği tez danışmanı Sayın Yard.
Doç. Dr. Selçuk TÜRKEKEL' e,

sınırsız tecrübeleri ile bu çalışmaya yol gösteren Sayın Prof. Dr. Bülent
BARADAN' a,

deneysel çalışmalara bitmeyen sabrıyla yardım eden İnş. Müh. Burak
FELEKOęLU' na,

Yapı Malzemesi Grubu çalışma arkadaşları İnş. Yük. Müh. Halit YAZICI' ya, İnş.
Yük. Müh. Hayri ÜN' e, İnş. Yük. Müh. Kamile TOSUN' a, İnş. Müh. Serdar
AYDIN' a, İnř. Tek. Kamil TAHTA' ya,

malzeme temininde gösterdikleri sağduyu nedeniyle Çimbeton A.Ő. Kalite Ekibi'
ne, Beksa Dramix Departmanı' na ve YKS Yapkim yetkililerine,

sürprizlerle dolu ev arkadaşlarına,

ve her zaman gurur duyduğu deęerli ailesine,

sonsuz teőekkürlerini sunar.

Hüseyin YİğİTER

ÖZET

Yüksek performanslı beton, yalnızca yüksek basınç dayanımına sahip bir beton olmayıp, diğer mekanik özellikleri ve dayanıklılığı ile de ön plana çıkan ve kullanımı gün geçtikçe artan bir malzemedir. Buna karşılık yüksek basınç dayanım değerlerine sahip yüksek performanslı betonların deformasyon ve enerji yutabilme kapasiteleri açısından, normal betonlara kıyasla bile yetersiz oldukları bilinmektedir.

Betonun mekanik dayanımlarının yanı sıra kırılma enerjisi de önemli bir malzeme parametresidir. Gevrek bir malzeme olan geleneksel betonların göçme süreçlerinde sönmüledikleri enerji miktarı sınırlı düzeylerde kalırken, lifli betonlar ise özellikle ilk kırılma yükünden sonra oldukça yüksek bir düktil davranış gösterirler.

Bu çalışmada, lifli yüksek performanslı betonların enerji yutma kapasiteleri ve deformasyon özellikleri araştırılmıştır. Amaca yönelik olarak hazırlanan deney programında, betonda farklı en büyük agrega tane çapları, farklı lif geometrileri ve farklı lif dozajları kullanımının gerilme-deformasyon davranışlarına etkileri incelenmiştir.

ABSTRACT

High compressive strength characteristics of “high performance concretes” is not the only criteria to define this relatively new material. The superior values of other mechanical properties and long lasting durability are the main characteristics of the “high performance concrete”. However, their deformation and energy absorption capacities are not well defined and maybe lower than conventional concretes.

Fracture energy is one of the important material parameters of concrete, along with its mechanical properties. Conventional concrete is a fragile material. While the amount of absorbed energy by traditional concrete has a limited value in failure, fiber reinforced concrete provides large ductility, especially after the appearance of first crack.

In this research, energy absorption capacities and deformation properties of fiber reinforced high performance concrete have been investigated. The stress-strain behavior of various concrete samples with different maximum aggregate sizes, different fiber geometries and different fiber dosages have been investigated within a comprehensive experimental program.

İÇİNDEKİLER

<u>İçindekiler</u>	<u>Sayfa</u>
TEŞEKKÜR.....	I
ÖZET.....	II
ABSTRACT.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
TABLO LİSTESİ.....	VIII
ŞEKİL LİSTESİ.....	XI

Bölüm Bir

GİRİŞ

Bölüm İki

KOMPOZİT MALZEMELER

2.1. Tanımlar.....	4
2.2. Liflerle Donatılı Kompozitler.....	6

2.2.1. Kırılğan Lif – Sünek Matrisli Sistemler.....	6
2.2.2. Kırılğan Matris – Sünek Lifli Sistemler.....	7
2.3. Lifler.....	11
2.4. Çelik lifli betonarme betonu.....	14
2.5. Betonda Lif Kullanımının Tarihçesi.....	19
2.6. Lifli Betondaki İyileşmeler.....	21
2.7. Çelik Liflerle Güçlendirilmiş Betonun Kullanım Alanları.....	22

Bölüm Üç

LİFLİ BETONLARIN ÖZELLİKLERİ

3.1. Malzemeler Ve Seçimlerinde Dikkat Edilecek Noktalar.....	25
3.1.1. Çimento Seçimi.....	25
3.1.2. Su Seçimi.....	26
3.1.3. Agrega Seçimi.....	27
3.1.4. Lif Seçimi.....	29
3.1.5. Mineral Katkıların Seçimi.....	33
3.1.6. Kimyasal Katkıların Seçimi.....	34
3.2. Taze Beton Özellikleri.....	35
3.2.1. Tasarım.....	35
3.2.2. Karışım Esasları	36
3.2.3. Tipik Beton Karışımları.....	37
3.2.4. Karışım Sırasında Dikkat Edilecek Hususlar.....	40
3.2.5. Taşıma.....	42
3.2.6. Yerleştirme.....	43
3.2.7. Yüzey Bitirme.....	43
3.2.8. İşlenebilirlik.....	44
3.2.9. Liflerle Güçlendirme İndeksi.....	48
3.2.10. Betonda Yapısal Olmayan Çatlaklar.....	50
3.2.11. Kür.....	51
3.3. Sertleşmiş Beton Özellikleri.....	56
3.3.1. Elastik modül, sünme ve kuruma büzülmesi.....	58

3.3.2. Normal Betonun Yük Altındaki Davranışı.....	58
3.3.3 Lifli Betonun Yük Altındaki Davranışı.....	60
3.3.4. Çatlak Yayılması-Yük Transferi.....	61
3.3.5. Enerji Emme Kapasitesi	64
3.3.6. Tokluk İndeksi.....	67
3.3.7. Eğilmede Çekme Dayanımı.....	71
3.3.8. Basınç Dayanımı.....	73
3.3.9. Kavitasyon Hasarları Dayanımı.....	76
3.3.10. Yorulma Dayanımı.....	77
3.3.11. Darbe Dayanımı.....	79
3.3.12. Düktilite.....	87
3.3.13. Tokluk Mekanizması.....	90
3.3.14. Çelik Lifli Betonlarda Rötire.....	93
3.4. Dayanıklılık.....	94

Bölüm Dört

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Amaç.....	97
4.2. Kapsam.....	99
4.3. Deney Programı.....	100
4.4. Kullanılan Malzemeler.....	103
4.4.1. Çimento.....	103
4.4.2. Agrega.....	104
4.4.3. Su.....	105
4.4.4. Lif.....	106
4.4.5. Mineral katkı.....	108
4.4.6. Kimyasal Katkı.....	108
4.5. Karışım Hesapları.....	109
4.5.1. Dizayn 0-16.....	109
4.5.2. Dizayn 0-32.....	111
4.6. Deneylerin Yapılışı.....	113

4.6.1. Taze Beton.....	113
4.6.2. Sertleşmiş Beton.....	114
4.7. DeneY Sonuçları.....	118
4.7.1. Taze Beton DeneY Sonuçları.....	118
4.7.2. Sertleşmiş Beton DeneY Sonuçları.....	121
4.8. Parlak Kesit İncelemeleri.....	157
4.9. Karışımların Maliyetleri.....	160

Bölüm Beş

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

KAYNAKLAR.....	169
EKLER.....	175

TABLO LİSTESİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1. Betonda kullanılan lifler ve mekanik özellikleri.....	12
Tablo 2.2. Lif tipleri ve özellikleri.....	12
Tablo 3.1. Çelik lifli betonlar için önerilen tane dağılımı değerleri.....	27
Tablo 3.2. Çelik lifli beton karışımlarında kum içerisinde bulunması gerekli 0,25 mm'den küçük ince malzeme miktarı.....	29
Tablo 3.3. Sentetik lifler ile hasır çeliğin karşılaştırılması.....	31
Tablo 3.4. Betona ilave edilebilen maksimum tel miktarı.....	37
Tablo 3.5. Normal ve lifli beton karışım oranlarının karşılaştırılması.....	39
Tablo 3.6. Normal ağırlıklı lifli beton için karışım oranları.....	39
Tablo 3.7. Uçucu kül içeren havaalanı kaplama karışımı için karışım oranları.....	40
Tablo 3.8. nedenleri ile birlikte beton çatlakları ve oluşma dönemi.....	50
Tablo 3.9. Tokluk (elastik şekil değiştirme) indekslerinin değerlendirme kriterleri.....	69
Tablo 3.10. Görünüm oranı artışının etkisi.....	72
Tablo 3.11. Lifli betonlarda patlayıcı testleri ve sonuçları.....	82

Tablo3.12. Normal beton, yüksek dayanımlı beton ve ultra yüksek dayanımlı çimento esaslı kompozitlerin (UYDÇK) mekanik özelliklerinin karşılaştırılması.....	90
Tablo 4.1. Deney programı.....	101
Tablo 4.2. PKÇ/A 42,5 tipi çimentonun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri.....	103
Tablo 4.3. Karışımlarda kullanılan agregaların elek analizi sonuçları.....	104
Tablo 4.4. Karışımlarda kullanılan agregaların fiziksel özellikleri.....	105
Tablo 4.5. Karışım suyu kimyasal analizi.....	105
Tablo 4.6. Tip I çelik liflerin aksenal çekme deneyinden bulunan özellikleri.....	106
Tablo 4.7. Tip II çelik liflerin çekme aksenal deneyinden bulunan özellikleri.....	107
Tablo 4.8. Karışımlarda kullanılan silika dumanının kimyasal içeriği.....	108
Tablo 4.9. Dizayn 0-16 için agrega karışım oranları.....	109
Tablo 4.10. Dizayn 0-16 bileşen miktarları.....	111
Tablo 4.11. Dizayn 0-32'de agrega karışım oranları.....	111
Tablo 4.12. Dizayn 0-32 bileşen miktarları.....	112
Tablo 4.13. Kullanılan çimentonun kimyasal ve mineral katkılarla birlikte priz süreleri.....	119
Tablo 4.14. Taze beton deney sonuçları.....	119
Tablo 4.15. Sertleşmiş beton deney sonuçları.....	122
Tablo 4.16. Karışımlara göre elastisite modülleri.....	143
Tablo 4.17. Üretilen betonların 7 günlük basınç deneyinden bulunan enerji yutabilme kapasitesi değerleri.....	145
Tablo 4.18. Üretilen betonların 28 günlük basınç deneyinden bulunan enerji yutabilme kapasitesi değerleri.....	145
Tablo 4.19. Üretilen betonların 7 günlük eğilme deneyinden bulunan enerji yutabilme kapasitesi değerleri.....	146
Tablo 4.20. Üretilen betonların 28 günlük eğilme deneyinden bulunan enerji yutabilme kapasitesi değerleri.....	146
Tablo 4.21. Eğilme deneylerinde karışımlara göre ikinci yüklemelerin birinci yüklemelere oranları.....	153

Tablo 4.22. Yarma deneylerinde karışımlara göre ikinci yüklemelerin birinci yüklemelere oranları.....	154
Tablo 4.23. Karışımlarda kullanılan malzemelerin birim fiyatları.....	160
Tablo 4.24. Karışımların maliyetleri.....	161



ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Çelik lifler ve çelik lifli beton.....	6
Şekil 2.2. Kırılgan Lif - Sünek matrisli sistemlerin $\sigma - \epsilon$ davranışı.....	7
Şekil 2.3. Kırılgan matris – sünek lifli sistemlerin $\sigma - \epsilon$ davranışı.....	8
Şekil 2.4. Kırılgan matris-sünek lifli sistemlerin lif hacmi oranına bağlı mukavemet değişimi.....	9
Şekil 2.5. Göçmüş matris yapısı.....	10
Şekil 2.6. Matristen sıyrılmış bir lifin bıraktığı iz.....	10
Şekil 2.7. Matris kırıldıktan sonra liflerin yük taşıdığını gösteren mikroyapı fotoğrafi.....	10
Şekil 2.8. Cam lif kullanılarak üretilmiş betonun mikroyapısı.....	13
Şekil 2.9. Matristeki asbest lif dağılımı.....	13
Şekil 2.10. Polipropilen liflerin matristeki dağılımı.....	14
Şekil 2.11. Çelik lif tipleri.....	17
Şekil 2.12. Çelik lif enkesitleri.....	17
Şekil 2.13. Bazı çelik liflere ait ölçülendirmeler.....	18
Şekil 2.14. Lifli püskürtme beton uygulaması.....	23

Şekil 3.1. Dmax'ı küçük karışımlarda liflerin daha homojen dağılımının gösterimi.....	28
Şekil 3.2. Liflerin agrega etrafındaki süreksiz dağılımı.....	28
Şekil 3.3. Polipropilen liflerin dağılımı.....	30
Şekil 3.4. Cam lif türleri.....	32
Şekil 3.5. Cam lifler ve silika dumanı.....	33
Şekil 3.6. Akışkanlaştırıcı katkı içeren karışımların işlenebilirlik özellikleri.....	34
Şekil 3.7. Döşemede yüzey düzeltme ve mastarlama.....	44
Şekil 3.8. Çelik lifli ve lifsiz betonlarda ters koni yöntemi ile yapılmış işlenebilirlik deney sonuçlarının karşılaştırmaları.....	46
Şekil 3.9. Çelik lifli betonlar üzerinde değişik yöntemler kullanılarak yapılmış işlenebilirlik deney sonuçlarının değerlendirilmesi.....	46
Şekil 3.10. Çelik liflerle güçlendirilmiş betonlarda işlenebilirliğin lif hacmi ile değişimi.....	48
Şekil 3.11. Liflerle güçlendirme indeksine göre işlenebilirliğin değişimi.....	49
Şekil 3.12. Lif şekli ve lif görünüş oranına göre işlenebilirliğin değişimi.....	49
Şekil 3.13. Lif hacmi ve lif görünüş oranının büyümesi ile işlenebilirlikteki azalmalar.....	50
Şekil 3.14. Yükleme öncesinde ve sonrasında lif-matris etkileşimi.....	57
Şekil 3.15. Normal betonun gerilme-birim deformasyon eğrisi.....	58
Şekil 3.16. Lifli betonun yük deformasyon eğrisi.....	60
Şekil 3.17. Çelik lifli betonlarda liflerin çatlak sonlarını takviye etmesi sonucu çatlak yayılmasının durdurulması.....	62
Şekil 3.18. Çelik liflerle güçlendirilmiş betonlarda lifler aracılığıyla gerilmenin dağıtılması.....	62
Şekil 3.19. Bir tek çelik lifin kompozitteki konumu ve lifli betonun çatlak mekanizması.....	63
Şekil 3.20. Lif-matris etkileşiminin simülasyonu.....	64
Şekil 3.21. Lifli betonlar lifsiz betonlara göre deformasyonlarının kıyaslanması.....	65
Şekil 3.22 Çelik lifli betona ait tipik bir yük-deformasyon eğrisi.....	66
Şekil 3.23. Tokluk indekslerinin hesaplanması için çizilmiş yük-sehim eğrisi.....	67

Şekil 3.24. Tokluk indekslerinin hesaplanması için şematize edilmiş yük-sehim eğrisi alanları.....	69
Şekil 3.25. Basınç dayanımını etkileyen lif yönlenmesi.....	74
Şekil 3.26. Basınç gerilmesi altında lifli ve lifsiz betonların karşılaştırılması.....	75
Şekil 3.27. Çarpma darbe deneyi sistemi.....	80
Şekil 3.28. Ağırlık düşürme darbe deneyinin yapılışı.....	80
Şekil 3.29 Çeşitli düzeneklerde pull-out deneyleri.....	84
Şekil 4.1. 0-16 dizayn granülometri eğrisi.....	110
Şekil 4.2. 0-32 dizayn granülometri eğrisi.....	112
Şekil 4.3. Basınç deneyi numunesi ve basınç deneyinin yapılışı.....	115
Şekil 4.4. Eğilme deneyinin yapılışı.....	116
Şekil 4.5. Aparatına yerleştirilmiş silindir yarma deney örneği ve deneyin yapılışı.....	117
Şekil 4.6. Karışımlara göre beton ve hava sıcaklıkları.....	120
Şekil 4.7. Karışımların lif dozajına göre b.h.a değişimleri.....	120
Şekil 4.8. Karışımların lif dozajlarına göre slump değişimi.....	121
Şekil 4.9. 0-32 dizaynli karışımların lif tipi ve oranlarına göre zamana bağlı basınç dayanımları.....	129
Şekil 4.10. 0-16 dizaynli karışımların lif tipi ve oranlarına göre zamana bağlı basınç dayanımları.....	129
Şekil 4.11. 0-32 dizaynli karışımların lifsiz betonlara göre basınç dayanımı kazanma yüzdeleri.....	130
Şekil 4.12. 0-16 dizaynli karışımların lifsiz betonlara göre basınç dayanımı kazanma yüzdeleri.....	130
Şekil 4.13. Numunelerin lif dozajlarına göre 7 günlük basınç dayanımları.....	131
Şekil 4.14. Numunelerin lif dozajlarına göre 28 günlük basınç dayanımları.....	131
Şekil 4.15. 0-32 dizaynli karışımların lif tipi ve oranlarına göre zamana bağlı eğilme dayanımları.....	132
Şekil 4.16. 0-16 dizaynli karışımların lif tipi ve oranlarına göre zamana bağlı eğilme dayanımları.....	132

Şekil 4.17. 0-32 dizaynli karışımların lifsiz betonlara göre eğilme dayanımı kazanma yüzdeleri.....	133
Şekil 4.18. 0-16 dizaynli karışımların lifsiz betonlara göre eğilme dayanımı kazanma yüzdeleri.....	133
Şekil 4.19. Numunelerin lif dozajlarına göre 7 günlük eğilme dayanımları.....	134
Şekil 4.20. Numunelerin lif dozajlarına göre 28 günlük eğilme dayanımları.....	134
Şekil 4.21. 0-32 dizaynli karışımların lif tipi ve oranlarına göre zamana bağlı yarma dayanımları.....	135
Şekil 4.22. 0-16 dizaynli karışımların lif tipi ve oranlarına göre zamana bağlı yarma dayanımları.....	135
Şekil 4.23. 0-32 dizaynli karışımların lifsiz betonlara göre yarma dayanımı kazanma yüzdeleri.....	136
Şekil 4.24. 0-16 dizaynli karışımların lifsiz betonlara göre yarma dayanımı kazanma yüzdeleri.....	136
Şekil 4.25. Numunelerin lif dozajlarına göre 7 günlük yarma dayanımları.....	137
Şekil 4.26. Numunelerin lif dozajlarına göre 28 günlük yarma dayanımları.....	137
Şekil 4.27. Karışım tipleri ve deney yöntemlerine göre 7-28 günlük dayanım ilişkileri.....	138
Şekil 4.28. 0-32 dizaynli, lif tipi I olan karışımların gerilme-birim deformasyon eğrileri.....	139
Şekil 4.29. 0-16 dizaynli, lif tipi I olan karışımların gerilme-birim deformasyon eğrileri.....	139
Şekil 4.30. 0-32 dizaynli, lif tipi II olan karışımların gerilme-birim deformasyon eğrileri.....	140
Şekil 4.31. 0-16 dizaynli, lif tipi II olan karışımların gerilme-birim deformasyon eğrileri.....	140
Şekil 4.32. 0-32 dizaynli, lif tipi I olan karışımların yük-sehim eğrileri.....	141
Şekil 4.33. 0-16 dizaynli, lif tipi I olan karışımların yük-sehim eğrileri.....	141
Şekil 4.34. 0-32 dizaynli, lif tipi II olan karışımların yük-sehim eğrileri.....	142
Şekil 4.35. 0-16 dizaynli, lif tipi II olan karışımların yük-sehim eğrileri.....	142
Şekil 4.36. Lif dozajına göre karışımların elastisite modülü değişimleri.....	144
Şekil 4.37. 7 günlük basınç deneyinden elde edilen enerji yutabilme değerleri.....	147

Şekil 4.38. 28 günlük basınç deneyinden elde edilen enerji yutabilme değerleri.....	147
Şekil 4.39. 7 günlük eğilme deneyinden elde edilen enerji yutabilme değerleri.....	148
Şekil 4.40. 28 günlük eğilme deneyinden elde edilen enerji yutabilme değerleri....	148
Şekil 4.41. 7 günlük basınç deneyine göre enerji yutma kapasitesi değişimleri.....	149
Şekil 4.42. 28 günlük basınç deneyine göre enerji yutma kapasitesi değişimleri.....	149
Şekil 4.43. 7 günlük eğilme deneyine göre enerji yutma kapasitesi değişimleri.....	150
Şekil 4.44. 28 günlük eğilme deneyine göre enerji yutma kapasitesi değişimleri....	150
Şekil 4.45. 7 günlük betonların maksimum basınç yüküne kadar yuttuğu enerjinin yükün %15 azaldığı noktaya kadar olan enerjiye oranları.....	151
Şekil 4.46. 28 günlük betonların maksimum basınç yüküne kadar yuttuğu enerjinin yükün %15 azaldığı noktaya kadar olan enerjiye oranları.....	151
Şekil 4.47. 7 günlük betonların maksimum eğilme yüküne kadar yuttuğu enerjinin yükün %15 azaldığı noktaya kadar olan enerjiye oranları.....	152
Şekil 4.48. 28 günlük betonların maksimum eğilme yüküne kadar yuttuğu enerjinin yükün %15 azaldığı noktaya kadar olan enerjiye oranları.....	152
Şekil 4.49. 7 günlük eğilme deneylerinde ikinci yüklemelerin birinciye oranları....	155
Şekil 4.50. 28 günlük eğilme deneylerinde ikinci yüklemelerin birinciye oranları..	155
Şekil 4.51. 7 günlük yarma deneylerinde ikinci yüklemelerin birinciye oranları.....	156
Şekil 4.52. 28 günlük yarma deneylerinde ikinci yüklemelerin birinciye oranları...	156
Şekil 4.53. Çelik liflerin matris içindeki boykesit ve enkesit görüntüleri.....	157
Şekil 4.54. İnce agrega tanelerinin matris içindeki görünüşleri.....	157
Şekil 4.55. Betondaki boşluklar.....	158
Şekil 4.56. Bağlayıcı matris ile lif arasındaki aderans.....	158
Şekil 4.57. Bağlayıcı matris ile iri agrega tanesi arasındaki bölge.....	159
Şekil 4.58. Bağlayıcı matris ile ince agrega tanesi arasındaki bölge.....	159

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Beton, teknik özelliklerinin üstünlüğü bakımından yapı mühendisliğinde en çok kullanılan malzemelerden birisidir. Gelişen teknoloji ile birlikte, betonun bilinen klasik özelliklerinin yanı sıra farklı etkilere karşı da davranışlarının belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak değişik ortamlarda çeşitli etkilere karşı betonun gösterdiği davranışları tek bir matematik modelle açıklamak mümkün değildir. Bu nedenle yapılması gereken, beton hangi etkiye ya da zorlamaya karşı çalışacaksa bu durumun açıkça tanımlanarak betonun bu yönünün geliştirilmesidir.

Yüksek dayanımlı betonların enerji yutma kapasiteleri normal betonlara kıyasla, gevrek davranış nedeniyle daha düşük düzeylerde kalmaktadır. Sönümlenen enerji miktarının azlığı, betonun göçme sürecini hızlandırmakta ve ani kırılmalar meydana getirmektedir. Özellikle deprem bölgelerinde yapılacak yapılarda, betondan beklenen özelliklerden birisi de göçmeden önce büyük deformasyonlar yapıp, ortaya çıkan enerjiyi sönümlemesi diğer bir deyişle sünek (düktil) davranış gösterebilmesidir. Betonun göstereceği düktil davranış sayesinde yapıların istenen göçme mekanizmaları daha rahat kontrol altına alınabilir.

Betonun gevrek özelliğinin geliştirilerek daha sünek bir hale gelebilmesi için değişik tiplerde güçlendirme elemanları kullanılmaktadır. Betonda, rasgele olarak dağılmış liflerin kullanımı, çekme dayanımını, enerji yutma kapasitesini ve çatlak gelişim karakteristiklerini iyileştirmek için kullanılan en etkin yöntemlerden biridir.

Hidrolik çimento, su, agrega, süresiz dağılımlı kısa lifler ve gerektiğinde kimyasal ve mineral katkıların kullanımı ile oluşturulan yapı malzemesi "lifli beton" olarak adlandırılır. Belirli özellikleri olan liflerle takviye edilmiş lifli beton ilk görünüşte normal beton karışımlarına benzemesine rağmen, değişik yükler altında gösterdiği davranış ve performans açısından geleneksel betondan oldukça farklı bir özelliğe sahiptir.

Sözü edilen davranış farklılığı, beton içerisinde gelişigüzel dağılan liflerin, çatlakların ilk oluşum anında çatlak sonlarındaki gerilmeleri kendi üstlerine ya da sağlam alanlara transfer ederek işlevlerini yerine getirmelerinden kaynaklanmaktadır. Bu şekilde betonu yıkılmaya götürecektir olan çatlakların oluşumu ve büyümesi engellenir, kırılma daha büyük yüklerde meydana gelir. Kompozitlerin ani yüklemelere ya da tekrarlı yüklemelere karşı yeterli dayanıma sahip olması ve yük altında yutulabilen enerji miktarının fazlalığı açısından liflerin sağladığı artış, lifli betonların avantajları arasında sayılabilir.

Bu tez kapsamında, gevrek davranış gösteren yüksek performanslı betonların sünekliğini arttırmaya yönelik olarak kullanılan lif katkısı ile birlikte değişen özellikleri incelenmiştir. Betonda kullanılan en büyük agrega tane çapı, lif boyutları ve lif dozajı gibi değişkenliklerin taze beton özelliklerine ve sertleşmiş betonun mekanik davranışlarına etkileri araştırılmıştır. Ayrıca bu değişkenleri kapsayacak şekilde bir deney programı hazırlanıp uygulanmıştır.

Deneysel çalışmalarda üretilen betonlarda değişken olarak iki farklı D_{max} (15 mm ve 25 mm), iki farklı çelik lif ($l=30$ mm, $d=0,55$ mm ve $l=60$ mm, $d=0,75$ mm), dört farklı lif dozajı (0, 40, 80, 120 kg/m^3) seçilmiştir.

Üretilen betonlar, taze haldeki özellikleri saptandıktan sonra 7. ve 28. günlerde serbest basınç, orta noktadan tekil yüklemeli eğilme ve Brezilya silindir yarma deneyleri ile test edilmişlerdir. Elde edilen deney verileri ile karışımların nihai dayanımları, elastisite modülleri, enerji yutabilme kapasiteleri kıyaslanmış, tespit edilen farklılıklar ve gelişmeler ortaya konmaya çalışılmıştır.



BÖLÜM İKİ

KOMPOZİT MALZEMELER

Bir sistemde ya da yapıda kullanılması planlanan malzemelerin kullanımından önce o malzemeye ait tüm tanımlamaların ve özelliklerin bilinmesi gerekmektedir. Bu bölümde lifli betonların tanımı, dayandığı sınıflamalar, bu malzemelerin orijini ve kullanım alanlarından bahsedilecektir.

2.1. Tanımlar

Yaşamın bir gereği olarak, endüstrinin tüm alanlarında kullanılan mühendislik malzemeleri farklı sınıflandırmalara tabi tutulabilir. Kullanım alanlarına göre, iç yapılarına göre, termal özelliklerine göre, mekanik özelliklerine göre, üretim şekillerine göre, v.b farklı sınıflandırmalar yapılabilir. Mühendislik malzemeleri iç yapılarına göre dört sınıfa ayrılır:

- 1- Metaller,
- 2- Seramikler,
- 3- Polimerler,
- 4- Kompozitler.

İlk üç grup, elektron transferi ile ya da kovalent bağlarla birbirlerine bağlanmış malzemelerdir. Bu malzemelerin beraber ya da karışık kullanılmalarından doğan malzemelere kompozit malzemeler adı verilir. Kompozitlerin kullanılmalarındaki amaç ayrı malzeme sınıfına ait faydalı özelliklerin birleştirilmesidir. Örneğin, betonarme bu amaçla oluşturulmuştur.

Kompozit malzemeler;

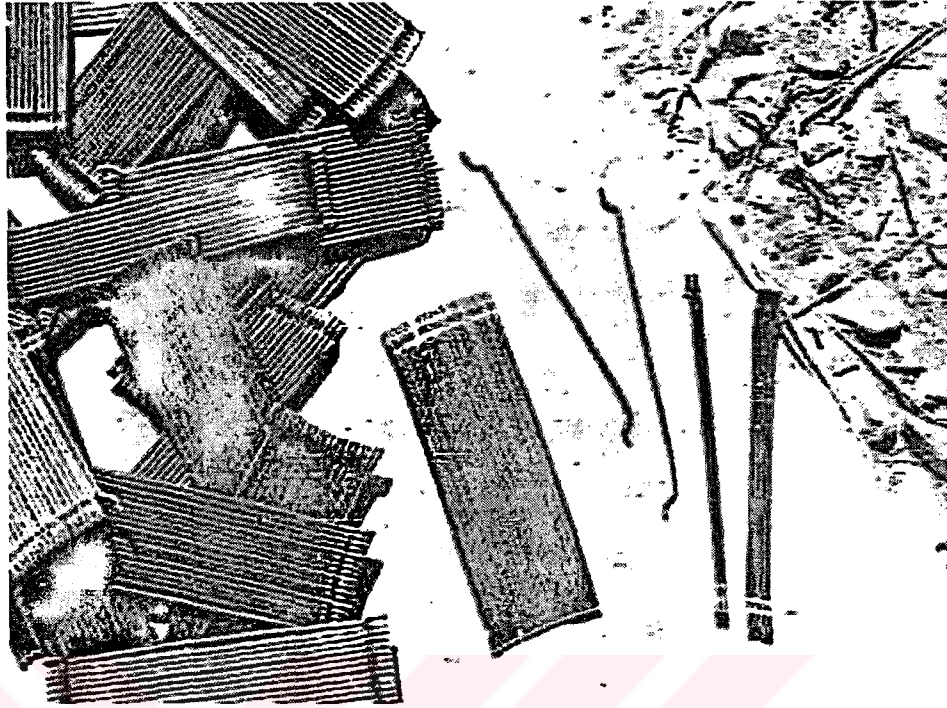
- 1- Lifli kompozitler,
- 2- Tabakalı kompozitler,
- 3- Partiküllü kompozitler olmak üzere üç grupta toplanırlar.

Lifli kompozitlerin tasarımlarındaki amaç malzemenin mekanik direncini arttırmak, çatlama ve gevrek kırılmayı önlemektir. Liflerin, donatıların ve örgülerin kullanıldıkları malzemeyi güçlendirebilmesi için fiziksel özelliklerinin, matris malzemesi adı verilen ortam malzemesinin fiziksel özelliklerinden daha yüksek olması gereklidir. Aksi takdirde mekanik etkilerin büyük kısmı liflerin payına düşmez ve donatı etkili olmaz. Mekanik etkinin matristen life iletimi kayma kuvveti yoluyla olur. Dolayısıyla bu iki bileşen arasında kayma kuvvetine karşı koyabilecek yeterli bir aderans ve matris kalitesi gerekmektedir.

Kompozit malzemelerde lif olarak genellikle; metal, plastik, selüloz, grafit, asbest, cam lifi kullanılmaktadır.

Matris Özellikleri

Lifli betonda matris diye tanımlanan lifleri saran ortam malzemesi çimento hamurudur. Matrisin fonksiyonu, lifleri bir arada tutmak, onları korumak, liflerle veya liflerden gerilme transferi sağlamaktır. Şekil 2.1.'de betonda kullanılan çelik lifler ve lifli beton bir arada görülmektedir.



Şekil 2.1. Çelik lifler ve çelik lifli beton

Özellikle kırılğan matris-sünek lifli kompozitlerde gerilme-deformasyon davranışı lif ile matris arasındaki aderansın güçlü ya da zayıf olmasından oldukça etkilenir.

2.2. Liflerle Donatılı Kompozitler

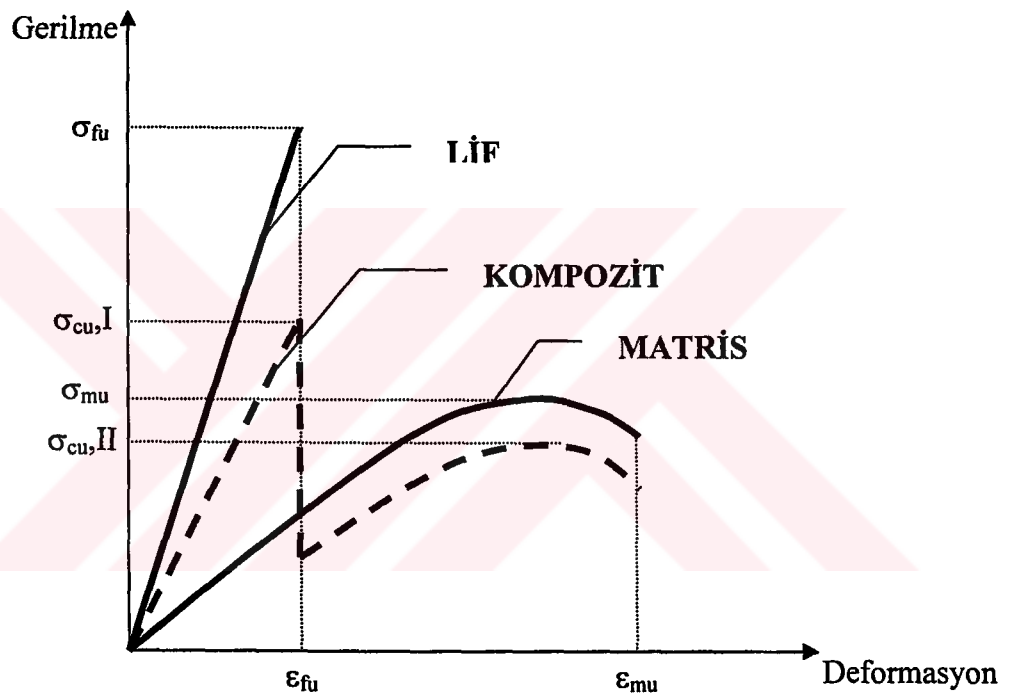
Matris ve lif fazının davranışına göre lifli kompozitler:

- Kırılğan lif-sünek matrisli sistemler,
 - Kırılğan matris-sünek lifli sistemler
- olmak üzere iki farklı grupta incelenebilir (DSİ, 1994).

2.2.1. Kırılğan Lif – Sünek Matrisli Sistemler

Matris fazını; epoksi, poliester, melamin reçinesi gibi organik polimer esaslı malzemeler, lif fazını; cam, asbest, seramik, metal tel malzemeleri oluşturur.

Kompozit, liflerin etkisi ile ilk yüklemde lif miktarına bağlı olarak matris mukavemetinin üzerinde yük taşımaktadır. Ancak gerilmenin belirli bir sınırı aşması ile lifler göçmekte ve kompozit mukavemeti matris mukavemetinin bir miktar altına düşmekte ve kompozit, matris davranışına benzer bir davranış göstermektedir. Şekil 2.2.'de kırılğan lif, sünek matris ve kompozit malzemelerinin gerilme-deformasyon eğrileri görülmektedir.



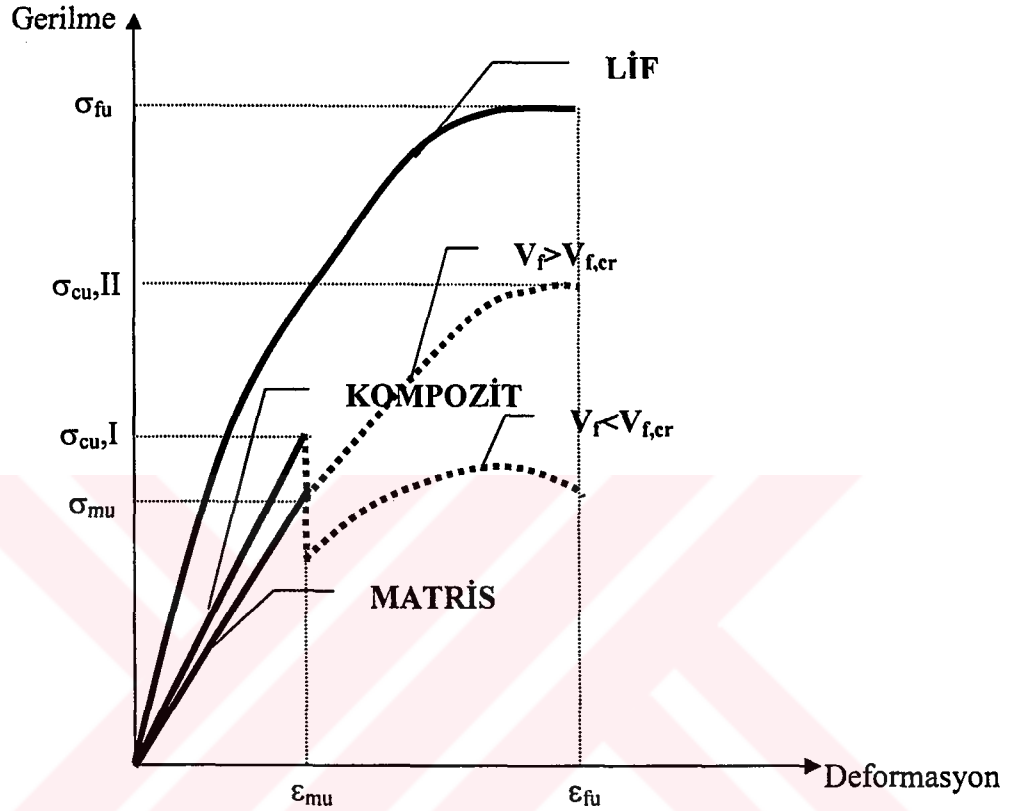
Şekil 2.2. Kırılğan Lif - Sünek matrisli sistemlerin $\sigma - \epsilon$ davranışı

2.2.2. Kırılğan Matris – Sünek Lifli Sistemler

Kırılğan matris-sünek lifli kompozitlerde genellikle cam, plastik ve metal lifler kullanılır. Bu tür kompozitlerde lif/hacim oranı, sünek matris-kırılğan lifli kompozitlere göre çok daha düşüktür.

Bu sistemlerdeki $\sigma - \epsilon$ davranışında, lif ile matris arasındaki aderansın tam olduğu kabulü ile; Kompozit mukavemeti belirli bir sınıra kadar lif ve matris tarafından belirlenmekte, bu sınırın aşılması ile matris çatlamakta ve gerilme lifler tarafından

karşılanmaktadır. Sünek lifli kompozit malzemenin lif miktarının kritik lif oranına göre gerilme altındaki deformasyon davranışı Şekil 2.3.'den izlenebilir.



Şekil 2.3. Kırılğan matris – sünek lifli sistemlerin $\sigma - \epsilon$ davranışı

Kompozit çatlamasından hemen sonra matris mukavemetinin sıfıra düştüğü kabul edilerek, kompozitin lifler tarafından taşındığı düşüncesinden hareketle $\sigma_f > \sigma_{mu}$ hali için çatlama sonrasında matris göçmeden önceki gerilmeyi taşıyabilmek için gerekli lif/hacim oranı “kritik lif/hacim oranı” ($V_{l,cr}$) olarak tanımlanır. $\sigma_f = \sigma_{mu}$ için bu oran “minimum lif/hacim oranı” olarak adlandırılır.

Burada:

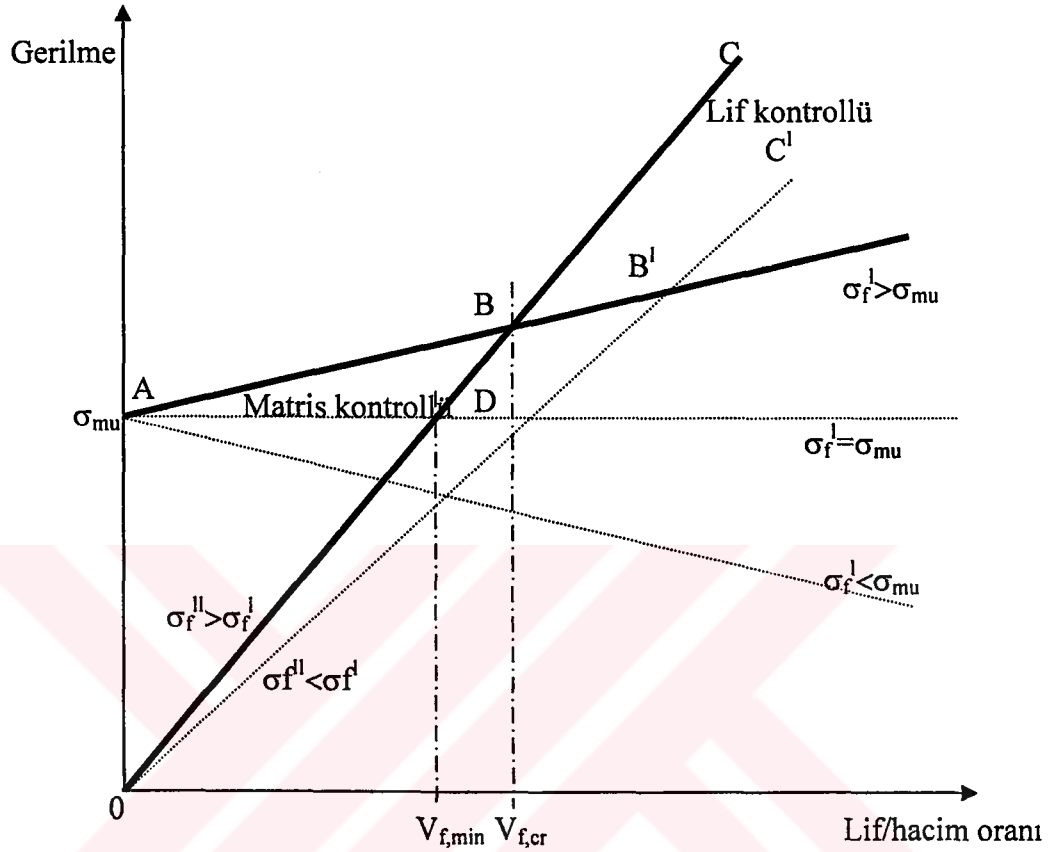
σ_{fu} : Kompozit deformasyon oranının matris kırılma deformasyon oranına ulaştığı anda lifte oluşan gerilme,

σ_{mu} : Matrisin kırılma deformasyon oranına ulaştığı andaki gerilme,

$V_{l,cr}$: Toplam hacimdeki kritik lif oranı,

$V_{l,min}$: Toplam hacimdeki minimum lif oranını tanımlar.

Lif/hacim oranına göre kırılğan matris-sünek lifli sistemlerin taşıyabileceği gerilme miktarları değişmektedir. Bu durum Şekil 2.4.'de özetlenmiştir.

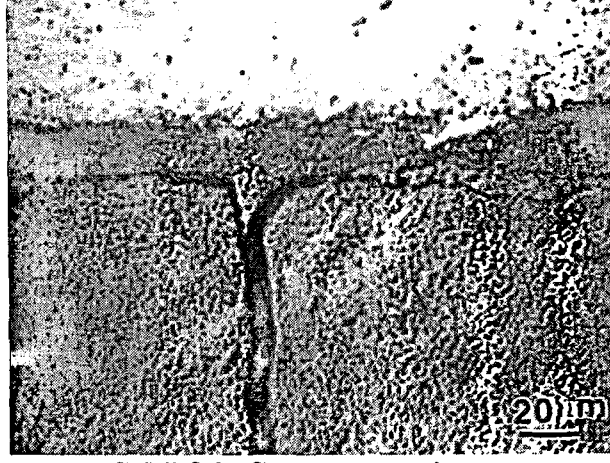


Şekil 2.4. Kırılğan matris-sünek lifli sistemlerin lif hacmi oranına bağlı mukavemet değişimi.

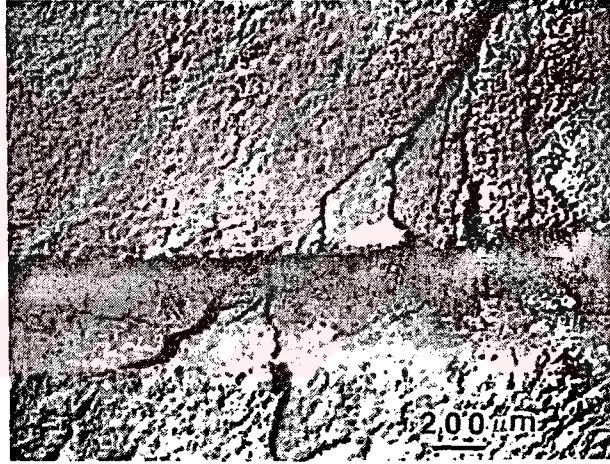
Kırılğan matris – sünek lifli kompozitlerde üç farklı kırılma şekli görülür:

- Lif hacmi oranı kritik oranın altında ise ($V_f < V_{f,cr}$) matris kırıldıktan sonra kompozit daha düşük seviyede yük taşır.
- Süreksiz liflerle donatılmış kompozitlerde görülen bir diğer durumda matris kırıldıktan sonra kompozitin davranışı, liflerin matristen sıyrılması şeklindedir.
- Lif oranı kritik lif oranının üzerinde ise ($V_f > V_{f,cr}$), matris kırıldıktan sonra kompozit daha yüksek seviyede mukavemet gösterir. Arzu edilen kırılma şekli budur. Bu durumda matris kırılmadan önce gerilme, matris ve lifler tarafından birlikte taşınmakta, matrisin göçmesi ile birlikte bir anda kompozit bünyesindeki gerilme lif içeriğine bağlı olarak bir miktar düşmektedir. Daha sonra lifler tarafından lif miktarına bağlı olarak kompozit daha yüksek bir gerilmeyi taşır.

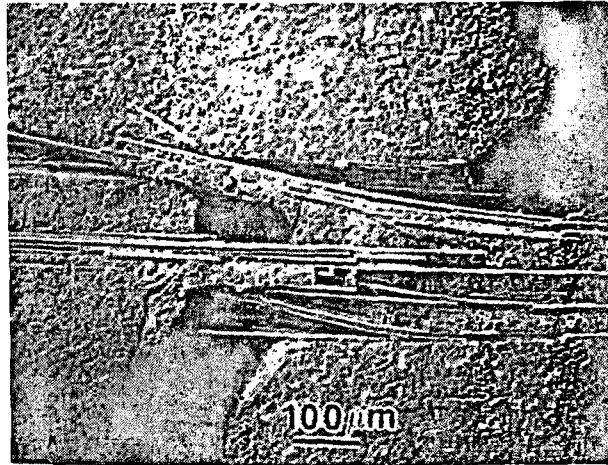
Bu üç farklı kırılma şekline ait Bentur & Mindness (1990) dan alınan mikro yapı fotoğrafları Şekil 2.5., Şekil 2.6., Şekil 2.7. de görülmektedir.



Şekil 2.5. Göçmüş matris yapısı



Şekil 2.6. Matristen sıyrılmış bir lifin bıraktığı iz



Şekil 2.7. Matris kırıldıktan sonra liflerin yük taşıdığını gösteren mikroyapı fotoğrafı

Ancak bu kırılma türleri ile beraber liflerle güçlendirilmiş betonun performansı üzerinde:

- matrisin boşluk yapısı,
- çimento dozajı,
- S/Ç oranı,
- lif-matris aderansı gibi özellikler oldukça etkilidir (DSİ, 1994).

2.3. Lifler

Beton özelliklerini değiştirerek iyileştirmek amacıyla taze beton içerisine, çeşitli yöntemler ile değişik miktarlarda lifler katılır. Betonun özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılan ve değişik şekil ve büyüklüklerde olan lifler, cam, çelik, polipropilen ve organik polimerler gibi malzemelerden üretilmektedir. ACI 544'e göre lifin tanımı lif boyunun eşdeğer lif çapına bölünmesiyle elde edilen "boy/çap" (aspect ratio) oranı olarak kabul edilmektedir. Bu orana kısaca "narınlık oranı" da denilmektedir. Eşdeğer lif çapı ise; alanı lifin kesit alanına eşit bir dairenin çapı olarak tanımlanmaktadır. Ancak bazı liflerin uzunluklarının ve çaplarının farklı değerler alması ve cam liflerde olduğu gibi liflerin demet şeklinde olması nedeniyle liflerde, sadece boy/çap oranına göre sınıflandırma yapmak mümkün olamamaktadır. Lifli beton uygulamalarında kullanılan çelik fiberler genellikle daire kesitli ve bazen de dikdörtgen kesitli olabilmektedir. Bu liflerin boyları 30-60 mm, çapları 0.5-1.0 mm arasında olmakta ve elemanların kalınlığına göre değişmektedir. Beton içerisinde kullanılan liflerin, yükün etkisi ile kopmadan matristen sıyrılarak ayrıldıkları bilinmesine rağmen, çelik fiberlerin yaklaşık 2000 MPa gibi yüksek çekme dayanımına sahip olmaları istenmektedir. Uçları kancalı özel imal edilen tipler daha büyük değerlerde çekip çıkarma (pull-out) dayanımı değerleri vermektedir.

Betonun özelliklerini geliştirmek amacıyla kullanılan bazı liflerin ACI 544.1R-82 raporundan alınan fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 2.1.'de, Arslan 1993'den alınan özellikleri Tablo 2.2.'de verilmiştir.

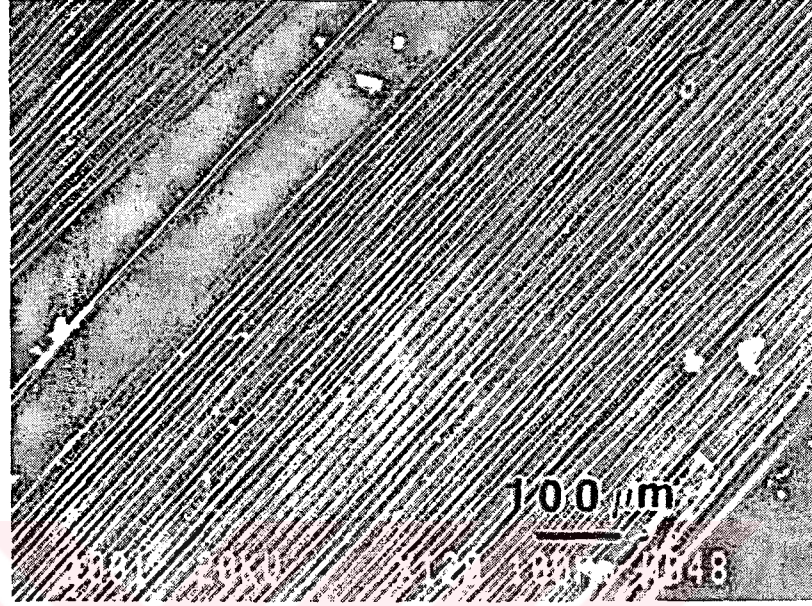
Tablo 2.1. Betonda kullanılan lifler ve mekanik özellikleri

Lif Cinsi	Çekme Day. (MPa)	Elastisite Mod. (10 ³ MPa)	Maksimum Uzama (%)	Yoğunluk (gr/cm ³)
Akrilik	207-414	2,10	25-45	1,10
Asbestler	552-966	83-138	0,60	3,20
Pamuk	414-690	4,80	3-10	1,50
Cam	1035-3795	69	1,50-3,50	2,50
Naylon	759-828	4,10	16-20	1,10
Polyester	724-863	8,30	11-13	1,40
Polietilen	690	0,14-0,40	10	0,95
Polipropilen	552-759	3,50	25	0,90
Pamuk-Yün	414-621	6,90	10-25	1,50
Mineral Yünü	483-759	69-117	0,60	2,70
Çelik	276-2760	200	0,50-35	7,80

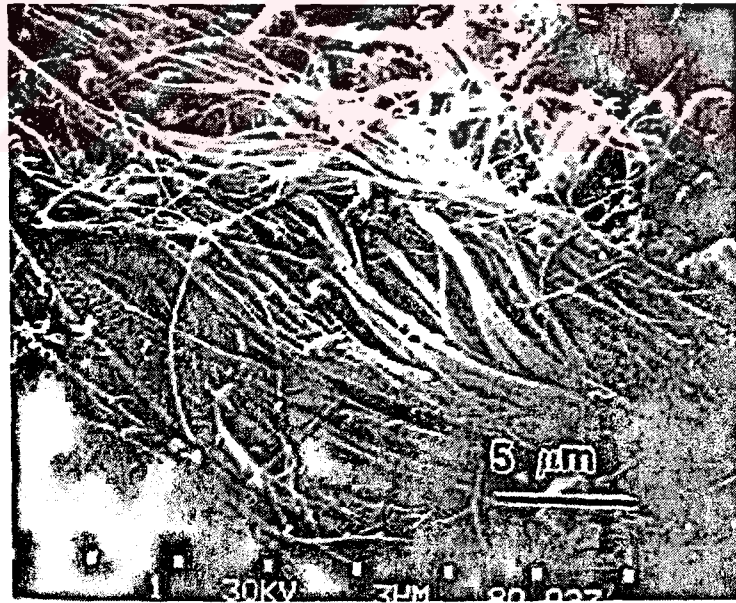
Tablo 2.2. Lif tipleri ve özellikleri

Lif çeşidi	Yoğunluk (kN/m ³)	Young Modülü (kN/mm ²)	Çekme Muk. (kN/mm ²)	Kopma uzaması (%)
Krisolit asbest	25,5	165	3-4,5	2-3
Cam	26,0	70-80	2,4	2-3,5
Grafit tip1	19,0	380-415	1,5-2,1	0,5
Grafit tip2	19,0	240-280	2,4-2,6	1,00
Çelik	7,84	200	1-3	3-4
Polypropilen	9,10	5-7	0,5-0,75	20
Polikristalin alumina	39,0	245	0,65	-
Kevlar-49 (PRD-49)	14,5	133	3,6	2,1
Kevlar-29	14,5	65	3,6	4,0
Sisal keneviri	15,0	-	0,80	3,0
Çim. matrisi	25,0	10-45	3-7*10	0,05

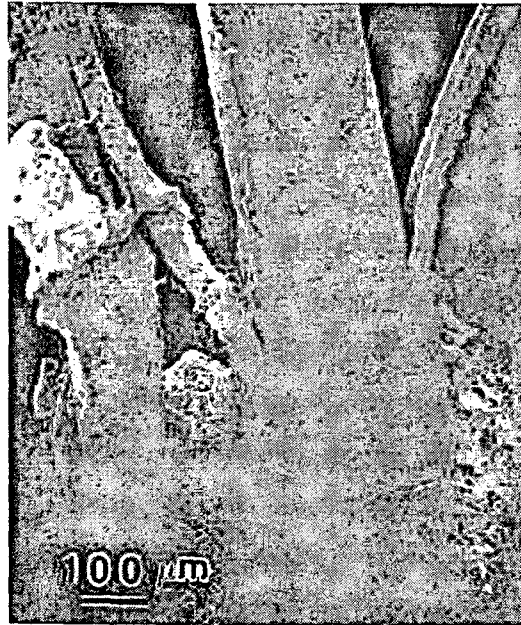
Bu lifler kullanılarak üretilen betonların bazılarında çekilen mikro fotoğraflar Şekil 2.8., Şekil 2.9., Şekil 2.10’da gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Cam lif kullanılarak üretilmiş betonun mikroyapısı



Şekil 2.9. Matristeki asbest lif dağılımı



Şekil 2.10. Polipropilen liflerin matristeki dağılımı

Lifli betonların en yaygın olarak kullanılan tipleri şunlardır:

- Cam lifli beton,
- Çelik lifli beton,
- Polimer betonu,
- Mika levhalı beton,
- Plastik lifli beton.

Lifli betonlar çok çeşitlilik göstermesine karşılık bu çalışmada yalnızca çelik lifli betonların özellikleri incelenmiştir.

2.4. Çelik lifli betonarme betonu

Çelik lifli betonarme betonu (Steel Fibre Reinforced Concrete), içerisinde aralıklarla dağıtılmış küçük çelik teller bulunan, bağlayıcı matrisi çimento hamuru olan, ince veya ince ve kaba agrega kullanılarak yapılmış bir kompozit malzemedir. Çelik lifler bilinen normal beton ile birlikte, puzolanlar ve katkı maddeleri ile ortak olarak kullanılabilir.

Bu çelik liflerin karışımlara 30-120 kg/m³ miktarında ilave edilmesi, beton ve diğer harçların mühendislik özelliklerinin birçoğunda önemli düzelmeler sağlamaktadır. Betonun çarpma, eğilme, yorulma, parçalanma ve kırılma dayanımlarını arttırmaktadır. Çelik liflerin beton içerisine katılma oranı hacimsel olarak %0.5-2.5 arasında olabilmektedir. Ancak yapılan araştırmalar göstermiştir ki optimum fayda, hacimsel oranın %1-2 olması halinde sağlanmaktadır. Bu değerden daha az katılması halinde normal beton özelliği üzerine çok büyük bir olumlu gelişme sağlanamamaktadır. Daha yüksek oranda katılma durumunda ise, normal betonun basınç dayanımından daha düşük bir değer elde edilmektedir. Buna en büyük etken de yüksek oranda katılmış liflerin karışımı sırasında daha çok topaklaşmasıdır. Buna paralel olarak da yer yer beton içerisinde zayıf bölgeler ve hava boşlukları oluşmaktadır (Arslan, 1993).

Normal çelik çubuklar ile donatılmış beton ve kısa çelik liflerle donatılmış beton arasında bir teknik ve ekonomik karşılaştırma yapıldığında çok az bir fark görülmektedir. Ayrıca çelik lifli beton, normal betonun bugünkü kullanım alanlarının tamamında kullanılmaktadır (Arslan, 1993).

Betonda lif malzemesi olarak kullanılan cam, plastik ve polipropilen gibi malzemelerin ilavesi, yeni yapılan lif takviyeli betonda bir mukavemet artışı sağlamamaktadır. Söz konusu lif malzemelerinin elastisite modüllerinin betonun elastisite modülünden daha küçük olması, aderansın çok iyi olması halinde bile bu sonucu doğurmaktadır. Çünkü liflerin, beton matris deforme olmadan önce gelen yükü karşılamada çok az miktarda katkısı olmaktadır. Bu özellikten dolayı da cam, polipropilen ve plastik liflerin ilavesi betonun duktilitesini arttırmaktadır.

Çeliğin elastisite modülü betonunkinden çok daha büyük olduğundan, çelik lifli betona gelen yükün taşınmasında çelik liflerin payı diğer lif türlerine göre daha büyük olmaktadır (Arslan, 1993).

Çelik lifler birbirinden farklı değişik yöntemlerle üretilirler. Bu yöntemler:

- soğukta çekilmiş tellerin kesilmesi,
- çelik plakaların kesilmesi,
- sıcak çekme,
- çelik tellerin öğütülmesi yöntemleridir.

Çelik lifler, düşük karbonlu çelik C1008'den üretilir. Yüksek ve üniform çekme gerilmesine karşılık düşük uzama özelliği gösterirler. Çekme gerilmeleri ortalama olarak 12000 kgf/cm^2 olup elastik limitleri % 0,2'nin altındadır.

Kullanılan çelik liflerin çapları 0,13 -1,0 mm arasında olup, uzunluk / çap oranları 30 – 150, lif boyları 13 - 70 mm arasındadır.

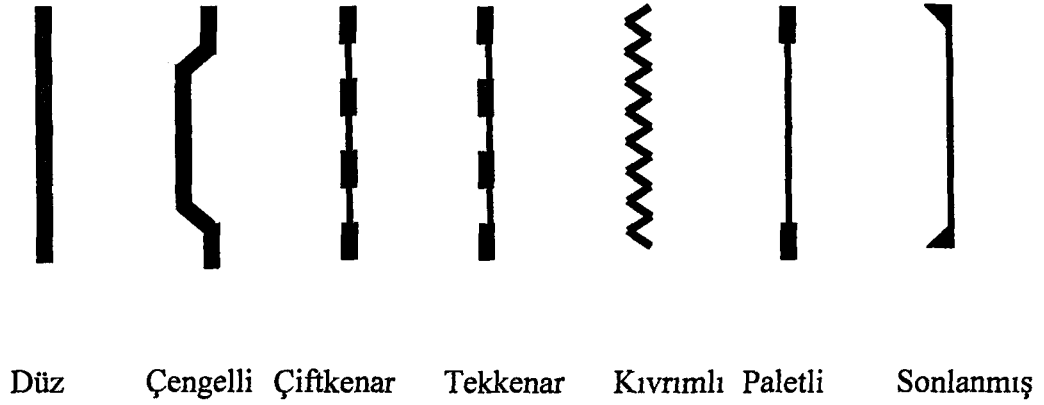
Lif hacmi fraksiyonu (V_f) diye tanımlanan ve betonda belli bir yüzey alanındaki lif alanını gösteren lif hacmi de % 0,5 – 3 arasında değişmektedir.

Lifleri tanımlayan mekanik ve biçimsel özellikler:

- görünüm oranı (lif uzunluğu / lif çapı),
- geometrik yapı,
- lifin çekme dayanımı.

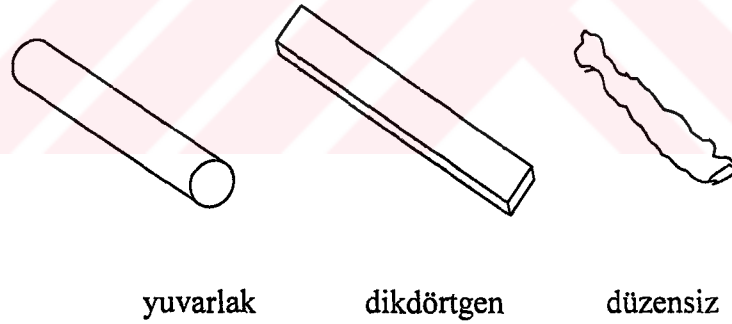
olarak tanımlanmaktadır.

Şekil 2.11.'de lifli betonlarda sıkça kullanılan çelik lif tiplerinden bazı boykesit örnekleri verilmiştir.



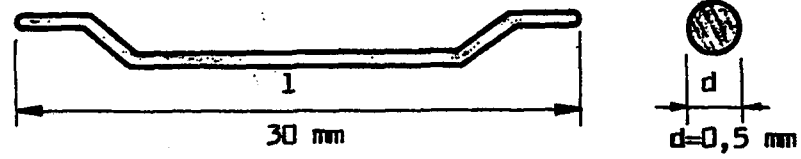
Şekil 2.11. Çelik lif tipleri

Bu çelik liflerin enkesit geometrileri şekil 2.12.'deki gibi farklılıklar gösterebilmektedir.

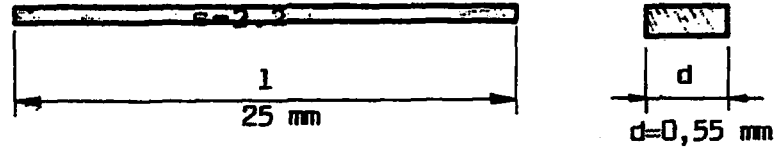


Şekil 2.12. Çelik lif enkesitleri

Bu çelik liflere ait geometrik ölçülerden birkaç örnek şekil 2.13.'de görülmektedir.



$$(l/d) = 30 \text{ mm}/0,50 \text{ mm} = 60$$



$$(l/d) = 25 \text{ mm}/0,55 \text{ mm} = 45$$



Şekil 2.13. Bazı çelik liflere ait ölçülendirmeler

Çekme ve kesme kuvvetlerine çalışan liflerin beton ile aderansı betonun işlevini önemli ölçüde etkiler. Liflerin çekme kuvveti etkisinde kopmaları zordur, ancak belli bir gerilme seviyesinden sonra matristen sıyrılıp performansı olumsuz yönde etkilerler. Bu sebeple, çimento matrisinden ayrılması daha zor olan dalgalandırılmış ya da uçları bükülmüş liflerin kullanımı daha işlevsel olmaktadır.

Yetersiz master sonucu açıkta kalan tellerin paslanmaması, yahut su ile temas halindeki betonlardaki liflerin korozyona uğramaması için galvanizlenmiş liflerin kullanımı daha uygundur. Galvanizli liflerin teknik özellikleri diğerleri ile aynı olup korozyona daha dirençlidirler.

TS 10513/93'e göre;

- Herbir lifin çekme dayanımının 310 N/mm^2 'den az olmaması,
- 16°C 'nin üzerindeki bir ortamda $3,18 \text{ mm}$ 'lik iç çap çevresinde yapılan eğilme deneyinde, liflerin % 90'ının kırılmadan 90 derece eğilme kabiliyeti göstermeleri gerekir.

Bu özellikler ile daha sünek ve çekme dayanımı yönünden daha yüksek bir mukavemet sağlarlar.

2.5. Betonda Lif Kullanımının Tarihçesi

İlk insanların saman çöpü, keçi kılı ve insan saçı kullanarak tuğla ve harcı kuvvetlendirme çabaları, yapı malzemelerinin doğasını geliştirmeye yönelik girişimlerin oldukça eskilere gittiğini gösterir. Gerçekte, lifli betonlara esin kaynağı olan saman takviyeli kil harcı (kerpiç) 4500 yıl öncesinden beri yapı malzemesi olarak kullanılmaktaydı. Yapı malzemelerinin sürekli donatılarla kullanılması, ancak betonarme betonu kadar eskidir (Arslan, 1993).

Roma Collosium inşaatı sırasında o devrin sıvası olarak adlandırabileceğimiz balçık karışımlarına çeşitli hayvanlara ait kuyruk ve yele kıllarının ilave edildiğini biliyoruz. Türk Mimarisinde Mimar Sinan Usta'nın yapılarında kullandığı Horasan Harcı da içerisinde saman gibi doğal lifler içermekteydi.

Basit bir çimento, agrega ve su karışımı olan beton, İkinci Dünya Savaşı yıllarına kadar büyük bir değişim göstermemiştir. Uzun yıllar boyunca da betonda görülen çatlaklar ürünün doğasından kaynaklandığı düşünülerek dikkate alınmadı. Ancak bu çatlakların dayandığı tek neden, çok özel bir dönemde betonun, iç bünyesinde oluşan gerilmeleri taşıyacak dayanımının yeterli olmaması idi (Erbaş,1999).

1960'lı yılların başında Amerikan Silahlı Kuvvetleri Mühendisleri Birliği, betonda oluşan çökme ve büzülme çatlaklarına yönelik bir araştırma programı başlatmıştır. Betonda yapısal olmayan çökme ve büzülme çatlaklarının azaltılması

için kullanılan geleneksel yöntemler, yüzeyin bir sıvı kür malzemesi ya da bir örtü kullanılarak kapatılmasını kapsamaktadır, ancak bu önlemler çatlakların kılcal olmasını sağlıyor, yine de betona yük bindiğinde çatlakların genişlemesini önlemiyordu. Araştırma programının sonunda “plastik büzülme çatlaklarının, betonun tasarlandığı mukavemet değerine ulaşıncaya kadar maruz kaldığı dinamik iç gerilmelerden kaynaklandığı” sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen bir diğer sonuç “beton içerisine konulacak liflerin betonun balistik, enerji sönmeme ve darbe dayanımını arttırdığı” şeklinde olmuştur (Erbaş,1999).

Lifli betonlar üzerindeki çalışmalar, 1963'lü yıllarda beton içerisine cam liflerin katılmasıyla devam etmiştir. Daha sonraları farklı lif tipleri kullanılarak beton mukavemeti üzerine liflerin etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda; beton içerisinde süreksiz dağılı bulunan liflerin genellikle betonda oluşan çatlakları en aza indirerek lifli betonun şekil değiştirme özelliğini arttırmakta olduğu görülmüştür (Ünal, 1994).

Fiberler metallere birlikte bu yüzyılın ortalarına doğru beton katkı maddelerinin en popülerleri oldular. 1950'lerde çelik fiber katkı maddesi olarak kullanıldı. Ancak bunlar çatlamaı azaltıp dayanım artırırken paslanma ve kirlenmeye de neden oldu. Cam, asbest, karbon ve birçok doğal fiberler bambu, hint keneviri gibi diğer fiber çeşitleri betonun içinde kullanılarak test edildi. Her bir fiber değişik işlev ve üstünlüklere sahip olunca problem ortadan kalktı. Sentetik fiberlerin gelişimi endüstriye çok faydalı olmuştur. Polipropilen fiberlerin betona katılması 1960'larda askeri araştırmalarda bu ürünlerin betonu sertleştirdiği, sınırlı çatlaklara izin vererek darbe ve aşınmalara karşı direnç sağladığını ispatlamasıyla başladı. Bu sadece çatlakların yayılmasını kontrol eden, onları engellemeyen büyük ölçüde işçilik gerektiren kaynaklı tel örgü kullanımını bir alternatif olarak karşımıza çıkardı. Bugün yeni tip sentetik fiberler, özellikle poliolenin, polipropilen ve naylon, barınmaya ayrılmış inşaat projeleri ve karayolları projelerini kapsayan çok geniş bir çeşitlilik gösteren yapı projelerinde kullanılmaktadır. Bu yeni fiberler, karışımların geliştirilmiş performansla sonuçlanacak yüksek hacimde fiber içermesini sağlıyorlar (Ural, 1999).

Takip eden yıllarda ASTM beton için yeni bir kavram yaratarak “Standart Specification For Fiber Reinforced Concrete And Shotcrete- Lif Donatılı Beton ve Püskürtme Beton İçin Standart Özellikler” adlı ASTM 1116-C standardını yayınladı. Günümüzde ASTM 1116-C-91 olarak geçerliliğini koruyan bu standart “tip III sentetik lif donatılı beton ya da püskürtme beton” konusunda; “4.1.3. kimyasal katkıları ya da çimento pastasının alkali ortamından ve nemden etkilenmeyen, uzun dönemli dayanımı test raporları ile kanıtlanmış, saf homopolimer polipropilen ya da diğer sentetik lifler içeren sentetik lif donatılı beton ya da püskürtme betonlar.” tanımı bulunmaktadır (Erbaş,1999).

2.6. Lifli Betondaki İyileşmeler

Aşağıda sıralanan değerler ortalama değerlerdir. Bu artışların niceliği üzerinde; agrega cinsi ve dağılımı, çimento cinsi ve miktarı, su/çimento oranı, liflerin tipi, boyutları, teknik özellikleri, yönelimleri, numunelerin hazırlanması ve boyutları v.b. oldukça etkilidir. Bu değişkenlerin ihmali betonun kritik yapılarda kullanılması durumunda oldukça önemli çatlama ve hasarların başlıca nedeni olabilmektedir. (DSİ, 1994)

<u>Mekanik Özellik</u>	<u>Artış (%)</u>
- Tokluk (Toughness)	100-1200
- Darbe dayanımı (Impact resistance)	100-1200
- İlk çatlak dayanımı (First crack resistance)	25-100
- Çekme dayanımı (Tensile strength)	25-100
- Nihai eğilme dayanımı (Ultimate flexural strength)	50-100
- Yorulma dayanımı (Fatigue endurance)	50-100
- Deformasyon kapasitesi (Strain capacity)	50-100
- Basınç dayanımı (Compressive strength)	±25
- Kaviteasyon-Erozyon dayanımı (Cavitation-Erosion resistance)	300
- Elastisite modülü (Modulus of elasticity)	±25

2.7. Çelik Liflerle Güçlendirilmiş Betonun Kullanım Alanları

Aşağıdaki paragraf ACI 544.3R-84 raporundaki durumu uygun olarak özetler:

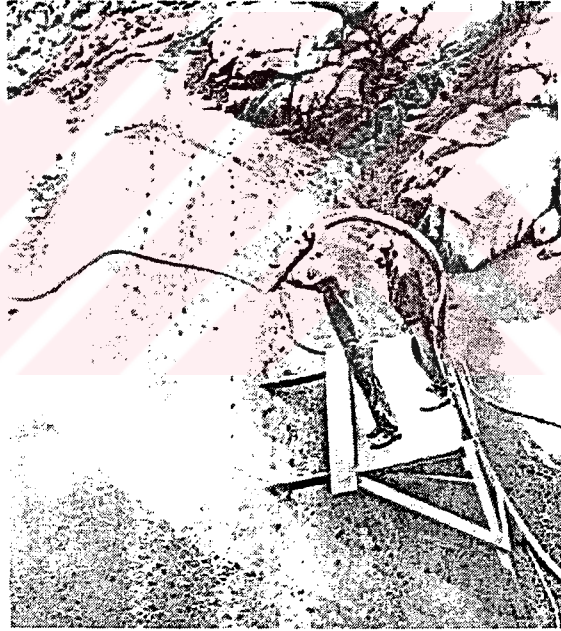
Genel olarak yapısal uygulamalarda kullanıldığında çelik lifli beton, çatlamanın engellenmesi, darbe ya da dinamik yüklemelere karşı direnci artırması ve malzemenin dağılmasına direnç gösterilmesi gereken ek rollerde kullanılmalıdır. Eğilme ve çekme yüklerinin olduğu kiriş, kolon, döşeme gibi yapısal elemanlarda geleneksel donatı toplam çekme yükünü taşıyabilir yetenekte olmalıdır. Kaldırım, pist ve püskürtme beton astarı gibi, yerindeki sürekli donatının güvenlik ve bütünlük açısından önemli olmadığı uygulamalarda eğilme dayanımındaki iyileştirme liflerle sağlanabilir ve kesit kalınlığını azaltmak, performansı arttırmak veya ikisi için de kullanılabilir.

Lifli betonlar ağır çalışma koşullarına maruz kalan yapılarda, ince kesitlerin ve yüksek dayanım özelliklerinin (çekme, darbe, kavitezyon, erozyon, yorulma, tokluk, vb.) gerektiği yerlerde kullanılmaktadır. En yaygın kullanım alanları şu yapılardır:

- Endüstriyel yapılar (döşemelerde, özellikle dinamik yüklemelerde çarpma rijitliği ve termal etkilere karşı dayanımı için),
- Su yapıları (barajlar, kanallar, dinlendirme havuzları ve dolu savaklarda plak yerine veya kavitezyon hasarlarına ve dinamik yüklere karşı koymak için),
- Püskürtme beton uygulamaları (hasır çelik kullanılmaması ve esneklik için, beton miktarından ve zamandan tasarruf için),
- Şev stabilitesi ve tünel kaplamaları (dik şevlerin veya toprak setlerin stabilitesinin sağlanmasında),
- Havaalanı ve karayolları kaplama betonları (tekrarlı yük-yorulma durumuna karşı ve normal plaklardan daha ince plak yapılması istendiği durumlarda),
- İnce kabuk yapılar (kubbelerde, katlanmış plaklarda ve çeşitli mimari nedenler için),
- Liman kaplama betonları (ağır yol trafiği ve büyük noktasal yüklere karşı),
- Depreme dayanıklı yapılar (deprem tesirinin etki etmesi muhtemel yapılarda),

- Ateşe dayanıklı beton yapılar (termal ve mekanik şok etkilerine karşı),
- Ön yapımlı beton elemanlar (çatlak oluşumunun engellenmesine karşı),
- Beton borular
- Askeri güvenlik yapıları (sığınak, hangar vs.)
- Kolay işlenemeyen beton gereken yapılar (yüksek alüminli çimento kullanılan ve püskürtülebilen betonlarda),
- Patlamaya karşı dayanıklı olması istenen yapılar (güç santrallerinde, askeri tesislerde).

Şekil 2.14.'de şev stabilitesinin sağlanması amacıyla kullanılan püskürtme lifli beton uygulaması görülmektedir.



Şekil 2.14. Lifli püskürtme beton uygulaması

Lifli betonun ilk yapısal kullanımı 1971 yılında Londra'nın Heathrow Havaalanı'nda otopark için üretilen 65 mm kalınlığa , 3250 mm² alana sahip panellerin üretimi içindir. Bu beton ağırlıkça %3, 0.25 mm çapa ve 25 mm uzunluğa sahip soğuk işlenmiş çelik lifler içermiştir. Beş yıl kullanımdan sonra rapor edilen incelemede paneller hiçbir çatlama belirtisi göstermemiştir.

Yine 1971'de Amerikan Ordusu Yapı Mühendisliği Araştırma Laboratuvarı, Mississippi Vickburg'daki hacimce %2 lif içeren beton pistlerin kontrollü deneylerini yapmıştır. Pist C5A uçağının tekerlek yüküne maruzdur (12 tekerlekte tekerlek başına 13600 kg). Bu deney 150 mm kalınlığındaki lifli beton tabakası ile 250 mm kalınlığındaki normal beton tabakasının performanslarını karşılaştırmıştır. Normal betonda ilk çatlama 40 yüklemde görülürken lifli betonda 350 yüklemde oluşmuştur. Normal beton 950 yüklemde tamamen göçerken lifli beton kaplaması 8735 yüklemde sonra ince çatlaklarla birlikte servis verebilmiştir.



BÖLÜM ÜÇ

LİFLİ BETONLARIN ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde lifli betonların tasarım ve bileşiminde kullanılan malzemelerden, taze ve sertleşmiş beton özelliklerinden söz edilecektir.

3.1. Malzemeler ve Seçimlerinde Dikkat Edilecek Noktalar

Normal betonlarda olduğu gibi liflerle donatılmış betonların bileşenleri seçilirken dikkatli davranmalıdır. Yanlış malzeme seçimi, istenen özelliğin gelişmemesine ya da hiç hesapta olmayan farklı bir olumsuzluğa neden olabilir. Lifli betonlarda kullanılacak malzemeler, betonun yeterli mekanik özelliklerini sağlamanın yanında aynı zamanda betonun durabilitesini azaltacak yönde etki yapmamalıdır.

3.1.1. Çimento Seçimi

Lifli betonların üretiminde, bugüne kadar yapılan çalışmaların çoğunda Portland Çimentosu kullanılmıştır. Ancak çimento hamuru kırılma birim uzamasının çoğu, liflerinkinden %0.02-0.06 mertebesinde düşük olması sonucu; bir yükleme durumunda, elastik limitin ötesinde çimento hamurunun matrisinde çatlakların

oluşmasından dolayı, matris olarak sadece çimento hamurunun kullanılması hacim kararsızlığı nedeni ile zararlı olduğu söylenmektedir.

Betonarmede donatılarla çimento matrisi arasındaki bağın tamamen fiziksel bir bağ olması istenir. Matristen donatıya yük transferi salt aderans kuvveti ile sağlanır. Bu mantıkla, lifli betonda lifler ile çimento arasındaki bağ fiziksel bir bağ olmalıdır. Bu iki bileşen arasında herhangi bir kimyasal reaksiyonun gelişmesi istenmez. Zira oluşacak reaksiyonlar aderansı zayıflatabilir. Ayrıca dayanıklılık sorunlarına yol açabilir.

Çatlak kontrolü için karışıma eklenen cam lifler, yüksek alkalili çimentolarla birlikte kullanılırsa hazırlanan karışımlarda alkali-silika reaksiyonunun gelişmesi kaçınılmazdır. Çatlamayı azaltmak amacıyla kullanılan bu lif, reaksiyonun gelişimi ile birlikte aksine kabuk atmalara varan olumsuzluklarla yol açar. Bu durum için alınacak önlem, alkali dirençli cam lif ve alkali oranı düşük çimento kullanımı olacaktır.

Bir diğer yanlış seçim örneği, korozyona karşı kaplama yapılmamış çelik fiberlerle birlikte alüminli çimento kullanımudur. Normal Portland Çimentolarının alkali ortamı sayesinde beton içerisindeki çelik elemanlar (donatı veya lifler) korozyondan korunurlar. Ancak asidik özellikteki alüminli çimento harcı, içinde bulunan çelik lifleri paslandırır. Böyle durumlarda yapısal olarak çok gerekli değilse alüminli çimento kullanılmamalı veya korozyona karşı dirençli bir malzeme (örneğin galvaniz) ile kaplanmış çelik lifler tercih edilmelidir. Kaplanmış lifler, normal çimentolarla üretilmiş betonlarda çevresel etkilere karşı durabilite önlemi olarak da kullanılmaktadır.

3.1.2. Su Seçimi

Lifli betonlarda kullanılacak karışım suyunun özellikleri, geleneksel betonların karışım suyunun özelliklerinden farklılık arz etmez. Bilindiği gibi beton karışım suyu temiz ve içilebilir nitelikte olmalıdır. Karışım suyunda hidrasyon olayını etkileyen,

liflerin korozyona uğrayıp tahrip olmasına neden olan, beton özelliklerini bozan asit, klor, organik madde gibi zararlı bileşenler bulunmamalıdır.

3.1.3. Agregası Seçimi

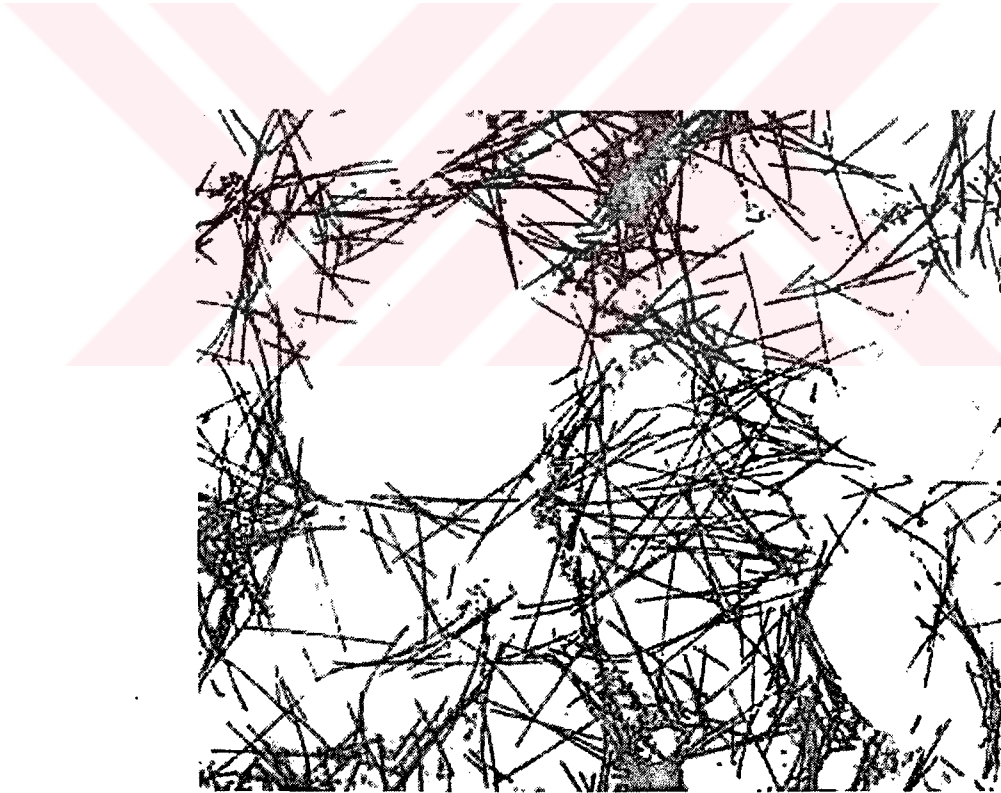
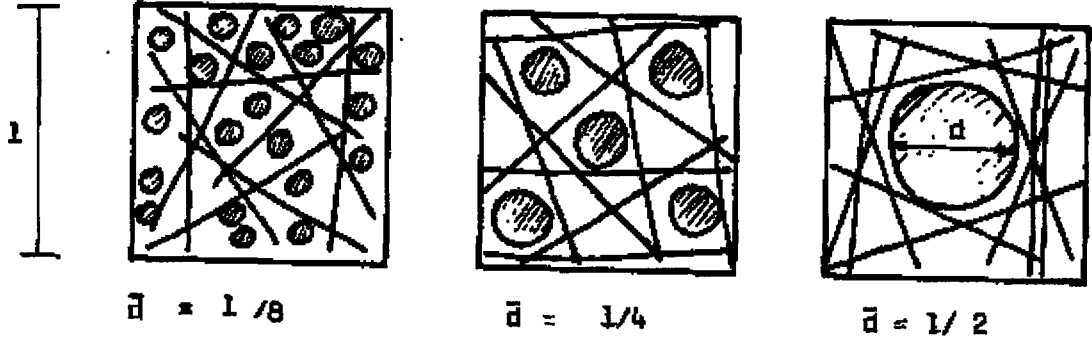
Normal betonlarda olduğu gibi lifli betonlarda da agreganın şekli ve miktarı önemlidir. Çelik lifli beton uygulamalarında genellikle maksimum dane çapı 4-32 mm arasında değişen agregalar kullanılır. Maksimum tane çapı 1" ya da 32 mm olan betonlarda ½" ya da 16 mm den büyük agregası miktarı toplam agreganın %15-20'si arasında sınırlandırılır. Yapılan uygulamalarda kaliteli kırmataşlı betonlar doğal çakıl kullanılarak yapılan betonlardan daha iyi sonuçlar göstermiştir.

Tablo 3.1.'de verilen değerler ASTM tarafından hazırlanmış olup lifli betonlar için önerilen Dmax ve tüvenan malzeme tane dağılımı değerleridir.

Tablo 3.1. Çelik lifli betonlar için önerilen tane dağılımı değerleri (ASTM)

Elek no	% geçen				
	Kum	3/8" (9,5mm) tane çapı	¾" (19mm) tane çapı	3/8" (9,5mm) tüvenan	¾" (19mm) tüvenan
1"(25,4mm)	-	-	100	-	100
¾"(19,0mm)	-	-	88-100	-	94-100
½"(12,7mm)	-	100	40-76	100	70-88
3/8"(9,5mm)	100	92-100	22-46	96-100	61-73
4no(4,8mm)	95-100	48-68	0-5	72-84	48-56
8no(2,36mm)	80-95	12-20	-	46-57	40-47
16no(1,18mm)	64-80	0-5	-	34-44	32-40
30no(0,60mm)	40-64	-	-	22-33	20-32
50no(0,30mm)	20-63	-	-	10-18	10-20
100no(0,15mm)	4-14	-	-	2-7	3-9
200no(0,08mm)	-	-	-	0-2	0-2

Şekil 3.1. ve Şekil 3.2.'den de görülebileceği üzere lifli betonlarda kullanılan agregaların D_{max} değeri arttıkça, rastgele olan lif dağılımının homojenitesi azalacak ve süreksizlik artacaktır.



Şekil 3.2. Liflerin agrega etrafındaki süreksiz dağılımı

Türk Standartları Enstitüsü tarafından önerilen betonda bulunması gereken 0,25 mm'den küçük ince malzeme miktarı Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Çelik lifli beton karışımlarında kum içerisinde bulunması gerekli 0,25 mm'den küçük ince malzeme miktarı

En büyük agrega dane büyüklüğü	İnce malzeme miktarı (< 0,25mm)	
	kg/m ³	lt/m ³
8mm	525	180-185
16mm	450	150-155
32mm	400	130-135
NOT -çimento yoğunluğu :3,1 kg/lt -kum yoğunluğu :2,65 kg/lt olarak hesaplara katılacaktır.		

3.1.4. Lif Seçimi

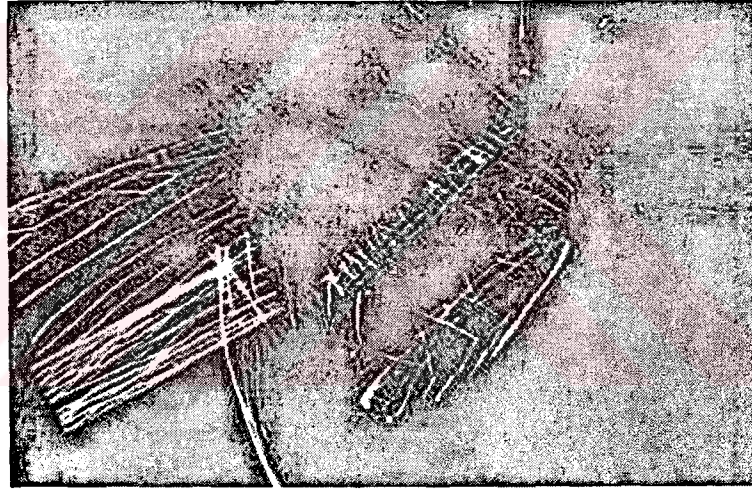
Çelik liflerin beton içerisine katılma oranı hacimsel olarak %0.5-2.5 arasında olabilmektedir. Ancak yapılan araştırmalar göstermiştir ki optimum fayda hacimsel oranın %1-2 olması halinde sağlanmaktadır. Bu değerden daha az katılması halinde normal beton özelliği üzerine çok büyük bir olumlu gelişme sağlanamamaktadır. Daha yüksek oranda katılma durumunda ise normal betonun basınç dayanımından daha düşük bir değer elde edilmektedir. Buna en büyük etken de yüksek oranda katılmış liflerin karışımı sırasında daha çok topaklaşmasıdır. Buna paralel olarak da yer yer beton içerisinde zayıf bölgeler ve hava boşlukları oluşmaktadır.

Çelik liflerin 30-120 kg/m³ miktarında ilave edilmesi beton ve diğer harçların mühendislik özelliklerinin birçoğunda önemli düzelmeler sağlamaktadır. Betonun çarpma dayanımı, eğilme mukavemeti yorulma mukavemeti parçalanma ve kırılma dayanımını arttırmaktadır.

Mekanik özellikleri arttırmak amacıyla kullanılan kısa çelik liflerin, beton içerisine karıştırıldığında hangi ölçüde kullanılabileceği, lifin boyutlarına, geometrik şekline ve lif ile beton matris arasındaki kenetlenme dağılımına bağlıdır. Bu nedenle birçok değişik geometrik formda çelik lif üretilmiştir ve kullanılmaktadır. Ancak araştırmalar göstermiştir ki beton özellikleri üzerinde en büyük iyileştirmeyi düz çelik lifler sağlamaktadır. Bu tür liflerin en uygun boyutunun da (çap/uzunluk oranı)

$a/l=1/100$ ve $l=30-50$ mm olduğu tespit edilmiştir. Burada bahsedilen çelik liflerin tamamı dairesel kesitlidir. Çelik lifli betonları daha ekonomik hale getirmek için değişik üretim metotları denenmiş ve sonuçta dairesel kesitli olmayan (yarım daire, dikdörtgen gibi) çeşitli tipte lifler de üretilmiştir.

Sentetik lifler, plastik betonun çekme dayanımını arttırarak çökme ve büzülmeden kaynaklanan çatlamları önler. Plastik çatlakların düzenlenmesi ve önlenmesi aynı zamanda betona uzun dönemli dayanıklılık da sağlar. Polipropilen lifler beton karışımına 0.9 kg/m^3 oranında ilave edildiğinde karıştırma işlemi sonucunda lifler birbirinden ayrılarak milyonlarca bağımsız iplikçiğin beton içerisinde dağılması sağlanır. Polipropilen iplikçiklerin dağılışı Şekil 3.3.'te gözükmektedir.



Şekil 3.3. Polipropilen liflerin dağılımı

Bu lifler betonda her yönde homojen dağılarak, büzülme çatlama kontrolü konusunda tali donatı elemanı olarak çalışır. Beton sertleştiğinde ve büzüldüğünde oluşan mikroskobik çatlaklar son derece küçük olup, malzeme bünyesindeki iplikçikler sayesinde görünür hale gelmesi önlenir, dış kuvvetlerin oluşturacağı çatlamların genişlik ve boylarını sınırlandırarak küçültür. Uygun özellikteki lifler, kesinlikle betonun tasarlandığı özelliklere ulaşmasını etkilemez, çimentonun kimyasal hidrasyonundan etkilenmeden çalışır. Hareketi yalnızca betonun mekanik performansını arttırmak yönündedir. Tüm beton karışımları ve katkıları ile birlikte oranlarını değiştirmeye gerek kalmaksızın kullanılabilir.

Lifler beton santrallerinde ya da taşıyıcı karıştırıcılarda malzemenin yüklenmesi öncesinde, esnasında ya da sonrasında katılabilir. Belirtilen sürede ve hızda karıştırılması liflerin dağılması için yeterlidir. Burada ele alınan lifler, beton yanında harç, sıva ve prekast elemanların üretiminde de kullanılmaktadır (Erbaş,1999).

Sentetik lifler tali donatı sistemi olarak hasır çelik için de bir alternatiftir. Bu lifler inşaat maliyetlerini azaltarak hasır çelik sisteminin ihtiyaç duyduğu vinç, ilave iş gücü ve doğru yerleştirememeye riskine karşı güvenle kullanabileceğimiz bir alternatiftir. Tablo 3.3.'te sentetik lifler ile hasır çeliğin fonksiyonel kullanımının karşılaştırılması sunulmaktadır.

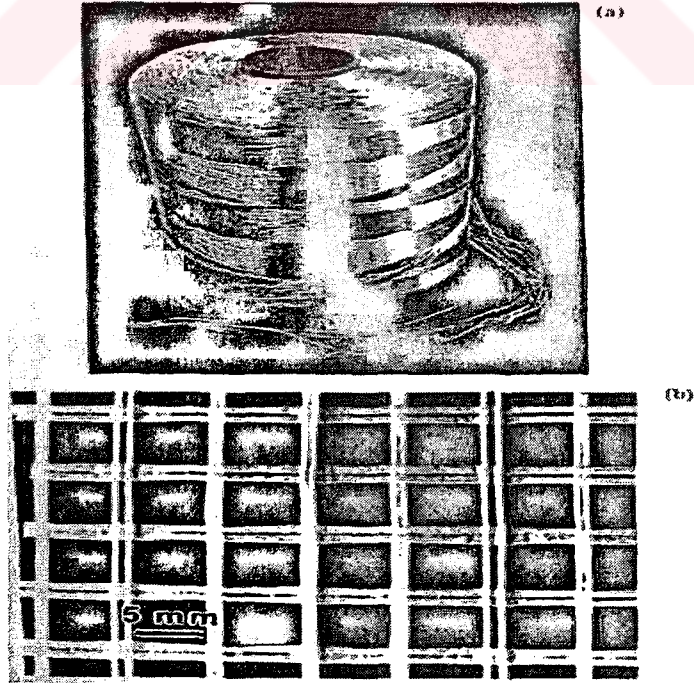
Tablo 3.3. Sentetik lifler ile hasır çeliğin karşılaştırılması

Özellik	Sentetik lifler	Hasır çelik
Plastik büzülme çatlaklarını azaltır	Evet	Hayır
Çatlakları bir arada tutar	Evet	Evet
Derz köşelerinin parçalanmasını önler	Evet	Hayır
Betonun bütünlüğünü korur	Evet	Hayır
Aşınmayı azaltır	Evet	Hayır
Su geçirgenliğini azaltır	Evet	Hayır
Paslanmaz	Evet	Hayır
Yüzeyde leke oluşturmaz	Evet	Hayır
Manyetik değildir	Evet	Hayır
Pas payı gerekir	Hayır	Evet
Üç boyutta dağılır	Evet	Hayır
Balistik dayanım sağlar	Evet	Hayır
Kullanımı kolay ve güvenlidir	Evet	Hayır
Depolama sorunu yoktur	Evet	Hayır
Esnek bir malzemedir	Evet	Hayır

Sentetik liflerin kullanıldığı yerler;

- İç kuvvetlerin neden olduğu çatlamların azaltılması için
- Üstün bir yöntem olarak metal donatı yerine ya da metal donatının takviyesi için
- Betonun geçirgenliğinin azaltılması için
- Beton kompaklığının azaltılması için
- Aşınma ve parçalanma direncinin artırılması için
- Betonun tutunma yeteneğinin artırılması için
- Uzun süreli kalıcılık için
- Yorulmanın önlenmesi için
- Metalik donatının kullanılmayacağı yerler
- Kimyasallara ve alkali bileşiklere direncin istendiği yerler
- Dayanıklılığın artırılması için
- Kopmazlık ve sertlik istenilen yerler olarak sıralanabilir (Erbaş,1999).

Çelik ve sentetik liflerden ayrı olarak betonda kullanılan cam liflerin üretilmiş farklı formları Şekil 3.4.'de görülmektedir.



Şekil 3.4. Cam lif türleri a)uzun lifler b)örgü lifler

3.1.5. Mineral Katkıların Seçimi

Bilindiği üzere mineral katkıları (silika dumanı, uçucu kül v.b) çimentonun hidrasyon derecesini arttırırken aynı zamanda filler malzeme görevini üstlenerek betonun daha kompakt bir yapıya kavuşmasını sağlarlar. Özel durumlar (örneğin hafif beton) dışında lifli betonların da sıkı bir yapısı olması istenir. Bu anlamda mineral katkıların lifli betonlarda da kullanımı uygun olmaktadır.

Şekil 3.5.'de betonda cam liflerle birlikte kullanılan silika dumanının mikro boşlukları nasıl doldurduğu görülmektedir.

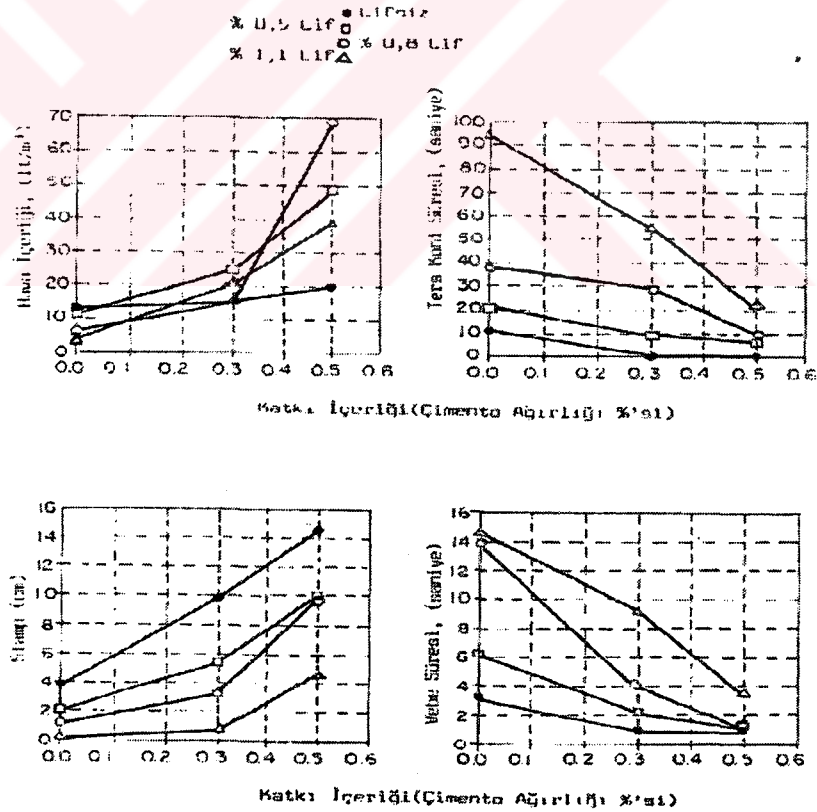


Şekil 3.5. Cam lifler ve silika dumanı

Uçucu kül-beton karışımında genellikle %10-30 arasında belirli bir yüzdeye sahip uçucu külün çimentonun bir kısmı yerine kullanımı, karayollarında, su yapılarında ve kanalizasyon tesislerinde en sık rastlanan problemlerden biri olarak sülfat etkisine karşı, sadece çimento kullanılarak üretilen betonlardan daha fazla direnç gösterir. Karışımında lif malzemenin kullanımıyla mekanik davranışta gelişmeler kaydedilir. Burada bahsedilen teknolojilerin birleşimi süper sonuçlar doğurur (Ural, 1999).

3.1.6. Kimyasal Katkuların Seçimi

Betonun özelliklerinin geliştirilmesinin tarihinde fiberlerin yeterli olmadığı durumlarda betona, hava sürükleyici kimyasal katkıları, süper akışkanlaştırıcılar ve korozyon engelleyiciler ilave edilmiştir. Hava sürükleyici katkıları, sürekli donma ve don çözülmesine maruz kalan betonlarda çatlamanın azalmasını sağlar. Süper akışkanlaştırıcı katkıları betonun dayanımını azaltmadan akışkanlığı geliştirici katkıları olarak bilinir. Süper akışkanlaştırıcılar, geleneksel su azaltıcı katkı maddelerinin geliştirilmiş halidir. Standart bir su azaltıcı katkı maddesi betonun işlenebilirliğini %5 oranında geliştirirken örneğin süper akışkanlaştırıcı bir katkı ilavesi suyu ortamdan uzaklaştıran kimyasal bir reaksiyon meydana getirir. Bu şekilde üretilen betonların işlenebilirlik ve su geçirmezlik özellikleri artar. Bu beton karışımı özellikle su, atık su arıtma tesisleri ve yiyecek işleme fabrikaları ile prefabrik ve ön gerilmeli beton uygulamaları için de uygundur (Ural, 1999).



Şekil 3.6. Akışkanlaştırıcı katkı içeren karışımların işlenebilirlik özellikleri

Lifli betonların işlenebilirliğini arttırmak amacıyla kullanılan akışkanlaştırıcı katkıların yarattığı etkiler Şekil 3.6.'da gösterilmiştir. Şekilde kimyasal katkı ilavesi ile betonun hava içeriği, ters koni süresi, slump miktarı ve Vebe süresi ilişkileri verilmiştir.

3.2. Taze Beton Özellikleri

Normal betonlarda olduğu gibi çelik liflerle güçlendirilmiş betonun da davranış ve özelliklerinin istenilen şekilde gerçekleşebilmesi için betonun planlanmasından başlayıp bakımının tamamlanması ile son bulan üretim süreçlerinin doğru tasarlanıp uygulanması gereklidir. Başlangıçta karmaşık görünse de zorunluluklar yerine getirildiği takdirde sorun ortaya çıkmamaktadır.

3.2.1. Tasarım

Lifsiz betonlarda olduğu gibi çelik lifli betonun değişik yapılarda doğru kullanımı büyük çapta mühendislik yargı ve deneyimine, ayrıca tasarımı yapan kişinin hem lifli betonu hem de onun kullanılacağı yapıyı ve yapıya gelen yükleri iyi tanıyıp doğru değerlendirmesine dayanır. Yapıya gelecek olan statik, dinamik veya başka bir deyişle tokluk, çekme, kesme gerilmelerinin hesabı ve su yapılarında ise hidrolik hareketin tahmini iyi yapılmalıdır. Lifsiz betonlarda olduğu üzere çekme, tokluk, yorulma, darbe gibi dayanımlar lifli betonlarda basınç dayanımının bir fonksiyonu gibi algılanmamalıdır.

Lifli beton üretilmeden önce, betonun nerede kullanılacağı, yapının esası ya da bir parçası mı olacağı, yapıda hangi etkiler altında kalacağı ve bu betondan beklenen özellikler açıkça belirlenmelidir. Daha sonra bu mevcut ve beklenen koşulların sağlanmasında en yüksek performansa yönelik uygun malzeme (lif tipi ve boyutları, çimento çeşidi ve dozajı, agrega, vb.) seçilmelidir.

Önemli bir hususa örnek, lifli betonun bir alt tabaka betonuna bağlanmasıdır. Özellikle barajların boşaltma yapılarındaki döşemelerde üst tabakaya lifli beton dökülmeden önce alt döşeme üzerinde ve döşeme donatısına bağlı ankraj çubukları bırakılmalıdır. Burada kullanılan bağlantı demirleri, üzerinde durduğu taban malzemesi ve lifli beton arasındaki kaldırma basıncını karşılayabilecek ve lifli beton yüzeyine gelebilecek olan negatif basıncı alıp alt döşemeye dağıtabilecek özellikte olmalıdır. Bu arada alt döşeme de çelik lifli betondan kendisine aktarılan gerilmeyi (kesme kuvvetlerini) taşıyabilmelidir. Aksi durumda iki farklı beton arasında gerilme transferi sırasında farklı davranışlar ortaya çıkacak ve tahribat oluşacaktır. Bu konuda bir diğer ankraj tekniği de epoksi esaslı veya benzeri kuvvetli bir bağlayıcı kullanmaktır. Ancak epoksi türü bağlayıcıların betondan farklı bir malzeme olması nedeniyle yük altındaki davranışı sırasında betonla gösterdiği uyumsuzluk sonucu arada zayıf bir tabaka meydana gelecektir.

Dolusavak gibi dik eğimlerde çelik lifli betonun tam sıkışmasını sağlamak üzere beton priz süresince sabit ya da kayar kalıplar kullanılarak sürekli takviye edilebilir. (DSİ, 1994)

3.2.2. Karışım Esasları

Üretimi normal beton üretimi ile benzeşimler gösterse de gerek karışım hesaplarının tasarımı açısından gerekse çelik lifin betonda kullanılması sonucu yeni karıştırma ve taşıma tekniklerini zorunlu kılması açısından oldukça değişiktir. Lifli beton üretiminde lifin davranışını etkileyen önemli parametrelerden biri olan matris özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla bir dizi sınırlamalar getirilmiştir:

- Portland ya da Katkılı Portland Çimentosu kullanılmalı,
- Matrisin kalitesi için maksimum su/çimento oranı 0,55 alınmalı,
- Minimum çimento dozajı 320 kg/m^3 olmalı,
- Kum miktarı toplam agrega kütlelerinin en az %40-55'i ($750-850 \text{ kg/m}^3$) olmalı,
- Karışımlarda doğal kum kullanılmalı,
- Matrisi güçlendirmek için doğal puzolan, uçucu kül, silika tozu kullanılmalı,

Çengelli lifler taze beton içerisindeki uyumlu davranışı ve sertleşmiş beton içerisinde oranı diğer liflere göre %40-45 daha az olmasına rağmen gösterdiği yüksek performans nedeni ile daha çok tercih edilir.

Lif seçiminde dikkat edilecek bir konu da lif boyunun agrega maksimum dane çapının en az 2 veya 1,5 katı olması zorunluluğudur. Bu nedenle uzun liflerin kullanılmaması sonucu kütle betonlarında lifli beton uygulaması yoktur.

3.2.3. Tipik Beton Karışımları

ACI Committee 544 ifade etmiştir ki, çelik lifli beton genellikle dayanım ve lif içeriği ile belirtilir. Normal olarak eğilme dayanımı döşeme uygulamaları için, basınç dayanımı yapısal uygulamalar için tanımlanmıştır. 28 günde tipik eğilme dayanımı 700-1000 psi (5-7 MPa), basınç dayanımı 5000-7000 (34-48 MPa) belirtilmiştir. Normal ağırlıklı beton için lif içeriği 50 lb/yd³ veya 30 kg/m³ (hacimce %0.38) den az 365 lb/yd³ veya 220 kg/m³ (hacimce %2) den çok olmayacak şekilde tanımlanmıştır. Ancak kullanılan üst limit 160-200 lb/yd³ veya 95-120 kg/m³ (hacimce %1.2-1.5) dir.

0.01-0.022-1" (0.25x0.55x25mm) çelik lifli, lifli betonun karışımının karışım oranları ve özellikleri otoyollar, havaalanı döşemeleri ve pistleri için uygunluğu Portland Çimento kurumunda araştırılmıştır. Hacimce %0.5'ten %2'ye lif ilavelerinde, çimento içeriğindeki artışı ve agrega oranlarındaki azalmayı tespit etmek için bir tablo geliştirilmiştir. Bu tablonun kullanımı, verilen bir su/çimento oranında normal betona %2 çelik lif katılmasıyla, yeterli işlenebilirliğin devamı için agrega oranındaki azalmaya bağlı olarak çimento pastasının nasıl arttığını gösterir. Mehta &Monteiro, (1997) tarafından yapılan çalışmada sözü edilen malzeme miktarları Tablo 3.5.'de verilmiştir.

Tablo 3.5. Normal ve lifli beton karışım oranlarının karşılaştırılması (kg/m³)

Malzeme	Normal beton	Lifli beton
Çimento	447	521
Su (su/çimento=0.45)	201	234
İnce agrega	857	763
İri agrega	684	609
Lifler (hacimce %2)	-	158

Sürüklenmiş hava içeren normal ağırlıklı lifli beton ve harçlar için karışım oranlarının aralığı Tablo 3.6.'da gösterilmiştir.

Tablo 3.6. Normal ağırlıklı lifli beton için karışım oranları (ACI 544)

	harç	3/8 " maksimum agrega	3/4 " maksimum agrega
Çimento (kg/m ³)	417-714	357-595	298-536
Su/çim oranı	0,30-0,45	0,35-0,45	0,40-0,50
İnceden iriye agrega (%)	100	45-60	45-55
Sürüklenmiş hava (%)	7-10	4-7	4-6
Lif içeriği (hacimce %)			
Deforme çelik lif	0,5-1,0	0,4-0,9	0,3-0,8
Düz çelik lif	1,0-2,0	0,9-1,8	0,8-1,6
Cam lif	2-5	0,3-1,2	

Kaldırımlarda eğilme dayanımı basınç dayanımına göre daha fazla önem kazanır. Çimentonun önemli bir oranını iyi kaliteli bir uçucu kütle ikame ederek kaplama malzemesinin fiyatını düşürmek mümkündür. Bu, istenen işlenebilirliğin ve 28 günlük eğilme dayanımının geliştirilmesini de etkiler. Toplam bağlayıcı malzemenin (çimento+uçucu kül) ağırlıkça yaklaşık % 30'unu uçucu kül oluşturan bir havaalanı kaplama karışımının tipik oranları Tablo 3.7.'de verilmiştir.

Tablo 3.7. Uçucu kül içeren havaalanı kaplama karışımı için karışım oranları (kg/m³)

Malzeme	Karışım 1	Karışım 2
	3/8 " maksimum agrega	¾ " maksimum agrega
Çimento	298	312
Uçucu kül	140	149
İnce agrega	815	857
İri agrega	875	791
Su	152	168
Çelik lif	49-83	49-83

3.2.4. Karışım Sırasında Dikkat Edilecek Hususlar

Çelik lifli taze beton karışımlarının hazırlığı sırasında karışımların homojen olması için ya da işi kolaylaştırmak için bir takım kurallar getirilmiştir. TS10514/1992 tarafından belirtilen bu kurallar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

Genel Kurallar:

- Homojen bir beton karışımı elde etmek için temel ilkelere (TS1247, TS1248) dikkat edilmelidir.
- Kritik çelik tel miktarı aşılmamalıdır.
- Çelik tel teçhizatlı betonun karışımını kolaylaştırmak ve gerekli olduğunda tel miktarını artırmayı sağlamak amacıyla ince agrega kullanılmalıdır.
- Taze betonda; homojen tel dağılımı gözle kontrol edilmeli birbirlerine yapışık teller halinde betona karıştırılan tel demetler veya teller beton içinde tamamen dağılıp ayrılincaya kadar beton karışımı devam etmeli ve üniform dağılım göz ile fark edilmelidir.
- Tel takviyeli beton döküm yerine kamyon ve transmikser ile nakledilebilir. Transmikser kullanıldığında mikser düşük hızda döndürülmelidir.

- Betona karıştırılacak en fazla tel miktarı agreganın en büyük dane çapına ve uzunluk/çap oranına bağlı olarak Tablo 3.4.'de verilmiştir.

Beton Santralında Karıştırılması Kuralları:

- Kum, çakıl ve çelik teller bir konveyör band aracılığıyla karıştırma kazanına verilebildiği gibi, beton santralının tartı kovaasına da konabilir. Her iki durumda da çelik teller kum ve çakılın üzerine dökülmelidir.
- Karışıma çimento su ve gerekli ise uçucu kül ilave edilmelidir.
- Bütün teller ayrılıp dağılıncaya kadar karıştırılmalıdır. Gerekli süre mikser tipine bağlı olup bu süre 1-2 dakika arasında olmalıdır.
- Karıştırma kazanı içinde hazırlanan betona teller en son olarak da ilave edilebilir. Bu durumda karıştırmaya teller homojen dağılıncaya kadar devam etmelidir.

Transmikserde Bütün Malzemelerin Karıştırılması Kuralları:

- Agregası ve teller transmikserde konarak karıştırılmalıdır.
- Çimento ve su ilave edilmelidir.
- 2-4 dak. sonra karışım kontrol edilmelidir. Homojen karışım gözle fark edilebilir.

Transmikserde Bulunan Hazır Betona Tellerin İlave Edilmesi Kuralları:

Diğer karıştırma kuralları mümkün olmadığı zaman uygulanmalıdır.

- Transmikserde konan beton mikser kapasitesinin %80'ini aşmamalıdır.
- Yüksek su/çimento oranından kaçınmak için akışkanlık verici katkı maddeleri kullanılmalıdır.
- Teller mikserde 20-30 kg/dak hız ile konmalı ve bu esnada mikser tamburu en yüksek hız ile çevrilmelidir.
- Karıştırma zamanı mikser tipine bağlıdır. Bütün teller betona karıştırıldıktan sonra mikser kısa müddet durdurulmalı ve tel dağılımı göz ile kontrol edilmelidir. Homojen dağılım elde edilemezse transmikserin bu karışım sistemi için uygun olmadığına karar verilmelidir.

Kontrol Kuralları:

Kontrolün amacı sürekli bir kalite denetiminin sağlanmasıdır. Bu nedenle lifli betonların kontrolü sırasında şu kurallara dikkat edilmelidir:

- Kontrollüğün seçeceği karışımlardan her kontrol için her 100 m³lük betondan 3 adet 10 litrelik beton numunesi alınmalı ve TS 2940 da belirtilen “Taze Betondan Numune Alma Metotları” kullanılmalıdır.
- Alınan 3 adet 10 litrelik numune, su ile yıkandıktan sonra, çelik lifler mıknatıs yardımı ile toplanıp hassas olarak tartılmalıdır.
- 3 numunedeki ortalama çelik tel miktarı olması gerekenden en çok %10, her bir numunedeki miktar ise en çok %15 farklı olabilir.
- İstenen oranlar elde edilinceye kadar beton santralında gerekli tedbirler alınmalıdır.

3.2.5. Taşıma

Çelik lifli betonun taşınması iyi tasarlanmış ve yeterince temiz durumda bulunan geleneksel beton ekipmanları ile yapılmalıdır. Beton taşınırken transmikser haznesi tam doldurulmamalıdır. Özellikle karışım transmikserde hazırlanacaksa kapasitenin %85’i kullanılmalıdır. Tambur içerisindeki kanatlar liflerin topaklaşmasını kolaylaştıracak şekilde kirli ve deforme olmuş durumda olmamalıdır.

Lifli betonları karıştırmak için gerekli enerji lifsiz betonlara göre daha fazladır. Transmikserler ve pan mikserler bu ilave gücü kaldırabilecek niteliktedirler. Düşük slump’lu betonların mikserden kolayca akmasını sağlamak için de gerekli önlemler alınmalıdır (örneğin transmikseri bir yamaca parketmek veya panmikser haznesinin dışına bir vibratör bağlamak).

Lifli beton pompa ile nakil ediliyorsa; kapasitesi yüksek bir pompa, geniş çaplı boru (yaklaşık 155 mm), bükülebilir ve kıvrılabilir bir hortum kullanılmalı, aletin giriş ağzına lif demetlerinin hortuma girmesini önleyecek şekilde 50-75 mm açıklıklı

bir elek konulmalıdır. Çok yüksek slump'lu betonlarda, betonun ince kısmının akması ile kalan iri tanelerin ve liflerin hortumu tıkanmasından kaçınılmalıdır.

3.2.6. Yerleştirme

Lifli betonun yerleştirilmesi normal ekipmanlarla yapılabilir. Ancak işçilikte incelikler gereklidir.

Çelik lifli beton yerleştirilirken harici vibrasyon ile sıkıştırma tercih edilmelidir. Çubuk şeklindeki daldırma tipi vibratörlerin kullanılması durumunda, sıkıştırma esnasında lifler dönerek belli yerlerde lif yığılmasına neden olurlar. Homojen olması gereken yapıyı bozarlar. Laboratuvarlardaki araştırma çalışmalarında numune hazırlanırken harici vibrasyon kullanılmalıdır.

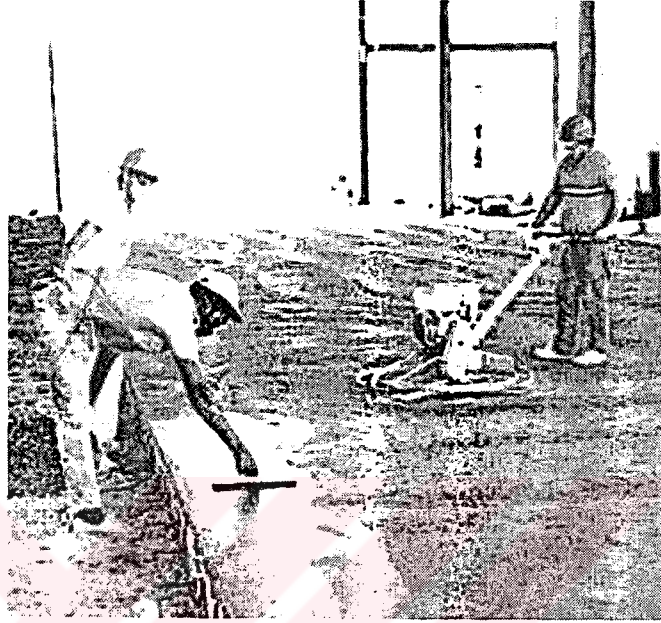
Genellikle yüzey tesviyesinde liflerden kaynaklanan bir sorunla karşılaşılmaz. Açık döşeme yüzeyleri düzeltilirken, vibrasyonlu masterlar kullanılmalı veya perdah makinesi ile tesviye edilmelidir. Kullanılacak perdah makineleri, tercihen metal ve kanat uçları yuvarlatılmış olmalıdır. Yüzey yırtıkları ve boşlukları tahta malalarla kapatılabilir. Ancak yüzeyde açıkta lifler varsa bu lifler yüzeyin pürüzlenmesine sebep olabilir.

3.2.7. Yüzey Bitirme

Yüzey bitirme işlemleri sırasında yüzeyde fazla çalışılmamalıdır. Normal betonlara göre çimento harcı bakımından fazla olan lifli betonun aşırı masterlanması yüzeyi hassaslaştırarak çatlamalara neden olabilir. Şekil 3.7.'de döşeme betonunun yüzey bitirme işlemi görülmektedir.

Terleme sonucu beton yüzeyinde su ve ince şerbet birikirse, bu masterla ya da vakum yolu ile yüzeyden uzaklaştırılmalıdır. Mükemmel bir yüzey isteniyorsa düzgün yüzey elde etmede ve lifleri gömmede daha başarılı olan magnezyum kanatlı

perdah makineleri kullanılmalıdır. Geniş perdah makinelerinin kullanımı zor olmakla birlikte cilalı yüzey elde etmede daha işlevseldirler (DSİ, 1994).



Şekil 3.7. Döşemede yüzey düzeltme ve mastarlama

3.2.8. İşlenebilirlik

Çelik liflerle güçlendirilmiş kompozitler, taze ve sertleşmiş betonların kalite kontrolü adı altında yapılan deneylerle sınılanır. Taze beton deneylerinden en önemlisi, işlenebilirlik tespitine yönelik deneylerdir. Sertleşmiş beton açısından ise malzemenin tokluk indekslerinin tesbiti, eğilmede çekme dayanımı ve darbe dayanımı deneyleridir.

Çelik liflerle güçlendirilmiş karışımların taze beton özelliklerini doğru tespit edebilmek için bu karışımların sağlıklı yöntemlerle test edilmesi gerekir. Normal betonlarda kullanılan yöntemler lifli betonlar için yeniden gözden geçirilmelidir.

Betonda işlenebilirlik olarak ifade edilen, taşıma, yerleştirme, sıkıştırma ve homojenlik, sertleşmiş beton özelliklerini ve performansını önemli derecede etkiler.

Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda betona lif ilave edilmesiyle işlenebilirlikte önemli azalmalar tespit edilmiştir.

Lifli betonun;

- maksimum tane çapı,
- tane dağılımı,
- lif hacmi,
- lif tipi,
- lif görünüm oranı,
- hava miktarı,
- S/Ç oranı, işlenebilirliği etkileyen faktörlerdir.

İşlenebilirliği azaltan iki parametre ise;

- karışımdaki lif hacmi,
- lif görünüm oranı (uzunluk/çap).

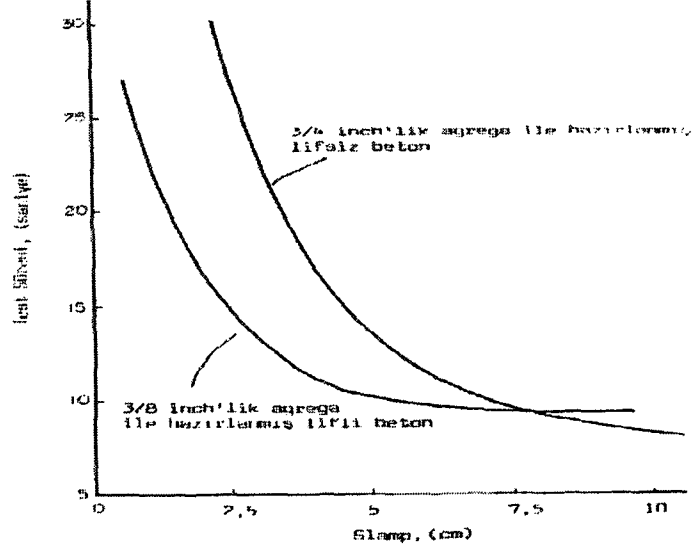
olmaktadır.

İşlenebilirliği ölçmek için lifsiz betonlarda uygulanan slump deneyi lifli betonlar için uygun değildir. Göreceli olarak kullanılsa da dikkate alınmamalıdır. Lifli betonlar için en uygun işlenebilirlik deneyi Ve-Be deneyidir. Ancak şantiye koşullarında zor bir yöntemdir. Daha çok laboratuvarlarda kullanılır.

Laboratuvarda ve şantiyede lifli betonların işlenebilirliğini ölçmek için kolayca kullanılabilen ve sonuçları açısından sağlıklı veriler ortaya koyan ASTM C 995' de tanımlanan ters çevrilmiş koni deneyidir. Bu deneyde dahili vibratör hareketi ile ters koniden koni ağzı açıklığı boyunca betonun akması için geçen süre ölçülür. Bu deney özellikle lifli betonlar için geliştirilmiştir. Yüksek oranda akışkanlaştırılmış betonlar için uygun değildir, çünkü bu yöntemde beton vibrasyon ile akma eğilimindedir.

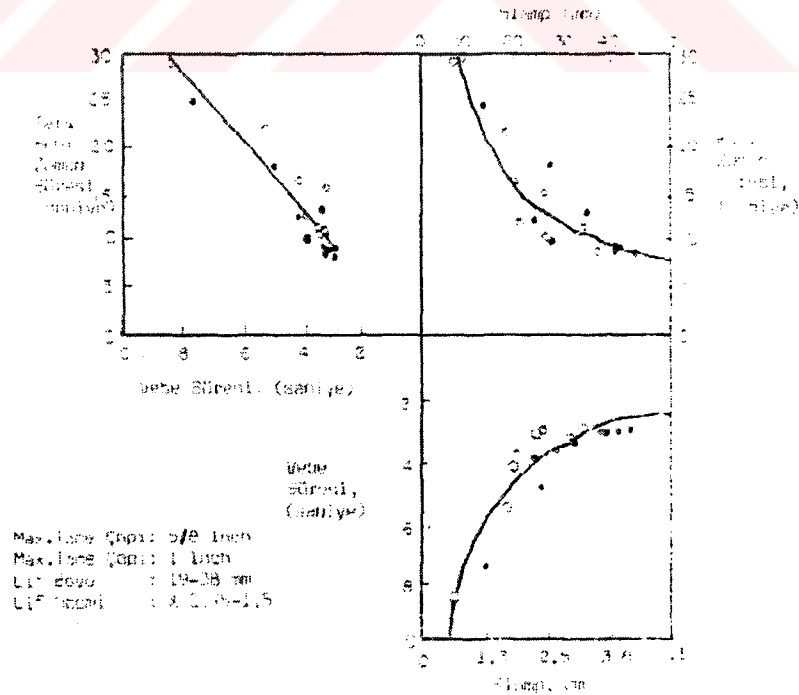
Düşük çökme değerlerinde bile lifli betonlar vibrasyona iyi cevap vermektedir. Çökme değeri 5.0-7.5 cm olduğu aralıkta bu eğri değişmemektedir.

Uyan (1985), yaptığı çalışmada çelik lifli ve lifsiz betonların slump ve ters koni deneylerinden bulduğu sonuçları Şekil 3.8.'deki grafiklerle ifade etmiştir.



Şekil 3.8. Çelik lifli ve lifsiz betonlarda ters koni yöntemi ile yapılmış işlenebilirlik deney sonuçlarının karşılaştırmaları

ACI Committee 544 tarafından verilen çelik lifli betonların işlenebilirlik deney sonuçlarının karşılaştırılması Şekil 3.9.'da görülmektedir.



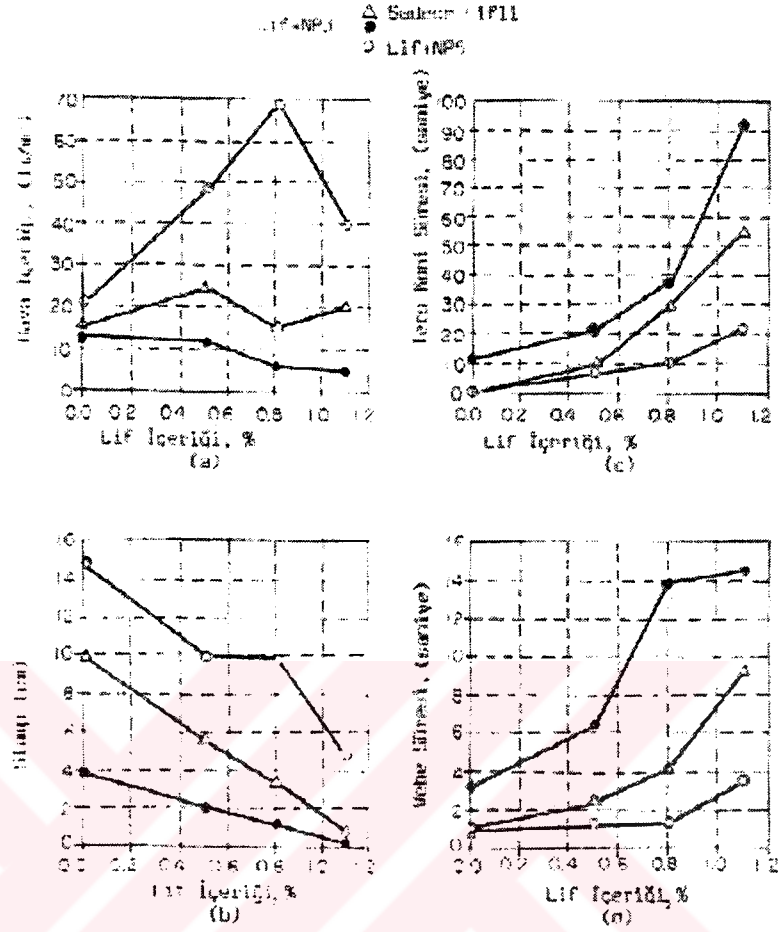
Şekil 3.9. Çelik lifli betonlar üzerinde değişik yöntemler kullanılarak yapılmış işlenebilirlik deney sonuçlarının değerlendirilmesi

Ters koni yöntemi ile Ve-Be yöntemi arasında doğrusal bir ilişki vardır. Her iki yöntem kullanılarak bulunan taze beton özellikleri aşağı yukarı aynıdır.

$l/d=50$ mm/ 0,5 mm boyutlarında lifler, 350 kg/m^3 çimento dozajı, S/Ç oranı 0,58, $D_{max}=16$ mm olan ve %0,3-0,5 akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilen betonlardan şu sonuçlar çıkarılmıştır:

- Lif hacminin artmasıyla işlenebilirlik güçleşmektedir. Lif yüzdesinin 0,6-0,8 değerleri arasında işlenebilirlikte önemli zorluklar çıkmış, %0,8 olduğunda ise karışımlar topaklanmıştır.
- Katkısız betonlarda lif içeriğinin artmasıyla taze betonda bulunan hava miktarı azalmıştır.
- Lif görünüm oranının artmasıyla işlenebilirlikte azalma görülmüştür.
- Lif tipine göre işlenebilirlik şu sırayla azalmaktadır: Kıvrımlı, düz, çift kenarlı, çengelli.

Uyan, Yıldırım ve Eryaman tarafından yapılan, akışkanlaştırıcı kullanılan ve kullanılmayan çelik liflerle güçlendirilmiş betonlarda işlenebilirlik deney sonuçlarının lif dozajları ile ilişkisi Şekil 3.10'da grafik olarak verilmiştir. Karışımlarda lif içerikleri arttıkça betonda hapsolmuş hava miktarı, ters koni süresi ve Vebe süresi artmakta, çökme değerleri azalmaktadır.

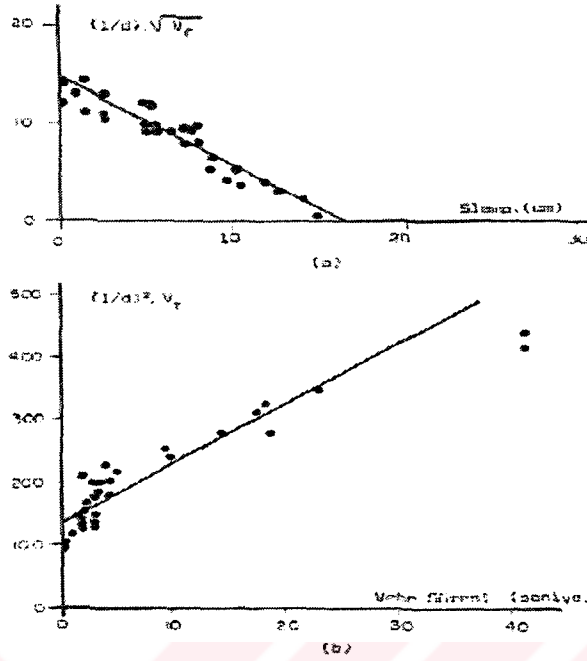


Şekil 3.10. Çelik liflerle güçlendirilmiş betonlarda işlenebilirliğin lif hacmi ile değişimi

3.2.9. Liflerle Güçlendirme İndeksi

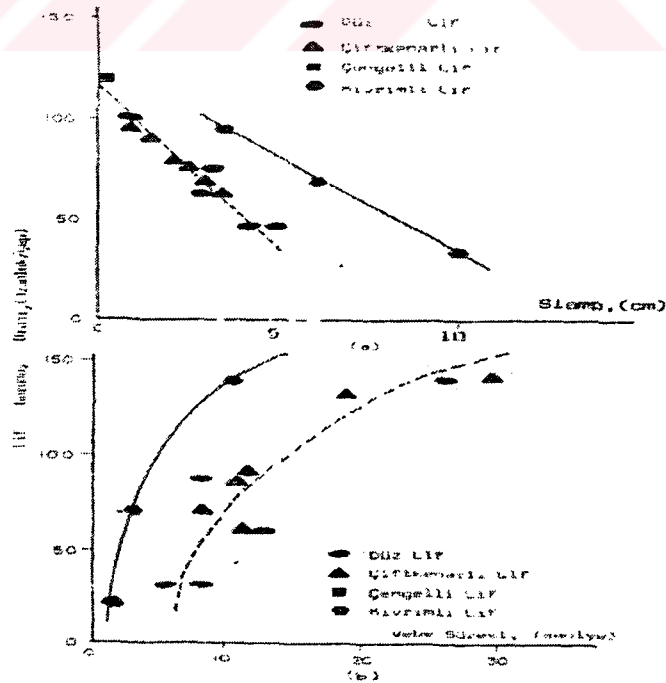
Lifli betondaki lif hacmi ile uzunluk/çap oranını birleştiren ve lifle güçlendirme indeksi (reinforcement index) diye anılan $V_f (l / d)$ bir kavram tanımlanmıştır. Taze ve sertleşmiş beton özelliklerinin hem lif içeriği hem de görünüş oranı ile değiştiği dikkate alınacak olursa, bileşik kriterin kullanılması daha doğru olacaktır.

Bayasi & Soroushian (1992) çalışmalarında, liflerle güçlendirme indeksi, lif şekli ve lif görünüş oranına göre işlenebilirliğin değişimlerini incelemiştir. Liflerle güçlendirme indeksine göre işlenebilirliğin değişimi Şekil 3.11.'de görülmektedir.

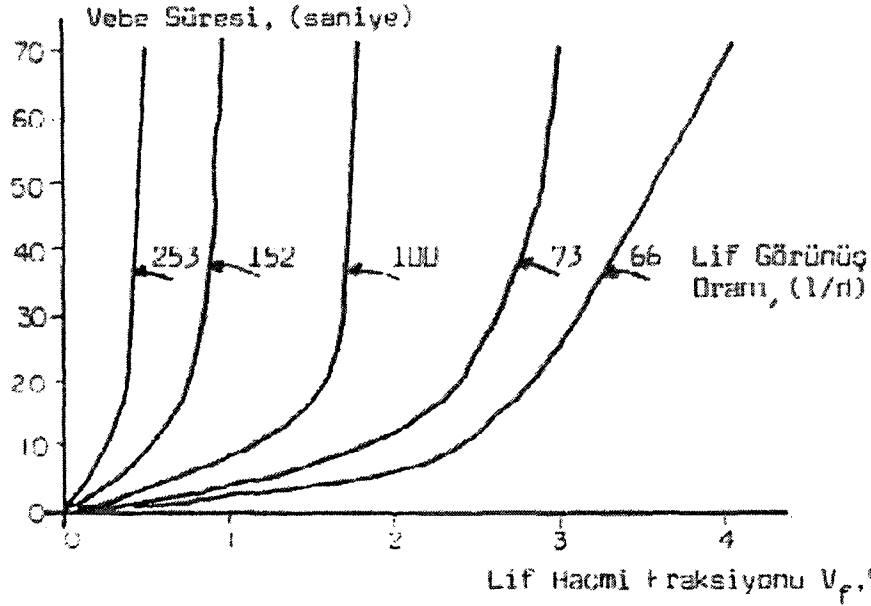


Şekil 3.11. Liflerle güçlendirme indeksine göre işlenebilirliğin değişimi

Şekilden görüleceği üzere $V_f (1 / d)$ indeksinin büyümesi ile işlenebilirlik azalmaktadır. İşlenebilirliğe lif şeklinin etkisi Şekil 3.12.'de, lif hacmi ve görünüş oranının etkisi Şekil 3.13.'de özetlenmiştir.



Şekil 3.12. Lif şekli ve lif görünüş oranına göre işlenebilirliğin değişimi



Şekil 3.13. Lif hacmi ve lif görünüş oranının büyümesi ile işlenebilirlikteki azalmalar

3.2.10. Betonda Yapısal Olmayan Çatlaklar

Dış kaynaklardan gelen kuvvetlere karşı, betonun dayanımını arttırmak, beton karışımı ayarlanarak sağlanabilir. Fakat, betonun su kaybederek büzülmesi sonucu oluşan iç kuvvetlerin kontrolü ve önlenmesi bu kuvvetlerin neden olacağı problemlerin tahmin edilemezliğinden dolayı kolay olamaz.

İç kuvvetlerin en yaygın olarak oluşturduğu çatlama problemlerinden birisi betonun plastik döneminde ortaya çıkan büzülme kaynaklanmaktadır. Bu çatlaklar beton döküldükten sonraki ilk 24 saat içinde oluşur. Erbaş (1999)'ın ifade ettiği betonda oluşan bu çatlaklar ve oluşma dönemleri Tablo 3.8.'de özetlenmiştir.

Tablo 3.8. Nedenleri ile birlikte beton çatlakları ve oluşma dönemi

Gerilme tipi	En önemli neden	Oluşma dönemi
Plastik çökme	Betonun kohezyonunun yetersizliği, terleme	10 dakika-3 saat
Plastik büzülme	Erken hızlı kuruma	30 dakika-6 saat
Termal kısalma	Aşırı sıcaklık farkı	24 saat-3 hafta
Uzun dönem büzülme	Derzlerin verimsizliği	Haftalar-aylar

3.2.11. Kür

Standart Kür:

Betona çelik lif ilavesinin çimentonun hidrasyon reaksiyonlarına hiçbir etkisinin olmadığı göz önünde bulundurulursa, çelik lifli beton lifsiz betonlar gibi kür edilebilir.

Hızlandırılmış Kür Yöntemleri:

Genel olarak inşaat sanayiinde betonun dayanımını erken kazanması ve daha kısa sürede servise sunulması amacıyla çeşitli yöntemler uygulanmaktadır (Ünal, 1994):

1. Priz hızlandırıcı ve akışkanlığı artırıcı katkıları kullanmak,
2. Kristal çekirdekleri kullanmak,
3. Yüksek basınç altında sıcaklığı arttırmak,
4. Isıl işlem uygulamak.

Bu yöntemlerin uygulanması ile sağlanacak olan avantajlar da şöyle sıralanabilir:

- Soğuk havalarda beton üretimi yapabilmek,
- Üretim artışını hızlandırmak,
- Yapılarda kalıp alma süresini kısaltmak,
- Üretilen yapı elemanlarının stoklama sürelerini kısaltarak, depolama alanlarını küçültmek,
- Üretilen elemanların kalite kontrolünün daha kısa sürede yapılmasını sağlamaktır.

Isıl işlemler, çeşitli teknolojilerden yararlanarak betonu ısıtmak suretiyle, betonun daha kısa sürede mukavemet kazanmasını ve hizmete sunulmasını amaçlayan yöntemler olarak tanımlanabilir. Isıl işlem yöntemi, uygulama şekline göre:

1. Betonun yerleştirilmeden önce ısıtılması,
 2. Betonun yerleştirilmesinden sonra elemanın ısıtılması.
- olarak iki grupta sınıflandırılabilir.

Diğer taraftan betona ısıtma işlem uygulaması, fiziksel prensiplere bağlı olarak şu şekilde sınıflandırılabilir:

1. Isı transferi ile ısıtma uygulaması
 - a) doymuş buhar ile ısı transferi
 - b) sıcak hava ile ısı transferi
2. Kondüksiyon yolu ile ısı transferi
3. Işıma yolu ile ısı transferi

Öte yandan sıcaklık ve zamana bağlı olarak değişen ısıtma işlem çevrimleri, parametrelerin değişimine göre de gruplandırılmaktadır (Ünal, 1994):

- | | |
|------------------------------|--|
| 1. Hızlı (sert) çevrimler: | <p>işlem sıcaklığı 80-90 °C,
 toplam çevrim süresi 6-7 saat,
 ön bekleme süresi 1 saat,
 ısıtma ve soğutma hızı 30 °C/saat</p> |
| 2. Orta (ılımlı) çevrimler: | <p>işlem sıcaklığı 70 °C,
 toplam çevrim süresi 9-11 saat,
 ön bekleme süresi 2-3 saat,
 ısıtma ve soğutma hızı 15-20 °C/saat</p> |
| 3. Yavaş(yumuşak) çevrimler: | <p>işlem sıcaklığı 60 °C den az,
 toplam çevrim süresi 20-22 saat,
 ön bekleme süresi 4 saat,
 ısıtma ve soğutma hızı 10 °C/saat</p> |

Ünal ve Uyan, hızlandırılmış kür yöntemleri ile ilgili olarak yaptıkları deneysel çalışmada şu değişkenleri incelemişlerdir:

- Kür sıcaklıkları: 20 °C, yumuşak çevrim (50 °C), ılımlı çevrim (65 °C), sert çevrim (80 °C)
- Karışımdaki lif hacimleri: 0.0, 2.5, 5.0, 8.0, 10.0 dm³/m³
- Beton deney yaşı: 1, 28, 90 gün

Beton karışımında 16 mm maksimum dane çapına sahip agrega ve boyu 30 mm çapı 0,5 mm olan çelik lif kullanmışlardır. Taze ve sertleşmiş beton deneylerinden sonra aşağıda maddeler halinde sıralanan sonuçları kaydetmişlerdir.

Taze beton özellikleri ile ilgili sonuçlar

1. Betona katılan lifler karışımın Ve-Be ve ters koni sürelerini arttırmakta, çökme değerini azaltmaktadır.
2. Betondaki lifler boşlukların dağılımını değiştirmekte ve boşluk miktarını artırıcı yönde etki yapmaktadır.
3. Betona katılan lif miktarının artması taze betonun birim hacim ağırlığının artmasına neden olmaktadır.

Eğilme mukavemeti ile ilgili sonuçlar

1. Isıl işlem görmüş normal ve lifli betonlarda 1.günde 20 °C ye oranla sağlanan dayanım artışı 28 günlük numunelerde de görülmesine rağmen 90 günlük numunelerde ise azalma olmuştur. Azalmanın 90. günde ortaya çıkması numunelerin saklandığı ortam şartlarına bağlanabilir.
2. Şahit ve lifli betonların 1 günlük eğilme mukavemetlerinde görülen artış hızı ısıtma işlem sıcaklığı 50 °Cden sonra azalmaktadır.
3. Isıl işlem uygulamasının 1 günlük numunelerdeki mukavemet artırıcı etkisi, betona katılan lif miktarının artışına bağlı olarak azalmaktadır.
4. Isıl işlemlerin şahit ve lifli betonların 90 gündeki eğilme mukavemetleri üzerinde yaptığı etki hemen hemen aynı olmaktadır.
5. Betona katılan lif miktarının artması, hem 20 °C de hem de ısıtma işlem uygulanmış numunelerde erken ve ileriki yaşlarda eğilme mukavemetini arttırmaktadır. Ancak liflerin mukavemet artırıcı etkisi 20 °Clik kür şartlarında daha fazladır.

6. 1, 28 ve 90 günlük numunelerde eğilme mukavemetleri, lif yüzdesi artışına bağlı olarak artmakta, ancak betonun yaşı ilerledikçe liflerin eğilme mukavemeti artışına etkisinin azalmakta olduğu görülmüştür.

Basınç mukavemeti ile ilgili sonuçlar

1. Isıl işlem uygulaması şahit ve lifli betonların 1 günlük basınç mukavemetlerini eğilme mukavemetlerinde olduğu gibi arttırmaktadır. Diğer taraftan ısıl işlemlerin mukavemet arttırıcı etkisi basınç mukavemetinde daha fazla olduğu görülmektedir.
2. Şahit ve lifli betonların 1 günlük basınç mukavemetlerinde görülen mukavemet artış hızı eğilme mukavemetlerine benzer şekilde ısıl işlem sıcaklığı 50 °C'den sonra azalmaktadır.
3. Isıl işlem uygulamasının 1 günlük numunelerin basınç mukavemetlerini arttırıcı etkisi betona katılan lif miktarına bağlı olarak azalmaktadır. Bunun nedeni betona katılan liflerden dolayı artan kusurların yüksek ısıl işlem sıcaklıklarında kendini daha belirgin göstermesine bağlanabilir.
4. Isıl işlem görmüş ve 20 °C'de saklanan numunelerin basınç mukavemetleri, eğilme mukavemetlerindeki davranışa benzer şekilde betona katılan lif miktarı arttıkça artmaktadır. Ancak bu artış 20 °C'lik kür şartlarında ve 50 °C'de sürekli olurken 65 °C'de ve 80 °C'de lif yüzdesi 0.25'den itibaren azalmaya başlamakta ve lif yüzdesi 0.8'den sonra daha da belirginleşmekte olduğu görülmektedir.
5. Liflerin mukavemeti arttırıcı etkisi ısıl işlem sıcaklığı yükseldikçe 1. günde hem eğilmede hem de basınçta azalmasına karşılık ileriki yaşlarda eğilme mukavemetinde sabit olurken basınç mukavemetinde azalma devam etmektedir.

Betonun kısa süreli basınç altındaki davranışı ile ilgili sonuçlar

1. 28 ve 90 günlük şahit ve lifli betonlarda ısıl işlem sıcaklığı yükseldikçe süreksizlik sınırı azalmaktadır. Bu azalma basınç dayanımına oranla süreksizlik sınırında daha fazla olmaktadır. Bu durum ısıl işlemin oluşturduğu kusurların lif-matris arayüzeylerini daha fazla etkilemesine bağlanabilir.
2. 20 °C'de saklanan ve ısıl işlem görmüş numunelerde süreksizlik sınırı lif miktarı artışına bağlı olarak azalmaktadır. Betona katılan lif miktarının artmasıyla yeni

lif-matris ara yüzeylerinin ortaya çıkması bu arayüzeylerde oluşan mikro çatlaklar kusur etkisi yaparak ilk çatlak dayanımını azaltmasına neden olduğu söylenebilir.

3. Isıl işlemlerde olduğu gibi lif miktarı artışı süreksizlik sınırını basınç dayanımına oranla daha fazla azaltmaktadır. Bunun sebebi de liflerin ilk çatlak dayanımından sonraki bölgede çatlakların büyümesini geciktirmesi sonucu iyileştirici yönde fonksiyon göstermesine bağlanabilir.
4. Hem ısı işlemler hem de lif miktarı artışının betonun iç yapısında oluşturduğu kusurlar süreksizlik sınırını basınç dayanımına göre daha fazla etkilediği ortaya çıkmaktadır.
5. 28 ve 90 numunelere ait süreksizlik sınırı-basınç dayanımı oranları hem ısı işlemlerden hem de lif miktarı artışından süreksizlik sınırına benzer şekilde etkilenmiştir.
6. Isıl işlemler ve lif miktarı artışı şahit ve lifli betonların çözülme sınırını basınç dayanımına göre aynı yönde etkilediği görülmektedir.
7. 20 °C'de ve ısı işlem görmüş numunelerin çözülme sınırı üzerine lif miktarı artışının olumlu etkisi görülmüştür. Bu da liflerin ilk çatlak dayanımından sonraki bölgede iyileştirici yönde fonksiyon göstermesine bağlanabilir.
8. Şahit ve lifli betonların basınç dayanımındaki şekil değiştirme oranlarına ısı işlemlerin önemli bir etkisi olmamıştır. Buna karşılık 20 °C'de ve ısı işlem görmüş numunelerde lif miktarı arttıkça basınç dayanımındaki şekil değiştirme oranları artmaktadır.
9. Şahit ve lifli betonların 28 ve 90.günlerdeki elastisite modülleri ısı işlem sıcaklığı yükseldikçe 20 °C'ye oranla azalma eğilimi göstermektedir. Bu durum ısı işlemin oluşturduğu kusurlara bağlanabilir.
10. 20 °C'de saklanan ve ısı işlem görmüş numunelerde elastisite modülleri lif miktarı arttıkça azalmaktadır. Bu azalmanın nedeni de lif miktarının artmasından meydana gelen boşluklu yapının betonun iç yapısını zayıflatmasına bağlanabilir.
11. 28 ve 90 günlük şahit ve lifli beton numunelerin kırılma şekil değiştirme işi ısı işlem uygulanmasında azalma eğilimi gösterirken 20 °C'de ve ısı işlemlerde lif miktarının artması sonucu kırılma şekil değiştirme işi artmaktadır.

3.3. Sertleşmiş Beton Özellikleri

Çelik lifli betonların mekanik özellikleri aşağıda sıralanan şu faktörlerden etkilenir:

(1) liflerin -tipi,

- geometrisi,
- görünüm oranı,
- hacmi,
- uyumu,
- dağılımı,

(2) matrisin-dayanımı,

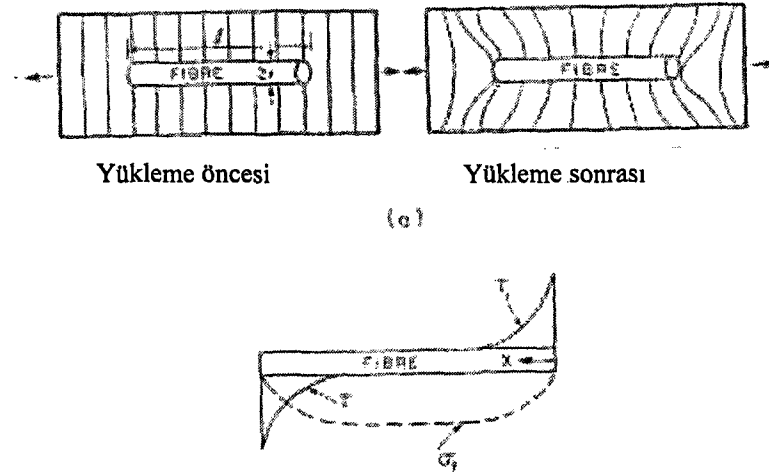
- maksimum agrega boyutu,

(3) örneğin -boyutları,

- geometrisi,
- hazırlama metodu (Bentur, Mindness,1990).

Lifli betonda yük iki faz tarafından taşınmaktadır. Çekme gerilmelerini karşılayan ve süreksiz dağılım fazı olarak adlandırılan lif fazına, yükün sürekli fazı teşkil eden matris tarafından aktarıldığı kabul edilmektedir. Lifler belli boylarda olduğu zaman, lifte oluşacak gerilme sürekli haldekinden daha küçüktür. Çünkü bu gerilme lif ile matris arasındaki aderanstan aktarılan kuvvetten meydana gelmektedir. Diğer taraftan, liflerin süreksiz dağılı olmalarının yanı sıra, kuvvet eksenini doğrultusuna paralel bulunmamaları halinde de etkinlikleri azalmaktadır (Ünal, 1994).

Şekil 3.14.'de yükleme öncesi ve sonrası lif ve matris arasındaki gerilme dağılımları çizilmiştir.



Şekil 3.14. Yükleme öncesinde ve sonrasında lif-matris etkileşimi

Çelik lifli beton basınç düktilitesi gösterir. Yani taşıma gücüne eriştiği halde yük taşıma özelliği vardır. Ayrıca kesme, burulma ve yorulmaya karşı mukavemeti fazladır. Çatılma, dökülme, parçalanma ve dağılmalar azdır. Basınç mukavemetinde de belirli bir artış görülür. Çekme mukavemetinde ise normal betona göre oldukça önemli artışlar gözlenir (Arslan, 1993).

Betonun çekme ve basınç mukavemetinin yanında kırılma enerjisi de oldukça önemli bir malzeme parametresidir. Çelik lifli beton özellikle ilk kırılma yükünden sonra oldukça yüksek bir düktilite gösterir. Bu nedenle lif oranı arttıkça kırılma enerjisi de artış kaydetmektedir. Çelik lifli betonların bu tür özelliklerini ortaya koymak üzere literatürde birçok ampirik tanımlama yapılmıştır. Bunlardan kesme ve burulma elemanlarının da kullanımı oldukça avantajlı görünmektedir. Özellikle yüksek kirişlerde betonarme silolarda ve deprem perdelerinde kullanımı çok anlamlı olmaktadır. Çelik lifli beton dinamik yükleme ve şekil değiştirmelere karşı oldukça üstün bir teknik avantaj sağlamaktadır. Titreşimli makine temellerinin yapımında ve deprem etkisi altında bulunan yapılarda asal donatılar ile birlikte çok başarılı bir şekilde kullanılabilir.

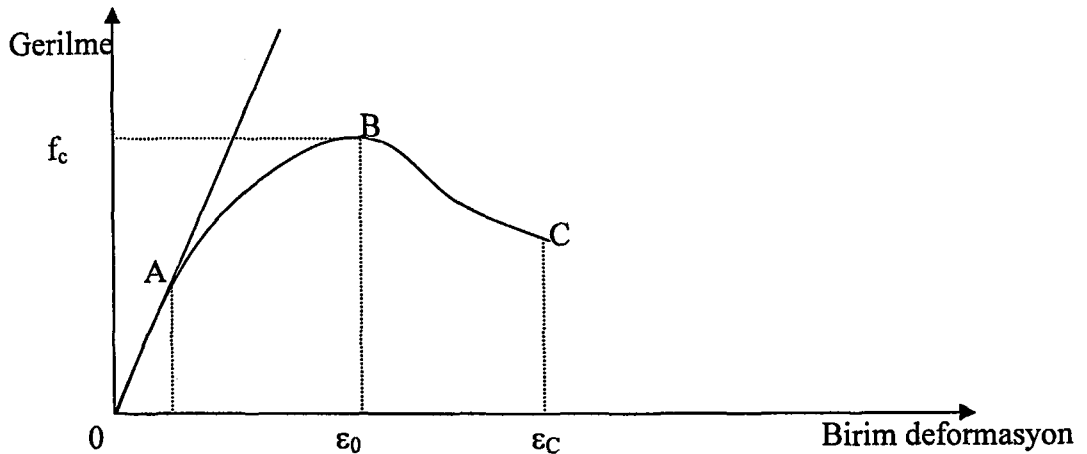
3.3.1. Elastisite Modülü, Sünme ve Kuruma Büzülmesi

Beton içerisine çelik liflerin dahil edilmesinin elastisite modülüne, kuruma büzülmesine ve basınç sünmesine çok az etkisi vardır. Çekme sünmesi biraz azalır ama dayanımı yüksek karbon lifler kullanıldığında eğilme sünmesi epey azalır. Bununla birlikte çoğu çalışmada lifler, küçük hacimleri nedeniyle kompozitin boyutsal stabilitesi üzerinde fazla etki yapmadan matriste rijit eklentiler olarak görev alırlar (Mehta, Monteiro, 1997).

3.3.2. Normal Betonun Yük Altındaki Davranışı

Betonun gerilme-deformasyon eğrisinin kuyruk kısmı ya da gerilme-deformasyon eğrisi altında kalan alan ihmal edilemeyecek kadar önemlidir. Bu davranış sayesinde betonarme bir elemanda maksimum gerilmeye ulaşan bir lif, artan birim kısalma ile gerilmeleri başka liflere aktarabilir. Bu durumda en fazla zorlanan dış lifteki ezilme, maksimum gerilmeye karşı olan ϵ_0 birim kısalmasında değil ϵ_c 'de oluşacaktır. Betonda, σ - ϵ eğrisinin kuyruk bölümünün varolması nedeni ile fazla zorlanan liflerin daha az zorlanan liflere gerilme aktarabilme özelliği gerilme uyumu (gerilmelerin yeniden dağılımı-redistribution) olarak adlandırılır (Baradan, 2000).

$$\sigma_1 = \frac{P_1}{A} \quad \epsilon = \frac{\sigma}{E} \quad \epsilon = \frac{l_0 - l_1}{l_0}$$



Şekil 3.15. Normal betonun gerilme-birim deformasyon eğrisi

Şekil 3.15’de verilen normal betonun gerilme-birim deformasyon eğrisinin özellikleri şöyle sıralanabilir:

- OA arası doğrusal kabul edilir. Bu doğrunun eğimi elastisite modülüdür (E).
- A noktasından sonra eğri doğrusallıktan sapar ve bir maksimuma ulaşır. B noktasının ordinatı basınç mukavemetini, apsisi betonun mukavemetini kaybetmeden yapabileceği maksimum birim kısalmayı ifade eder.
- B noktasından sonra artan deformasyonlara karşılık gerilmeler ani ve hızla azalır.

Normal betonun gerilme-birim deformasyon eğrisini tanımlamak üzere literatürde farklı denklemler verilmiştir. Bunlardan ilki kolay uygulanabilen ve $\epsilon < \epsilon_0$ değerleri için geçerli olan Voellmy formülüdür.

$$f = f_c \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \left(2 - \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \right)$$

Bir diğer formül deney verilerine daha iyi uyum sağlayan Smith ve Young tarafından önerilen

$$f = f_c \frac{\epsilon}{\epsilon_0} e^{\left(1 - \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \right)} \quad \text{bağıntısıdır.}$$

Betona P kadar bir yük uygulandığında $\delta\epsilon$ deformasyonunun oluşabilmesi için meydana gelen işe deformasyon işi denir ve $(P \times \epsilon)$ diye anılır. Deformasyonun $\Delta\epsilon$ gibi bir değer alması halinde yapılan deformasyon işi

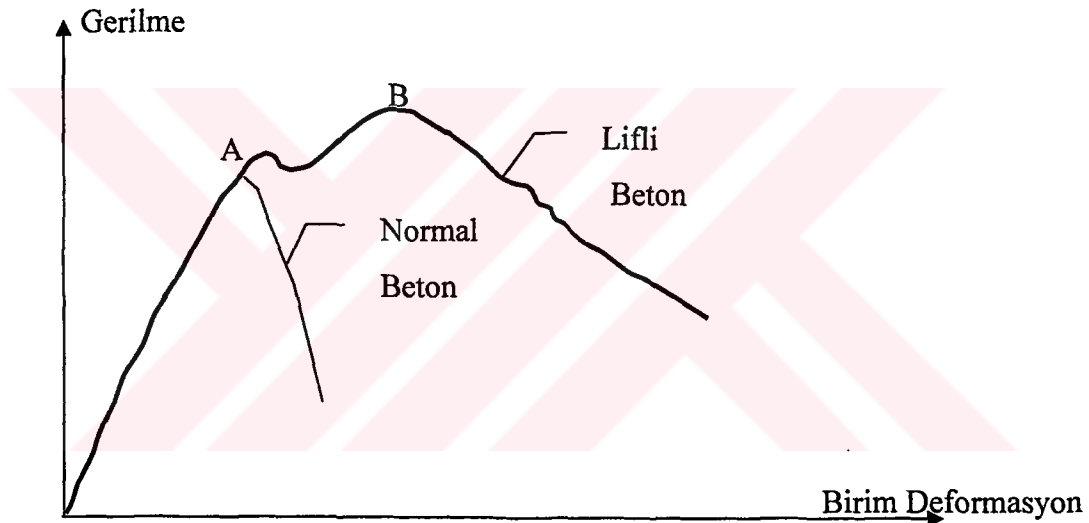
$$W = \int_0^{\Delta\epsilon} P * \delta\epsilon \quad \text{ile ifade edilir.}$$

Bu aynı zamanda gerilme-deformasyon eğrisi altındaki alanı tanımlar. Bu alan deformasyon sırasında yapılan iş için harcanan enerjiyi ya da enerji yutabilme kapasitesini (tokluğunu) gösterir.

Çelik liflerle, betonda kullanılan çeliğin (donatı) hiçbir zaman birbirine karıştırılmaması gerekir. Statik hesaplarda çelik lifler eğilme momentini alan çubuk ya da hasır donatı olarak görülmemelidir. Çelik liflerin görevi betonun yapısını değiştirerek plastik davranışa zorlamalarıdır.

3.3.3. Lifli Betonun Yük Altındaki Davranışı

Lifli betonun yük-deformasyon eğrisi, Şekil 3.16'da görüldüğü gibi, A noktasına kadar yaklaşık doğrusaldır. Bu noktadan sonra eğri doğrusallıktan sapar ve maksimum yükün taşındığı B noktasına ulaşır. A noktası veya bu noktaya karşı gelen gerilme “ilk çatlama kuvveti”, “elastik limit”, orantılı limit” olarak adlandırılır. B noktası “nihai dayanım” olarak tanımlanır. Bu değerler (ilk çatlama kuvveti, nihai dayanım) ve yükün B noktasından sonraki azalma hızı, liflerin miktarına, uzunluk/çap oranına, beton içindeki yönelimine ve liflerin mekanik özelliklerine bağlıdır.



Şekil 3.16. Lifli betonun yük deformasyon eğrisi

Lifli betonda, maksimum yükten sonra yükün azalma hızı oldukça düşüktür. Bu 3-4 mm deformasyona kadar maksimum yükün %70-80'i arasındadır. Normal betonda kırılma sonrası yük azalma hızı çok yüksek ve deformasyon çok düşük olmasına karşın, lifli betonda çatlama sonrası yükün daha da arttığı görülür. Bunun nedeni kullanılan liflerin çekme dayanımının betonunkinden daha yüksek olmasıyla ilgilidir.

Lifli beton maksimum yükte kırıldıktan sonra, yük kısa bir aralıkta ani olarak düşer. Bu düşme matrisin dağılmasıyla ilgilidir. Daha sonra matris üzerinden boşalan

gerilme çelik lifler tarafından karşılanır. Yani matrizen liflere bir gerilme transferi söz konusudur. Liflerin çekme dayanımları yüksek olduğundan gerilme taşıma kapasiteleri daha fazla olup, yük altında sünek davranış gösterirler.

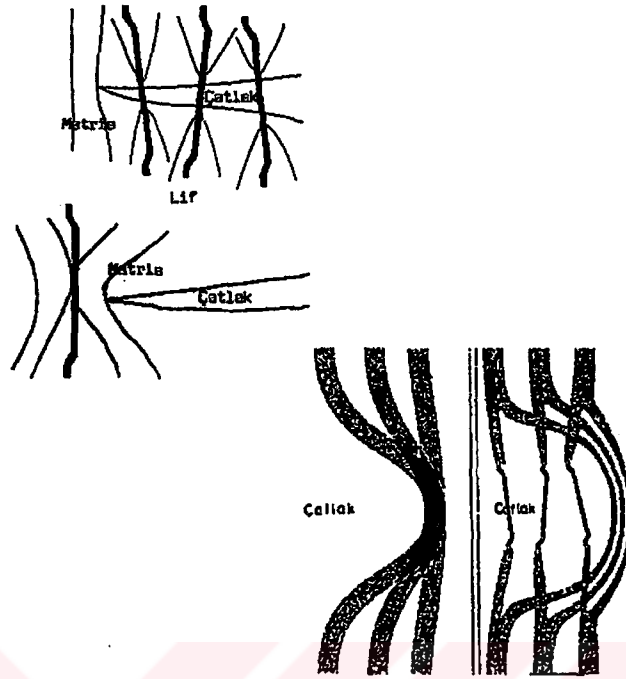
Maksimum yükten sonra liflerin matrizen ayrılması ve uzamaları nedeniyle emilen enerji ya da meydana gelen deformasyon işi oldukça büyüktür. Bu durum yük-deformasyon eğrisi altında kalan alanların karşılaştırılması ile görülebilir.

Beton içindeki çelik lifler, yüksek çekme dayanımları ve beton matrisle aralarındaki aderans nedeni ile yük eksenine dik olan liflerin yanal deformasyonları azaltmaları sonucu betonun tokluğunu artırırlar.

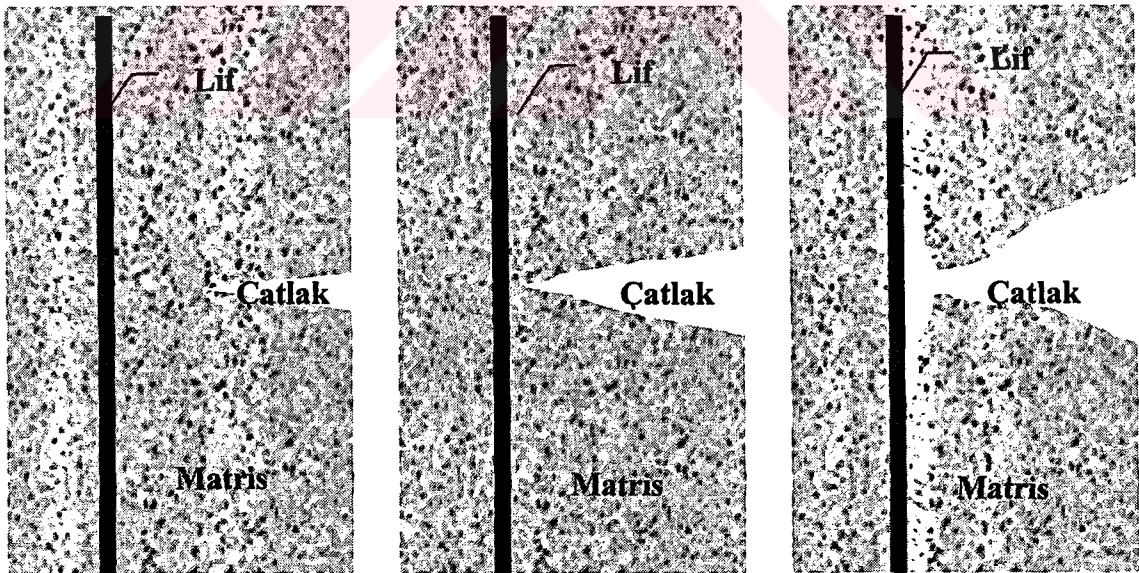
3.3.4. Çatlak Yayılması-Yük Transferi

Betonun taşıma özelliği ve birim boy değişimi çekme kuvvetlerine karşı oldukça küçüktür. Betona karıştırılan liflerin yapısı onun çekme özelliğine karşı açıkça görülebilen bir düzeltme ve kullanım özelliği sağlar. Özellikle çelik liflerin betona belli bir oranda karıştırılması ile elde edilen yeni betonun çekme dayanımının yanında birçok mühendislik özelliklerinde de iyileşmeler gözlenmiştir. Çelik lifler basınç ve çekme kuvvetlerinin etkisi altında liflerin çekme mukavemeti tam olarak kullanılmadan önce beton matrisinde çok sayıda kılcal çatlakların meydana gelmesini önlemektedir (Arslan, 1993).

Lifli betonda değişik nedenler ya da değişik gerilmelerle meydana gelmiş çatlaklardan her biri çatlak ucuna yakın bir yerdeki bir lif ile takviye edilmiştir. Betonda lif bulunmaması durumunda, betona herhangi bir gerilme uygulandığında meydana gelen mikro çatlaklar gerilmenin artması ile birlikte çeşitli yönlere yayılarak belli bir gerilme değerinde betonu parçalar.



Şekil 3.17. Çelik lifli betonlarda liflerin çatlak sonlarını takviye etmesi sonucu çatlak yayılmasının durdurulması



Şekil 3.18. Çelik liflerle güçlendirilmiş betonlarda lifler aracılığıyla gerilmenin dağıtılması

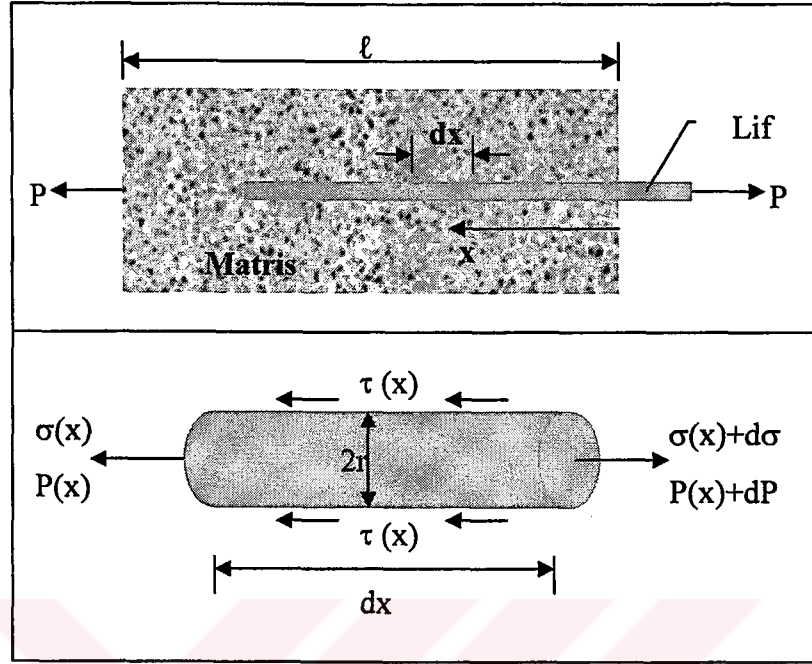
Lifli beton kompozitlerde ilk çatlağın oluşmasından sonra çimento hamuru fazından çelik liflere doğru bir gerilme transferi meydana gelir. Bunun sonucunda beton içindeki lifler gerilmelerin bir kısmını kendi üzerinde taşıdıkları gibi bir kısmını da matrisin sağlam bölgelerine yayarlar.



Şekil 3.19. Bir tek çelik lifin kompozitteki konumu ve lifli betonun çatlak mekanizması

Lifsiz betonda başlangıçta meydana gelen bir çatlağın yayılması için gereken enerji düşüktür ve genellikle böyle bir çatlağın başlatılması için gereken enerjinin yaklaşık yarısı kadardır. Lifli betonda gerilme transferi sebebiyle çatlağın yayılması için daha fazla enerji gerekir. Bu enerjinin bulunması durumunda bile bu enerjinin büyük bir bölümü lifler tarafından taşınır ve bu taşıma liflerin çimento hamuru matrisinden çekilip sıyrılması için gerekli enerji seviyesine kadar devam eder. Bu enerjinin sağlanması için çok büyük bir kuvvet gereklidir. Nihai yüke ulaştıktan (beton kırıldıktan) sonra bile çelik lifler, kırılan beton parçalarını bir arada tutmaya devam ederek nihai yükten bir miktar daha fazlasını da taşımaya devam ederler.

Şekil 3.20'de tek lifin taşıyacağı yük için bir hesap modeli verilmiştir.



Şekil 3.20. Lif-matris etkileşiminin simülasyonu

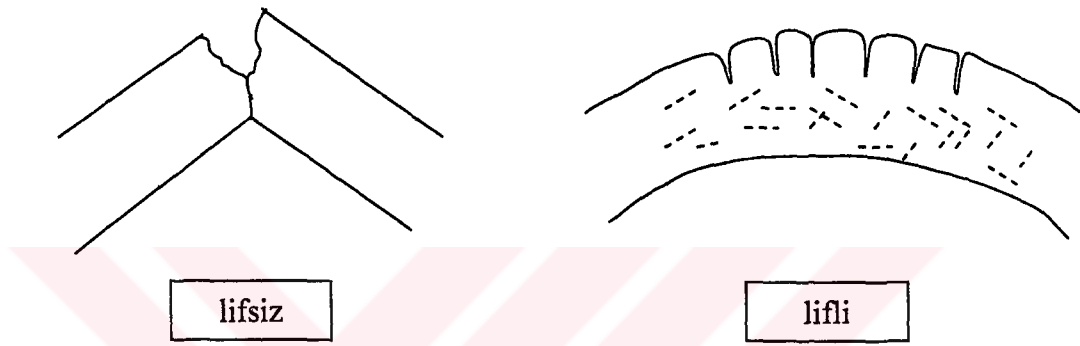
Zielinski ve Reinhardt (1982) çalışmalarında Split-Hopkinson Bar deney düzeneğinde mikro betondan imal edilen kiriş ve küp numuneler kullanmışlardır. Normalde, betonun çekme dayanımının ihmal edildiğini belirterek, betonda çatlamanın ve kayma kuvvetleri nedeni ile lif ve donatıların kenetlenme özelliklerinin çekme dayanımını etkilediğini vurgulamışlardır. Yükleme hızının yavaş olduğu deneylerde, çatlağın daha az enerji gerekerek izleyebileceği zayıf noktaları bularak kendine yol çizdiğini, bu nedenle genelde agrega etrafından dolaşan matris içinde çatlaklar oluştuğunu ifade etmişlerdir.

3.3.5. Enerji Emme Kapasitesi (Tokluk – Toughness)

Betonun eğilme yükleri altında enerji absorblaması olarak tanımlanabilir. İlk olarak ACI' dan Henager ortaya koymuş, Johnston standart haline getirmiştir. Enerji yutabilme kapasitesi ile ilgili olarak yürürlükte olan bazı standartlar şunlardır:

ASTM C 1018 JCI SF4 JSCE SF4 TS 10515

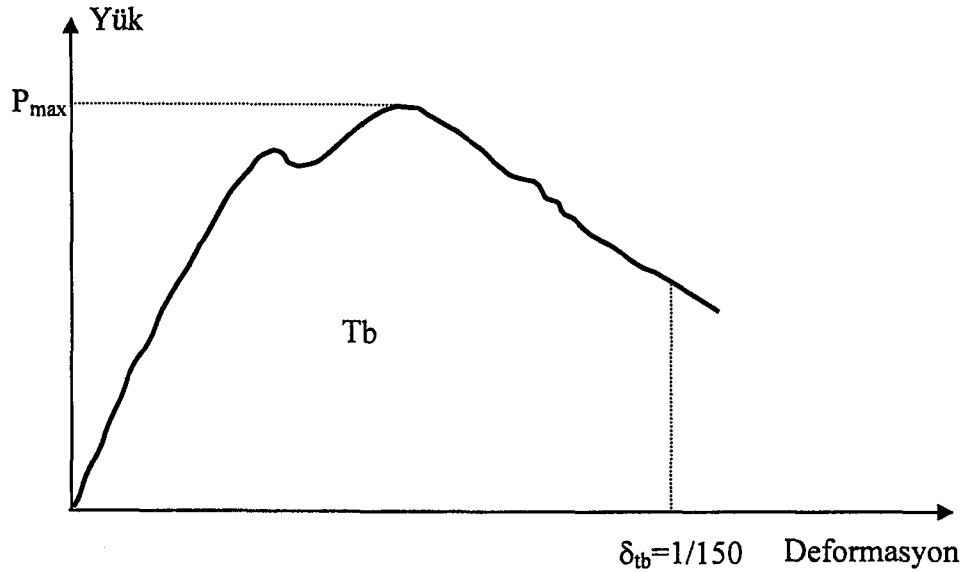
Enerji yutabilme kapasitesinin yüksek olması, gerek statik gerekse dinamik yüklemelerde betonun eğilme kuvvetleri altındaki deformasyonu sırasında yapılan işi artırarak betona aynı gerilme ölçeğinde daha yüksek deformasyon yapabilme yeteneği kazandırır. Şekil 3.21.'de gösterildiği gibi normal betonlar gerilme altında sınırlı miktarda deformasyon yapabilir. Yük artımı sonucunda sistem göçer. Lifler ise çatlakları sınırlı mertebede tutup gerilme transferi ile betona daha yüksek deformasyon yapma yeteneği sağlarlar.



Şekil 3.21. Lifli betonlar lifsiz betonlara göre deformasyonlarının kıyaslanması

Lifli kompozitlerde tokluk daha çok eşdeğer çekme dayanımı (eğilmedeki tokluk, F_e) olarak değerlendirilir. Eşdeğer çekme dayanımı betonun çatlama sırasındaki gerilmesidir. Lifli betonun tokluğunu açıklamada eşdeğer çekme dayanımı, maksimum çekme dayanımı veya ruptüre modülü olarak adlandırılan kırılma anındaki çekme gerilmesini gösteren kavramdan daha anlamlıdır.

Lifli betonlarda maksimum yükten sonra betonun hala taşıma işlevini sürdürmesi sonucu, malzemenin tokluğu değerlendirilirken deney numunesinin belli bir aralığına kadar olan deformasyon boyutu da işin içine katılıp değerlendirme yapılırsa lifli betonun yük altındaki davranışı daha iyi açıklanmış olur. Şekil 3.22'de çelik lifli betonun tipik bir yük-deformasyon eğrisi görülmektedir.



Şekil 3.22 Çelik lifli betona ait tipik bir yük-deformasyon eğrisi

Maksimum çekme dayanımı (f_u) ve rapture modülü (R_u) nihai yük P_{max} 'tan, eşdeğer çekme dayanımı, yük-deformasyon eğrisi altında kalan (T_b) alanının hesabı ile bulunur.

Şekildeki yük deformasyon eğrisi altında kalan alan;

- deney numunesi boyutlarından,
- deney düzeneği yükleme tipinden,
- yükleme hızından etkilenir.

Dolayısıyla elastik şekil değiştirme indeksleri (I_5, I_{10}, \dots) ve çekme dayanımı kriterleri (F_u, R_u, F_e) standartlarda tanımlanmış prosedürler kullanıldığında geçerlidir.

Yük-Deformasyon eğrisi grafiğinde eğilme kriterleri şu şekilde hesaplanır:

$$F_e = (T_b / t_b) \cdot (1 / b \cdot h^2)$$

$$F_u (R_u) = P_{max} \cdot 1 / (b \cdot h^2)$$

Burada:

F_e : eşdeğer çekme dayanımı (N/mm^2)

F_u (R_u): maksimum çekme dayanımı (Rapture modülü) (N/mm^2)

P_{max} : maksimum yük (N)

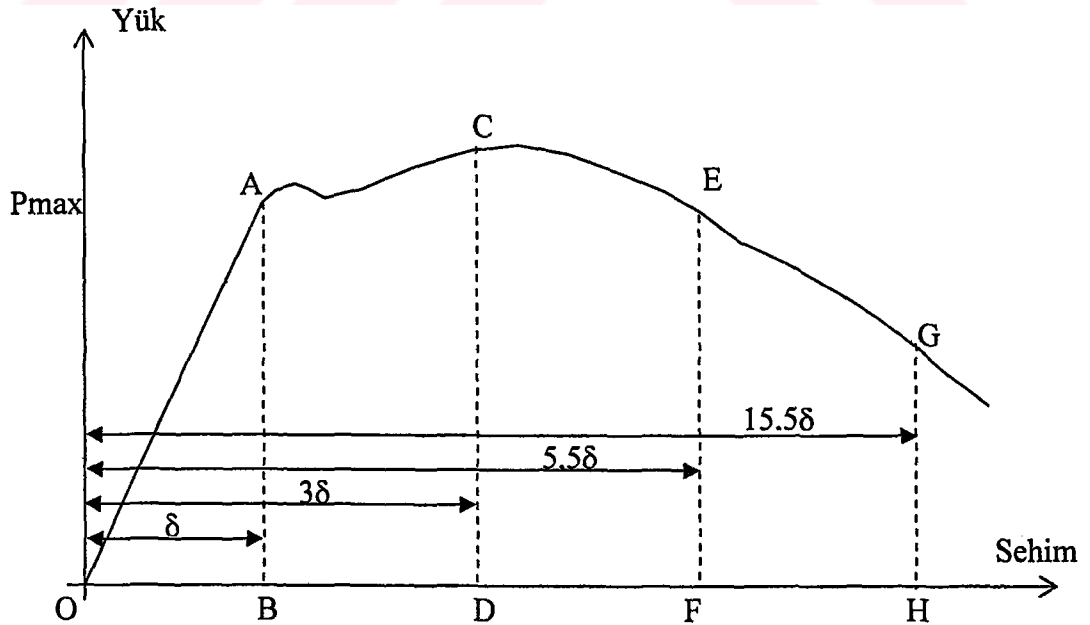
T_b : 3 mmlik eğilme deformasyonuna (sehim) kadar yük-deformasyon eğrisi altında kalan alanın oluşması için harcanan enerji (N.mm)

δ_{tb} : sehim, 3mm [150x150x500 mmlik numunede mesnetler arası açıklığın (450 mm) 1/150 ölçüsündeki deformasyonu]

l : mesnet açıklığı (mm) b : kesit genişliği (mm) h : kesit yüksekliği (mm)
(DSİ, 1994)

3.3.6. Tokluk İndeksi

Çelik lifli betonların elastik-plastik davranışını açıklayabilmek için geliştirilmiş bir kavramdır. Numune özelliklerinden bağımsızdır. Yük-sehim eğrisinde ilk çatlak tokluğu OAB üçgeninin alanıdır. Tokluk indeksleri için gerekli alanlar Şekil 3.23.'ten görülebilir.



Şekil 3.23. Tokluk indekslerinin hesaplanması için çizilmiş yük-sehim eğrisi

İlk çatlak tokluğu= $P \cdot \delta / 2$

Numune ilk çatlak gerilmesindeki deformasyonun 3 katı sehime kadar yüklenir. OACD alanı bulunur. Bu alan ilk çatlak gerilmesi alanının 3 katıdır. Elastik şekil değiştirme indeksi ise:

$I_5 = OACD / OAB$ dir.

I_{10} ve I_{30} (TS10515'te I_{30} yerine kullanılan I_{20}) indeksleri ise ilk çatlak gerilmesinin 5,5 ve 15,5 (TS10515'e göre 10,5) katı kadar yapılan deformasyonlar sonucu bulunan alanların ilk çatlak alanına bölünmesi ile bulunur.

Buna göre;

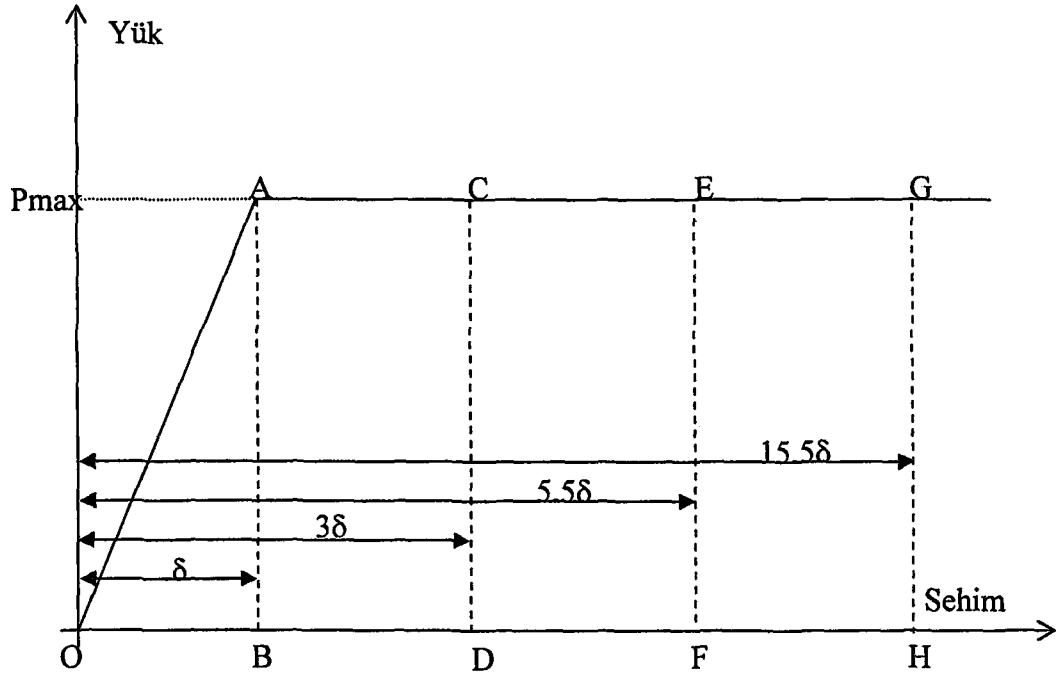
$I_{10} = OAEF / OAB$

$I_{30} (I_{20}) = OAGH / OAB$

I_5 , I_{10} , I_{30} (I_{20}) elastik şekil değiştirme indeksleri gerçek performansın kolay anlaşılabilirliğini ve referans betonla karşılaştırılmasını sağlar. Tokluk indeksleri ilk çatlak anına kadar doğrusal elastik davranışı daha sonra plastik davranışı açıklarlar.

$I_{10}/I_5 = 2$ için bu indekslere eşlik eden eğilmeler arasında mükemmel plastik hareketi (gerilme sabit, deformasyonlar artıyor), $I_{30}/I_{10} = 3$ için bu indekslere eşlik eden eğilmeler arasında mükemmel plastik hareketi (gerilme sabit, deformasyonlar artıyor), bu değerlerden küçük iseler düşük performansı ifade ederler.

Şekil 3.24.'te tokluk indekslerinin hesaplanması için şematize edilmiş gerilme-deformasyon grafiği görülmektedir. Bu grafikten hesap edilen alanlar gerçek gerilme-deformasyon eğrisinden hesap edilen alanlarla çok bir farklılık arz etmeyecektir.



Şekil 3.24. Tokluk indekslerinin hesaplanması için şematize edilmiş yük-sehim eğrisi alanları

Çelik lifli betonların normal betonlarla tokluk açısından kıyaslanabilmesi için Tablo 3.9.'da verilen kriterler kullanılabilir.

Tablo 3.9. Tokluk (elastik şekil değiştirme) indekslerinin değerlendirme kriterleri

Baz Alan	İndeks	Eğilme Kriteri	Lifsiz Beton	Elastik-Plastik Malzeme	Lifli Beton İçin Aralık
OACD	I5	3	1,0	5,0	1-6
OAEF	I10	5,5	1,0	10,0	1-12
OAGH	I20	15,5	1,0	20,0	1-25

Bu kriterlerin yanı sıra çelik lifli betonun tokluğunu değerlendirebilmek için TOKLUK FAKTÖRÜ (mukavemet farkı değeri) ampirik bağıntıları vardır:

ASTM C1018'de $R_{30/10} = 5$. (I 30 - I10)

TS 10515'de $R_{10/20} = 10$. (I 20 - I10)

Tokluk özelliği açısından şu değerlendirmeler yapılabilir:

- Lif geometrisi, uzunluk / çap oranı, lif hacmi, betonun tokluğunu doğrudan etkilemektedir.
- Çengelli liflerin kullanıldığı betonların tokluğu diğer lif tiplerinkinden daha yüksektir.
- Lif hacmi fraksiyonunun büyümesi ile tokluk artmaktadır.
- Lif görünüş oranı (l/d)'nın büyümesi ile toklukta az da olsa artış vardır.
- Büyük indekslerde (I20) lif hacmi fraksiyonunun büyümesi ile betonun tokluğundaki artış daha somut görülmektedir.
- Büyük indekslerde lif boyunun artması ile toklukta artış daha belirgindir.
- Lif içeriğinin artmasıyla tokluk da artmaktadır.
- Bazen I5 ve I10 yeterli olmayabilir. Bu durumda I 30'a da bakılmalıdır.
- 30 kg/m^3 lif içeriğinden sonra betonun tokluğundaki artış net izlenebilir.
- Aynı lif içeriğinde yüksek dayanımlı betonların tokluğu normal dayanımlı betonlara göre biraz daha azdır.

Gopalaratnam ve arkadaşları (1991) çalışmalarında genelde kullanılan tokluk ölçüm metotlarını tanıtmışlardır. Bu metotların hepsinde tokluğun yük-deformasyon grafiğinin altında kalan alan yardımıyla bulunduğunu bu nedenle tokluğun numune boyutu, yükleme düzeni (üç noktalı veya dört noktalı), yükleme hızı gibi parametrelere bağlı olduğunu vurguladılar. Tokluk hesaplanırken yukarıda verilen parametrelerin en azından bir kısmından bağımsız olarak tokluğun hesaplanabilmesi için önerilerde bulundular. 35-40 MPa basınç dayanımlarındaki çentikli ve çentiksiz beton kirişler için hacimce %0,5 ve 1,0 çelik lif, %0,1 ve 0,5 polipropilen lif kullanmışlardır. Deformasyon ölçümünde kullanılan metodun ilk çatlak deformasyonunu etkilediğini belirtmişlerdir.

3.3.7. Eğilmede Çekme Dayanımı (Flexural Strength)

İlgili standartlarda Rupture Modülü olarak tanımlanan bu özellik betonun yük-deformasyon eğrisi çizilirken maksimum yükte meydana gelen gerilmenin bulunması ile belirlenir.

Lifli betonların eğilme dayanımlarının, normal betonlara göre %50-100 arasında artış göstermesinin nedeni çelik liflerin yüksek çekme dayanımlarıdır. Matrisin ilk çatlağından sonra çatlak sonlarından liflere gerilme transferi sonucu yük bir miktar daha artar.

Eğilme dayanımı, lifli betonun diğer mekanik özellikleri gibi lif miktarından, lif geometrisinden, deney numunesi boyutlarından ve liflerin matris içerisindeki yönelimlerinden etkilenmektedir.

Lif donatılı sistemlerin ilk çatlak dayanımı ve sınır eğilme dayanımı kompozit malzeme yaklaşımı ile tahmin edilebilir:

$$\sigma_c = A \sigma_m (1 - V_f) + B V_f l / d$$

burada;

σ_c : kompozitin dayanımı

σ_m : matrisin dayanımı

V_f : lif hacim fraksiyonu

l/d : lif görünüm oranı

A, B: sabitlerdir.

Sheffield Üniversitesinde Swamy ve ekibi sabitlerin değerlerini bulmak için karşım oranları ve lif geometrisini çok geniş aralıklarında lifli çimento hamuru, harç ve beton incelemelerinden elde edilen verilerden regresyon analizi yapmıştır. Kompozitin ilk çatlak dayanımı için A ve B sırasıyla 0.843 ve 2.93, maksimum

dayanımı için 0.97 ve 3.41 olarak bulunmuştur. Regresyon analizinden bulunan korelasyon katsayısı 0.98 olarak rapor edilmiştir (Mehta, Monteiro, 1997).

Lifsiz betonlarda olduğu gibi çelik lifli betonların eğilme kuvvetleri altındaki çekme dayanımları ile direkt çekme dayanımları arasında doğrudan bir ilişki yoktur.

Tablo 3.10. Görünüm oranı artışının etkisi

Donatı tipi	Görünüm oranı	Rölatif dayanım	Rölatif tokluk
Görünüm oranı etkisi			
Normal beton	0	1,00	1,0
Rastgele	25	1,50	2,0
	50	1,60	8,0
Dağılı	75	1,70	10,5
Lifler	100	1,50	8,5
Donatı tipinin etkisi			
Geleneksel çekme çubuğu	-	3.15	-
Rastgele Dağılı Lifler	75	1.00	-

Yazarın yorumuna göre; bir noktaya kadar liflerin boyundaki artış, tokluk ve dayanımı arttırmaktadır. Dayanımdaki artış daha yumuşakken toklukta artış katlanarak ilerler. Geleneksel donatı ile lif donatının karşılaştırılması Tablo 3.10.'da verilmiştir. Çelik hacminin yüzdesi iki durum için de aynıdır (%1). Geleneksel donatı, 6 mm çaplı ve kirişin çekme yüzeyine 12 mm paspayı bırakılarak deforme edilmiş bir çubuktur. Geleneksel donatının lifli donatılı betonun üç katından daha fazla maksimum eğilme yükü verdiği görülebilir.

Eğilme dayanımı esas alındığında, betonun lif donatısının geleneksel donatının yerini tutamayacağı açıktır. Eğilme dayanımında liflerin hacminin etkisi ve 0.25x0.25x19 mm boyutlarında lifler içeren betonun tokluğunu gösteren eğriye göre lif hacmindeki artımın eğilme dayanımı ve tokluğu arttırdığı ortadadır. Şöyle ki; %1.25 lif hacmi için toklukta artış 20 kattır, dayanımdaki artış iki kattan daha azdır.

Swamy ve Mangat (1974) çelik liflerle yaptığı araştırmada, çelik liflerin eğilmede çekme dayanımı üzerine; çatlak gelişimine ve kompozit malzeme mekaniğine dayanan bir teori sundular. 10x10x50 cm'lik prizma deney numuneleri ile 25.4 mm'lik çelik liflerle yapılan deneylerle desteklenen bu teoriye göre, ilk çatlak lif sıyrılmasından meydana gelmekte ve nihai göçme liflerin sıyrılması ve yüzeysel kayma gerilmesinin maksimum kenetlenme dayanımına ulaşması ile olmaktadır.

Server (1977) çalışmasında, açıklığının genişliğine oranı 4 olan çelik kiriş numuneler için üç noktalı eğilme altında dinamik kırılma tokluğunun nasıl belirlendiğini ve bu sırada dikkat edilmesi gereken hususları vurgulamıştır.

Brandt (1982), 40 mm lik çelik liflerle güçlendirilmiş 50x50x300 mm'lik kirişler üzerinde yaptığı çalışmasında, değişen çentik derinlikleri için dört noktalı eğilme deneyi yaparak matriste yeni bir çatlak yüzeyi oluşumunu, liflerin matristen ayrılmasını, matristen çıkmasını, kaymasını matematiksel olarak izah ederek kırılma işinin hesabını yapmıştır.

3.3.8. Basınç Dayanımı

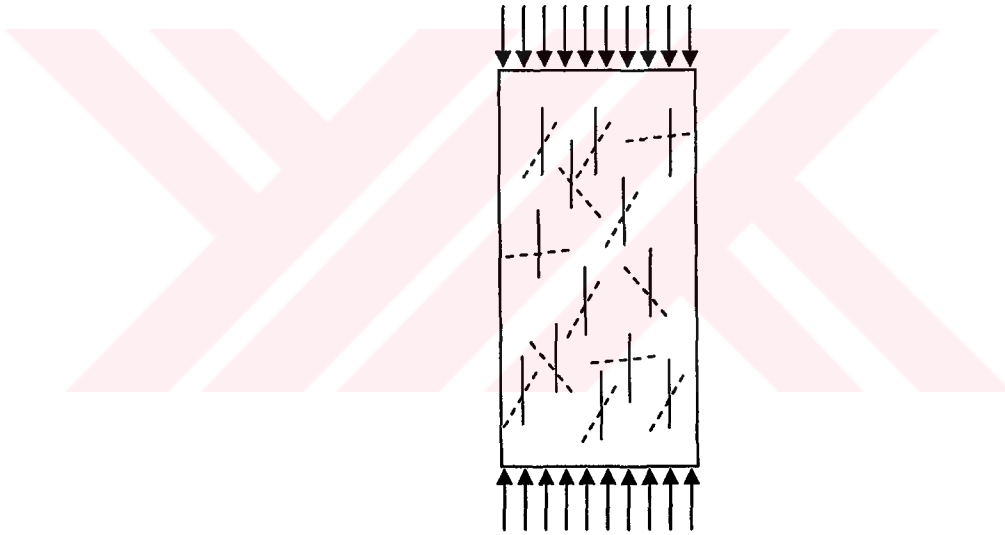
Çelik liflerle güçlendirilmiş betonlar üzerinde yapılan araştırmalara göre, lifler betonun basınç dayanımını her zaman olumlu etkilememekte, %25 mertebelerinde bir artış görülebileceği gibi bazen de bu mertebelerde bir dayanım kaybı ortaya çıkmaktadır.

Tokyay ve arkadaşları (1991) basınç altında yüksek dayanımlı betonların gerilme-birim deformasyon ilişkilerini şu şekilde yorumlamışlardır:

- Yüksek dayanımlı betonlarda gerilme-birim deformasyon ilişkisi normal betonlara göre maksimum dayanımın daha yüksek bir yüzdesine kadar doğrusal özellik göstermektedir. Agrega-çimento hamuru ara yüzeyindeki aderansın yüksek dayanımlı betonlarda daha iyi olması nedeniyle düşük yüklerde mikroçatlakların daha az miktarda olması bu doğrusal ilişkinin başlıca nedenidir.

- Yüksek dayanımlı betonlarda maksimum gerilmeye karşılık gelen birim deformasyon normal dayanımlı betonlara göre az bir miktar daha fazladır.
- Gerilme-birim deformasyon eğrisinin alçalan kısmının eğimi yüksek dayanımlı betonlarda daha diktir.
- Maksimum birim deformasyon yüksek dayanımlı betonlarda normal betonlara göre daha azdır.

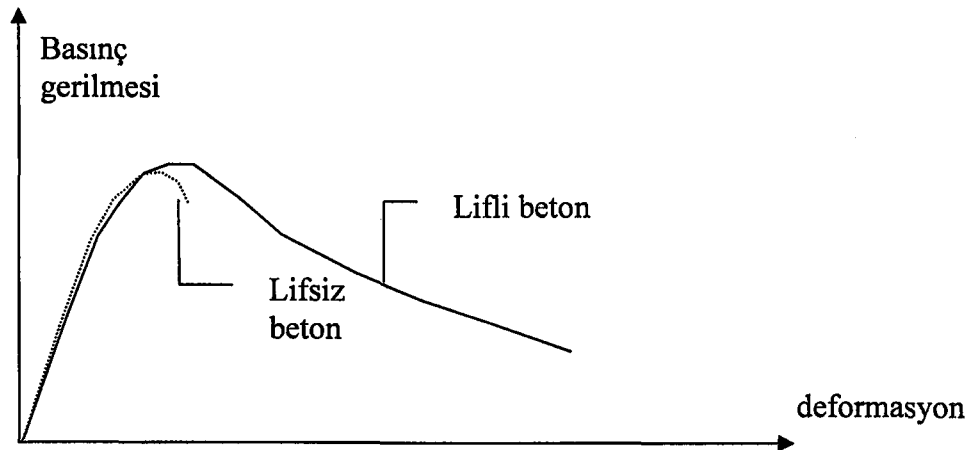
Son iki maddeden anlaşılacağı gibi yüksek dayanımlı betonlar basınç yükleri altında gevrek bir davranış gösterirler (Tokyay,Ramyar, Turanlı, 1991).



Şekil 3.25. Basınç dayanımını etkileyen lif yönlenmesi.

Şekil 3.25.'den de görüleceği üzere yükleme düzlemine dik olan lifler betonun basınç gerilmesinde herhangi bir işlev üstlenmezler. Kesikli çizgiler ile gösterilmiş olan lifler ise yükleme düzlemine paralellikleri ölçüsünde basınç gerilmesi artmasına duyarlıdırlar. Nihai yükte belirgin bir artış olmamasına karşın, lifli beton tek eksenli yükleme altında daha sünek davranabilmektedir. Hatta numune boyunun %10 kadar kısaldığı yüklemelerde bile, numune hala yük taşıyabilmekte ve parçalanmamaktadır.

Şekil 3.26.'da basınç gerilmesi altında normal ve lifli betonların deformasyon grafiği çizilmiştir.



Şekil 3.26. Basınç gerilmesi altında lifli ve lifsiz betonların karşılaştırılması

Betonda ilk çatlaklar maksimum gerilmeye ulaşmadan çok önce meydana gelmektedir. Bu durum gerilme-birim deformasyon eğrilerinin yükselen kısmındaki doğrusallıktan sapma noktasında gözlenmektedir. 7 günlük numunelerde ilk çatlağın oluşması maksimum gerilmenin %50'sine karşı gelen gerilmeler civarında iken 28 günlük numunelerde bu değer %75'e yükselmiştir. İlk çatlak oluşumu sırasındaki deformasyonlar kontrol ve çelik lifli numunelerde hemen hemen aynı olmakla birlikte polipropilen lifli numunelerde %10-20 civarında daha düşük değerler vermiştir. İlk çatlağın oluşumundan sonra artan gerilmeler maksimum gerilmeye kadar gelişen çatlakların birleşmesine, dolayısıyla numunenin rijitliğinin azalmasına neden olmaktadır. Ancak çelik lifli betonlarda yük eksenine dik olan lifler yanal deformasyonları, yüksek çekme dayanımları ve beton martrisle aralarında sürtünme ile oluşan aderans nedeniyle azalttıklarından tokluk artmaktadır. Ancak aynı durum polipropilen lif içeren betonlarda söz konusu değildir. Kontrol betonları ve polipropilen lifli betonlar yaklaşık aynı davranışları gösterirken, çelik lifli betonlarda yanal deformasyonlar daha düşüktür (Tokyay, Ramyar, Turanlı, 1991).

3.3.9. Kavitasyon Hasarları

Serbest yüzeyli fakat oldukça büyük akım hızlarının yer aldığı su yapılarında karşılaşılan sorunların en önemlilerinden biri kavitasyon ve bunun sebep olduğu hasarlardır. Kavitasyon, akım hızının ve düşüştün yüksek olduğu barajların dolusavak boşaltım kanallarında, akım içindeki basıncın buhar basıncına düşerek suyun buhar haline geçmesi ve akım içinde buhar kabarcıkları oluşturması olarak tanımlanır. Akımla birlikte sürüklenen buhar kabarcıkları daha büyük basınç bölgelerinde patlayarak yoğunlaşırlar. Bu yoğunlaşmada kabarcık çevresinde kinetik enerjiye sahip olan sıvı, kabarcık merkezine doğru hareket eder ve burada ani olarak durur. Bunun sonucu olarak sıvının sahip olduğu kinetik enerji çok kısa bir sürede basınç enerjisine dönüşür. Eğer bu durum akımı çevreleyen yapı yüzeyine yakın bölgelerde oluşursa yapıda hasar meydana gelir. Kavitasyonun ve bunun sonucu olarak patlamaların sürekli devam etmesi halinde kavitasyonun yer aldığı bölgenin hemen mansabında ortaya çıkan hasar giderek büyür ve yapının tahrip olmasına neden olur. Projeler hazırlanırken bu konuya dikkat etmek gerekir.

Kavitasyon hasarlarının oluşabileceği su yapılarında alınacak önlemler:

- derzlerin düzenli teşkil edilmesi,
 - dayanım arttırıcı önlemlerin alınması (beton dayanımını arttırma, çelik kaplama, epoksi kaplama),
 - işletme süreci içerisinde düzensizliklerin (akım hızlarının ani değişimi) giderilmesi
 - akış sırasında meydana gelen basınç şoklarının sönmülenmesi,
- olarak sıralanabilir.

Hasarı önlemek için, hasarın meydana geldiği malzemenin kalitesinin yükseltilmesi çözüm için önemli bir adımdır. Çeşitli nedenlerle kavitasyona maruz kalmış bu yapılarda eğer beton akım hızının yüksek olması nedeni ile ortaya çıkan çekme kuvvetlerine dayanamıyorsa hasar bölgelerinin onarılmasında daha güçlü, darbe dayanımı, çekme dayanımı ve tokluğu yüksek bir malzemeye ihtiyaç vardır. Bu nedenle oluşabilecek hasarlara karşı çelik lifler ile güçlendirilmiş betonlar su

yapılarında hasarın önlenmesi için alınan tedbirlerden biri olarak kullanılmaktadır. (DSİ, 1994)

3.3.10. Yorulma Dayanımı

Malzemeyi normal olarak kırmaya yetmeyen (elastik limitin altındaki) gerilmelerin, art arda çok kere uygulanması sonucunda meydana gelen ve sonunda malzemenin ani ve gevrek kırılmasına yol açan yorulma olayı da dinamik yüklemelerdeki kırılmanın başka bir örneğidir. Çelik lifli betonların yorulma dayanımı, lifsiz betonlara göre %50-100 arasında artmaktadır.

Lifsiz betonların yorulma mukavemeti limiti, genel olarak statik eğilme gerilmelerinin % 50'sidir. Betonla 30-40 kg/m³ lifli lavesi, bu limiti % 80'lere kadar çıkartmıştır. Çelik lifli betonlarda çatlak yayılmasının durdurulması ve oluşan çatlakların ilerlememesi gibi özellikler nedeni ile tekrarlı yükler altında kırılma engellenir veya en azından kırılma süreci geciktirilir.

Lifli betonda lif içeriği arttıkça yorulma dayanımı da artmaktadır. Özellikle tekrarlı yüklere maruz endüstriyel döşemeler ve plaklarda yorulma dayanımının artırılması oldukça önem kazanmaktadır.

Dayanım yönünden bakıldığında geleneksel olarak donatılandırılmış kirişlere lif katılmasıyla yorulma ömrünün arttığı, yorulma yüklemesi altında çatlak genişliğinin azaldığı görülür. Genelde, gerçekten lifli olarak dizayn edilmiş betonun alternatif yükleme kullanılmadığında $2 \cdot 10^6$ tekrarda statik dayanımın yaklaşık %90'ı, tam alternatif yükleme halinde yaklaşık %70 'i kadar yorulma dayanımı vardır (Mehta, Monteiro, 1997).

Evans (1974) çalışmasında, dinamik yükler altında yavaş çatlak gelişimi nedeni ile göçmeye maruz kalan malzemeleri, çatlak gelişim hızı ve gerilme şiddeti faktörüne bağlı olarak analiz etmiştir. Bu temeller üzerine oturmuş olan teorisini açıklayan Evans, bu tür bir analizin hem sabit şekil değiştirme dereceli sistemlerde

hem de sabit gerilme dereceli yükleme sistemlerinde göçmeye tamamıyla tanımladığını göstermiştir.

Wang ve arkadaşları (1996), havaalanları pistleri, kolon kiriş birleşim bölgeleri vb. yapı elemanları için tekrarlı dinamik yükler altında betonun davranışını temsil etmek üzere, bir defada düşü ağırlığının numuneyi kırması yerine göçmenin bir defada gerçekleşmediği küçük enerjilerin söz konusu olduğu tekrarlı deneyler gerçekleştirdiler. Tekrarlı darbe yüklemeleriyle yapılan deneylerin bir darbeye numunenin göçmesine sebebiyet veren deneylere nazaran farklılık gösterdiğini gördüler. Çalışmalarında 102x102x355 mm lik çelik ve polipropilen lifli numuneleri kullandılar. Tek bir darbeye kırılan numunelerde darbe kafasının uyguladığı yükün, daima eğilme yükünden, dolayısı ile eğilme enerjisinin toplam enerjiden az olduğunu gösterdiler. Toplam enerjinin eğilme enerjisinden farkını, numune içi enerjinin kırılan kiriş numunenin kırılan parçalarının kinetik enerjileri toplamı olduğunu belirttiler. Kirişin tamamen iki veya daha çok parçaya ayrılmadığı durumlarda eğilme enerjisinin darbe kafasının harcadığı enerjiye çok yakın olduğunu belirttiler. Polipropilen lifler katılarak hazırlanan numuneler, lifsiz numunelerle kıyaslandığında kırılma enerjisinde çok fazla bir artış olmadığını, hacimce %0,50 oranında katılan numunelerde bile artışın %21 mertebesinde kaldığını vurguladılar. Uygulanan maksimum yüklerin normal ve bu türden liflerin kullanıldığı numuneler için hemen hemen aynı olması nedeni ile büyük deformasyonların büyük kırılma enerjisine neden olduğunu, ancak bu tür liflerin köprü etkisinin çok önemli olmadığını gördüler. Dalgalı ve uç kısmı kancalı çelik liflerin %0,5-0,75 ve 1,50 oranlarında katılması suretiyle hazırlanan numunelerde kırılma enerjisinin, lif hacim fraksiyonunun artışıyla orantılı olarak arttığını, ancak bu artışın %0,25 ve 0,50 karışımları için lifsiz betonda çok da farksız olmadığını gösterdiler. Lif hacminin %0,50 den ve 0,75 e çıkmasıyla kırılma enerjisinde büyük bir sıçrama gözlediler. Çelik liflerin maksimum eğilme yükü üzerinde hafif bir etkisi olmakla beraber, çelik liflerin kırılma enerjisi üzerindeki büyük etkisinin %1,50 oranında katılması halinde kirişin maksimum eğilme deformasyonunun 0,4 mm den 3 mm gibi büyük bir değere çıkarması görüldüğünü ifade ettiler. %0,75 den daha fazla çelik lifli olarak hazırlanan numuneleri tek darbeye kırmak suretiyle yaptıkları deneylerde liflerin artık kırılarak

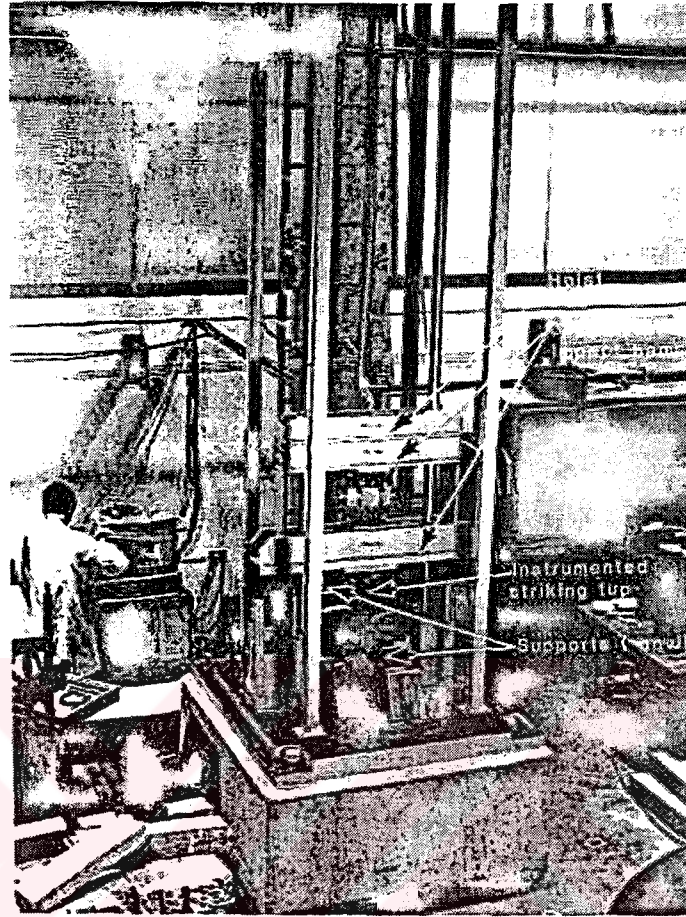
değil betonda ayrılarak (pull-out) numunenin göçtüğünü ve nadiren ana eğilme çatlağının yanında ikinci bir eğilme çatlağı gördüler. Lif hacmi fraksiyonundaki bu artışla kırılma enerjisinde meydana gelen büyük sıçramayı kırılma sürecindeki farklılıkla ilişkilendirdiler. Daha düşük lif hacmi fraksiyonlarında ortalama deformasyonun 0,80 mm olduğunu ve göçme olayının 0,10 ms içinde gerçekleştiğini gördüler. Daha büyük lif hacmi fraksiyonlarında deformasyon 4-5mm ye varırken göçme süresi 5ms üzerine çıktığını ifade ettiler. Belirli bir çelik lif hacminden sonra lif hacmindeki artışın kırılma enerjisi üzerinde artık küçük bir artış sağladığını gördüler. Bu kritik lif hacminin üzerindeki değerlerde artık liflerin kayarak çıkması şeklindeki göçme tipinin hakim olduğunu vurguladılar.

3.3.11. Darbe Dayanımı

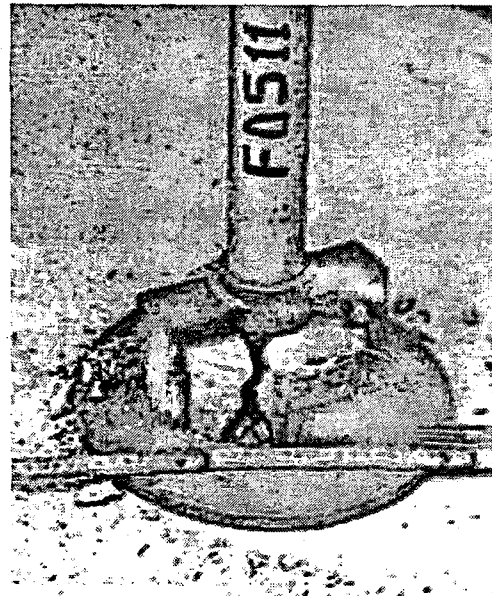
Betonun ani olarak dinamik bir kuvvetle yüklendiğindeki dayanımı, çelik lifli betonda önemli derecede (%100-1200 arasında) bir performans artışı gösterir. Lifli betonlarda lifler matris üzerine gelen dinamik yükleri kendi üzerlerine alarak matrisin çarpma mukavemetinden daha yüksek bir çarpma mukavemeti sağlarlar.

ACI lifli betonlar için değişik darbe (çarpma) dayanımı deneylerinden ikisini önermektedir. Birincisi lifli beton üzerinde çelik bir bilyanın defalarca düşürülmesi esasına dayanan Drop-weight (ağırlık düşürme) deneyi olup, diğeri ise bir aletin çarpması yardımı ile yapılan darbe dayanımı deneyleridir.

Drop-weight deneyi pratik bir deneydir. Bu deneyde ilk çatlak anındaki darbe sayısı ve malzemenin kırılma esnasındaki darbe sayısı referans betona göre yorumlanır. Ortalama bir lif dozajında (yaklaşık 30 kg/m³) çelik lifli betonun darbe direnci lifsiz betona kıyasla 10 ila 20 kat daha yüksektir.



Şekil 3.27. Çarpma darbe deneyi sistemi



Şekil 3.28. Ağırlık düşürme darbe deneyinin yapılışı

Şiddetli darbeye maruz prekast beton elemanların geliştirilmesinde, efektif olması için naylon ve polipropilen gibi düşük modüllü lifler bulunmuştur. Johnston'a göre, 10mm agrega ve hacimce %0.5 40 mm boyunda polipropilen liflerin kullanımıyla kazık çakımı sırasında kırılma, önceden kullanılan çelik liflere göre %40 azalmıştır (Mehta, Monteiro, 1997).

Birkimer ve Lindemann (1971) yaptıkları çalışmada, darbe tesiri altında çelik lifli, lifsiz ve polyester betonlarının prizmatik ve silindirik numunelerle, dinamik çekme dayanımlarını kritik kırılma şekil değiştirme enerjisine bağlı olarak inceleyerek, çok kanallı osiloskop kullanarak, kırılma şekil değiştirmesi enerjisinin sabit olduğu kabulüne göre, kırılma şekil değiştirmesinin şekil değiştirme oranın küp kökü ile veya kırılma gerçekleşme süresinin tersinin kare kökü ile orantılı olarak değişmekte olduğunu gösterdiler. Ayrıca çalışmalarında, dinamik tesirler altında betonun parçalanması olayının yapılan deneyle ilişkisini belirttiler.

Raouf ve diğer araştırmacılar (1976), 25x25x210 mm'lik çelik, cam, polipropilen ve karbon lifli numuneler üzerinde yaptıkları patlayıcı testlerinde, karbon lifli numunelerin darbe dayanımının düşük olduğunu belirtmektedirler. Fakat bu konudaki yetersiz deney sayısını da vurgulamaktadırlar. Ayrıca çelik liflerin numune içerisindeki dağılımını X-ray metoduyla inceleyerek, vibrasyondan sonra çelik liflerin rasgele şekillerinin bozulduğunu gözlemlemişlerdir. Çalışmalarında cam liflerin matris içinde daha üniform dağılması nedeni ile en yüksek çekme dayanımına sahip olduğu fakat alkali etkisine karşı dayanımının ise düşük olduğunu görmüşlerdir. Çalışmalarından elde ettikleri sonuçlar topluca aşağıdaki Tablo 3.11.'de görülmektedir.

Tablo 3.11. Lifli betonlarda patlayıcı testleri ve sonuçları

Örnek No	Matris Tipi	Lif Tipi	% Lif Hacmi	Çatlak Uzunluğu-mm				Notlar
				I1	I2	I3	I4	
1	GPÇ	Lifsiz	0	22	58	-	-	Her iki numunede de dağılma görüldü
2	GPÇ	Lifsiz	0	22	38	70	-	
3	GPÇ	PPR	1,71	26	-	-	-	Çatlaklar çok ince ve numune sağlam kaldı
4	GPÇ	PPR	1,71	22	65	-	-	
5	GPÇ	PPR	3,47	-	-	-	-	8 nolu sismik patlayıcılar kullanılmasına rağmen çatlaklar çok ince ve numune sağlam kaldı
6	GPÇ	PPR	3,47	-	-	-	-	
7	GPÇ	Çelik	1,39	24*	54*	82	-	Çatlaklar çok ince ve numune sağlam kaldı
8	GPÇ	Çelik	1,39	24	39	64	120*	
9	GPÇ	Çelik	2,78	20*	35*	50*	80*	Çatlaklar çok ince ve numune sağlam kaldı
10	GPÇ	Çelik	2,78	22*	56	108*	-	
11	GPÇ	Karbon	0,79	25	75	-	-	Her iki numune de de dağılma oldu
12	GPÇ	Karbon	0,79	25	80	100	-	
13	GPÇ	Karbon	1,57	58	110	-	-	Numuneler kırıldı, fakat tek parça olarak kaldı
14	GPÇ	Karbon	1,57	67	127	-	-	
15	AÇ	Lifsiz	0	30	58	100	-	Numune dağıldı
16	AÇ	Cam	1,12	-	-	-	-	Görünür çatlak yok, bütün numuneler sağlam kaldı
17	AÇ	Cam	1,12	-	-	-	-	
18	AÇ	Cam	2,24	-	-	-	-	
19	AÇ	Cam	2,24	-	-	-	-	

GPÇ: Geleneksel Portland Çimentosu

AÇ: Alüminli Çimento

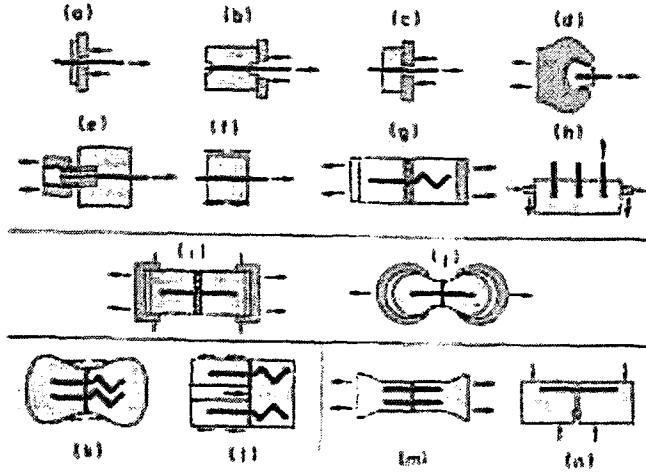
PPR: Polipropilen

Arone (1977) çalışmasında, darbe deneylerinin mantığını anlatmaktadır. Deneyler esnasında ölçme sistemindeki güçlükler, fiziksel davranış vb. konuları ele alarak numune şekil ve boyutlarının nasıl olması gerektiğini açıklamıştır. Timoshenko yaklaşımına göre, deplasmanların dengesi teorisini kuran Arone, 8x10x40mm'lik çelik numuneler için Charpy deneylerini çentikli ve çentiksiz numuneler üzerinde gerçekleştirmiştir. Bu deneylerde, darbe kafası ve numunenin dinamik uygunluğu, kiriş numunenin vibrasyonu nedeniyle, elde edilen yük-zaman grafiğinin ilk osilasyonunun oldukça etkilenmekte olduğunu görmüştür. Ayrıca darbe deneylerinde kaydedilen yük ile kiriş açıklığının ortasında elde edilen moment arasında bir korelasyon mevcut olmadığını vurgulamıştır. Bu nedenle çalışmasında, söz konusu bu momenti elde edebilmek üzere bir prosedür vermiştir. Darbe deneylerinden elde edilen yük-zaman osilogramlarının iç gerilme, moment ve dinamik kırılma enerjisinin hesabında kullanılabileceğinin altını çizmiştir.

Bhargava ve Rehnström (1977), normal ve polimer çimento betonu ile polipropilen lifli ve lifsiz olarak imal edilmiş 100x200mm'lik silindir numuneler üzerinde, Hopkinson split bar deney düzeneği ile darbe dayanımı deneylerini gerçekleştirdi. Deneylerinde ortalama 28 günlük 30 MPa basınç dayanımına sahip betonlar üretti. Dinamik dayanımının statik deneylerde elde edilen dayanım değerinin yaklaşık %40-45 daha fazla olduğunu gördü. Numuneler kendi aralarında kıyaslandığında ise, polimer çimentolu betonların normal betona nazaran %30-35 daha yüksek dinamik dayanım gösterdiği ve daha yüksek enerji aktarma kapasitesine sahip olduğunu gördü. Ayrıca beton dayanımı ne olursa olsun dinamik yükler altında optimum bir gerilme aktarımı olmadığını belirterek, numunenin daha büyük darbelere maruz kalması durumunda aktarılan gerilme miktarında bir değişiklik olmadığını, ancak fazla enerjinin kırılma yoluyla dağıldığını ifade etti.

Gokoz ve Naaman (1981) çalışmalarında, lif çekip çıkarma deneyi için kullanılan özel bir deney sistemi tanıttılar. Değişik yükleme hızlarında çelik, polipropilen ve cam liflerin çimento harcı matrisinden çekip çıkarılması deneylerini gerçekleştirdiler. Şekil değiştirme miktarının kenetlenme üzerindeki etkilerinin lif tipi ile değişimini incelediler. Çelik ve cam liflerin çekip çıkarma enerjisinin çoğunlukla yükleme

hızından bağımsız olduğunu vurguladılar. Polipropilen liflerde ise yükleme hızının artışıyla çekip çıkarma enerjisinde büyük bir artış olduğunu ifade ettiler.



Şekil 3.29 Çeşitli düzeneklerde pull-out deneyleri

Zech ve Wittmann (1980), yüksek oranlarda yüklemelere ve karmaşık gerilmelere maruz kalan özel uygulamalarda kullanılan betonların özelliklerini vurguladı. Bütün malzemelerin mekanik özelliklerinin yükleme hızına bağlı olduğunu belirten Zech ve Wittmann, Mihashi ve Izumi'nin çalışmalarında kullandığı, betonun kırılmasını sıcaklık, numune boyutu ve yüklemeye bağlı olarak açıklayan stokastik teoriyi tanımladı. Bu teoriye göre, yükleme hızındaki artış beton dayanımındaki değişimleri artırır. Zech ve Wittmann çalışmalarında küp ve 20x20x200 mm'lik kiriş numuneler kullandılar. Çalışmalarında, beton dayanımı arttıkça betonun yükleme hızından daha az etkilendiğini ifade ederek bu sonucun Mihashi ve Izumi'nin teorisine uygun olduğunu vurguladılar.

Robins ve Calderwood (1978) çalışmalarında, çelik ve polipropilen lifli olarak imal edilen döşemeler üzerinde patlayıcı denemeleri yaptılar. Çalışmalarında 310x310x25 mm'lik döşemeler kullandılar. Polipropilen lifli döşemelerin patlama tesirinde daha az parçalandığını gördüler. Yüksek hızlı bir kamera yardımıyla çekilen filmde, liflerin daha çok çatlak önlemede etkin olduğunu gördüler. Ayrıca polipropilen lifler arasında da, 40-75 mm uzunlukları arasında olan liflerin 20 mm'lik liflere nazaran çatlak gelişimini önlemede daha etkili olduğunu gördüler.

Suaris ve Shah (1982), darbe testlerinde kullanılan gerek patlayıcı gerekse düşü ağırlıklı deney düzenekleri içinden herhangi birinin standart olarak kabul edilemeyeceğini belirttiler. Söz konusu bu deney düzeneklerinde, değişik numune boyutu ve geometrilerinde yapılan deneylerde elde edilen sonuçların, ancak kendi içinde kıyaslanabileceğini, dizayn maksadıyla malzeme özelliklerini belirlemede kullanılamayacağını vurguladılar. Çalışmalarında, düşü ağırlıklı darbe deney düzeneklerinde, darbe kafasında ölçülen yük ile kirişin karşı koyduğu yükün numune içi etkiler nedeni ile aynı olmadığını söylediler. Ayrıca numunede meydana gelecek iç osilasyonların kauçuk bir ped kullanmak suretiyle indirgenebileceğini belirttiler. Lifli betonlarda yaptıkları deneylerde, çelik lifli numunelerin lifsiz numunelere nazaran 20-100 kat daha fazla darbe dayanımı gösterdiğini, lif ile matris arasındaki kenetlenmenin şekil değiştirme derecesinden hemen hemen bağımsız olduğunu ifade ettiler.

Suaris ve Shah (1983) çelik, polipropilen ve cam lifler kullanarak hazırladıkları 38x76x457 mm'lik kiriş numuneler üzerinde düşü ağırlıklı darbe deneyleri yaptılar. Dört noktalı deneylerde kullanılan kiriş numunelerin üç noktalı numunelere göre, darbe deneyinde daha fazla şekil değiştirme hassasiyetli olduklarını gördüler. Değişik şekil değiştirme hızları için yaptıkları darbe deneylerinde, şekil değişimi derecesinin artışının non-lineeriteyi artırdığını bu nedenle artan şekil değiştirme karşısında artış gösteren dayanımın izotropik olmadığını gözlemlediler.

Banthia (1987) çalışmasında, beton elemanlar için darbe dayanımının gerekliliğini sebepleriyle vurgulayarak, betonun darbe dayanımının göreceli olarak tespitinde kullanılmak üzere geliştirilen ağırlık düşü darbe deneyi cihazını tanıttı. Darbe yüklemeleri altında kiriş numunenin eğime yükünü ifade edebilmek üzere çeşitli modeller tanıttı. Söz konusu cihazı çentikli ve çentiksiz, lifsiz ve lifli, basınç dayanımı 60-80 MPa arasında olan beton kirişlerin darbe dayanımının tespitinde kullanarak geleneksel yöntemle güçlendirilmiş betonlarla kıyasladı. Çelik liflerle güçlendirilmiş betonların darbe dayanımının ve düktilitesinin önemli miktarlarda arttığını ve liflerin çatlak gelişim hızını yavaşlattığını vurguladı.

Arslan (1995), düşü ağırlıklı bir darbe dayanım test cihazı kullanarak çelik ve polipropilen lifli betonların karışık modda kırılma performanslarını modelleyebilecek bir numune geometrisi tanıttı. Deneylelerinde kullandığı düşü ağırlıklı darbe deney düzeneğinin malzemenin özelliklerini Charpy ve Izod testlerine göre daha iyi yansıttığı için daha sık kullandığını anlattı. Deney düzeneğinde, darbe kafasınca uygulanan potansiyel enerjinin darbe olayı ile tamamen numuneye kinetik enerji olarak geçtiğini varsayarak, normal ve çeşitli lif oranlarındaki betonların kırılma enerjilerini hesapladı. Lifli betonların çarpma etkisi altında, statik yüklemeye göre çok daha yüksek bir performans gösterdiğini ortaya koydu.

Banthia ve arkadaşları (1996), çelik lifli betonların darbe dayanımlarını inceledikleri çalışmalarında darbe dayanımlarında kullanılan pendulum tipindeki düşü ağırlıklı darbe deney düzeneğini tanıttılar. Darbe deneylerini 40-52-85 MPa basınç dayanımlarında 100x100x350 mm'lik kiriş numuneler üzerinde gerçekleştirdiler. Beton dayanımındaki artışın darbe anındaki yük-zaman grafiğinde iç gerilmeler nedeniyle oluşan ilk tepe noktasında değişim gözlenmezken, ikinci tepede artışlara sebep olduğunu gördüler. İlk tepe noktasından sonra iç gerilmeler ihmal edilebilmesi nedeni ile ikinci tepe noktasındaki bu artışın betonun basınç dayanımında meydana gelen artış sebebiyle çekme dayanımında meydana gelen artış olduğunu vurguladılar. Çalışmalarında, çeşitli geometrilerdeki liflerin katıldığı betonlarda kırılma enerjisi absorblama kapasitesindeki artışın matrisin statik basınç dayanımında meydana gelen artışla veya lif geometrisiyle ilgili olmadığını gördüler. Gerek statik gerekse dinamik deneylerde liflerin tokluk üzerindeki olumlu etkisindeki artışın matrisin statik basınç dayanımının artmasıyla azaldığını gördüler.

Banthia ve arkadaşları (1998), ızgaralı, hasır şeklinde dizayn edilmiş çelik, karbon, aramid ve cam liflerin hacimce %40-70 oranlarında betona katılması suretiyle hazırladıkları 600x600x75 mm'lik plaka numunelerinde darbe deneyleri gerçekleştirdiler. Plastik hasırlı numunelerin geleneksel çelik hasırlara nazaran daha gevrek yapıda olması nedeniyle, çelik hasırlı numunelerin absorblayabildiği enerjinin ancak 1/3'ü olduğunu gördüler. Plaka numunelerin yüksek basınç dayanımlı betonlardan imal edilmiş olması, yük taşıma kapasitesini arttırmazken enerji

absorblama kapasitesini arttırdığını vurguladılar. Ayrıca plastik hasırlarla güçlendirilmiş plakaların darbe dayanımında, maksimum yük taşıma kapasitesi olarak ve enerji absorblama kapasitesi olarak en büyük artışın plastik hasırlı plakanın lifli betonlarla imal edilmesiyle üretildiğini gördüler.

3.3.12. Düktilite

Betonun gerilme taşıma özelliği ve birim boy değişimi, çekme kuvvetlerine karşı oldukça küçüktür. Betona karıştırılan liflerin yapısı onun çekme özelliğine karşı açıkça görülebilen bir düzeltme ve kullanım özelliği sağlar. Özellikle çelik liflerin betona belli bir oranda karıştırılması ile elde edilen yeni betonun çekme dayanımının yanında birçok mühendislik özelliklerinde de iyileşmeler gözlenmiştir. Çelik lifler basınç ve çekme kuvvetlerinin etkisi altında liflerin çekme mukavemeti tam olarak kullanılmadan önce, beton matrisinde çok sayıda kılcal çatlakların meydana gelmesini önlemektedir.

Betonun çekme ve basınç mukavemetinin yanında kırılma enerjisi de oldukça önemli bir malzeme parametresidir. Çelik lifli beton özellikle ilk kırılma yükünden sonra oldukça yüksek bir düktilite gösterir. Bu nedenle lif oranı arttıkça kırılma enerjisi de artış kaydetmektedir. Çelik lifli betonların bu tür özelliklerini ortaya koymak üzere literatürde birçok ampirik tanımlama yapılmıştır. Bunlardan kesme ve burulma elemanlarının da kullanımı oldukça avantajlı görünmektedir. Özellikle, yüksek kirişlerde betonarme silolarda ve deprem perdelerinde kullanımı çok anlamlı olmaktadır.

Çelik lifli beton, dinamik yükleme ve şekil değiştirmelere karşı oldukça üstün bir teknik avantaj sağlamaktadır. Titreşimli makine temellerinin yapımında ve deprem etkisi altında bulunan yapılarda, asal donatılar ile birlikte çok başarılı bir şekilde kullanılabilir.

Statik hesaplar yapılırken, çelik lifler eğilme momentini alan hasır veya çubuk donatı gibi görülmemelidir. Çelik lifler betonun yapısını değiştiren, betonu plastik bir

davranışa iten malzemelerdir. Çelik lifli betonun özelliği, onun arttırılmış elastikiyet ve enerji yutma yeteneğidir. Yani, lifli betonlarda maksimum yükten sonra artan deformasyon sonucunda yükün azalma hızı normal betonlara göre çok daha yavaştır. Dolayısı ile meydana gelen şekil değiştirme işi lifli betonlarda oldukça büyüktür (Arslan, Aydın, 1999).

Shah ve Rangan (1971), rastgele olarak beton içerisine dağılmış farklı hacim, boy ve lif tipi için çelik liflerin lif güçlendirmesinin mekanizmasını pratikte kullanılan çelik çubuklarla güçlendirme arasındaki farkı çekme, basınç ve eğilme etkileri altında araştırdılar. Çalışmalarında, liflerle güçlendirilmiş betonlarda liflerin matriste çatlak oluşuktan sonraki etkinliğinin daha fazla olduğu, çatlama sonrası dayanımın ise lif uzunluğu, oryantasyonu ve gerilme şekil değiştirme özelliklerine bağlı olduğu sonucuna vardılar.

Mc Connel (1981), çalışmasında bir numuneye kesin olarak bilinen bir deformasyon yaptırdı. Yarım yük deformasyon eğrisinin integrasyonu ile, numune tarafından absorblanan enerjiyi elde etti. Elde ettiği bu değeri, yük zaman grafiğinden elde ettiği değerle kıyaslayarak doğruluğunu kıyasladı. Deneysel olarak yük zaman grafiğinden elde edilen verilerin yük deplasman grafiğinden elde edilen verilerle eşit olduğu sonucuna vardı.

Bartos (1981), çimento kökenli matrislerde, liflerin değişik tiplerinin kenetlenme karakteristiklerini değerlendirdi. Liflerle güçlendirilmiş betonlarda, lifle beton arasındaki kenetlenmeyi açıklayan teorileri özetleyerek, kenetlenmenin göçme üzerindeki tesirini grafiksel olarak ifade etti. Yüzeyler arasında kenetlenme ile ilgili olarak, gerilme transferinin tipine bağlı olarak çekme ve kayma kenetlenmesinin mevcut bulunduğu ve genelde bu iki kenetlenme tipinin de birbirleriyle ilgili olduğunu söz konusu kenetlenme tiplerinin mekanizmalarını açıklayarak anlattı. İlk çatlak oluşumunun ultrasonik yollarla tespitinin gerekliliğini vurgulayarak, ilk çatlak oluşumunun gerilme şekil değiştirme grafiğinde lineerliğinin bitiş noktası olarak kabul eden teoriyi açıkladı. İlk çatlak sonrası, kenetlenmenin kompozit malzemenin özelliklerini belirlemede önemini vurgulayarak, çatlama sonrası kenetlenmenin

görevinin özellikle liflerle güçlendirilmiş betonlarda değiştiğini belirtti. Kenetlenmenin tespiti için kullanılan direkt kenetlenme deneylerini tanıttı.

Arslan (1995), çelik ve polipropilen lifli betonların karışık modda kırılma performanslarını modelleyebilecek bir numune geometrisi tanıttı. Söz konusu numune geometrisinin en önemli özelliği aynı anda her üç kırılma modunun bir numune üzerinde izlenebilmesi olduğunu, böylece farklı bölgelerdeki dört kırılma yüzeyi oluşturması nedeni ile betonun heterojen yapısının daha iyi ifade edildiğini vurguladı. Deney düzeneğinde 28 gün ile 4-5 ay arasında değişen periyotlarda normal ve ağırlıkça %1-2 ve 3 çelik lif ve %0.1-0.2 ve 0.3 polipropilen lif oranlarındaki betonların basınç ve kayma dayanımlarını ve kırılma enerjilerini hesapladı. Lifli betonların çarpma etkisi altında, statik yüklemeye göre çok daha yüksek bir performans gösterdiğini, üniform bir yüklemenin sağlanması durumunda, bu numune geometrisinin hem lifli hem de geleneksel betonun karışık modda davranışını bütünüyle sergilediğini ortaya koydu.

Özyurt ve arkadaşları, ultra yüksek dayanımlı çimento esaslı kompozitler hakkında yaptıkları çalışmada kırılma enerjisi (G_F) nin hesabı için;

$$G_F = (W_0 + mg\delta_0) / A_{lig}$$

bağıntısını verdiler. Burada :

W_0 :Yük-sehim eğrisi altında kalan alan (Nm)

m :Kirişin mesnetler arasında kalan kendi ağırlığı (kg)

g :Yerçekimi ivmesi (m/s^2)

δ_0 :Kirişin göçme sırasındaki toplam sehim (m)

A_{lig} :Kirişin etkin kesit alanı (m^2) dır.

Bu formüle göre hesaplanmış kırılma enerjileri ve kompozitlerin diğer özellikleri kompozit türüne göre Tablo 3.12.'de verilmiştir.

Tablo 3.12. Normal beton, yüksek dayanımlı beton ve ultra yüksek dayanımlı çimento esaslı kompozitlerin (UYDÇK) mekanik özelliklerinin karşılaştırılması

Mekanik özellik	Normal beton	Yüksek dayanımlı beton	UYDÇK
Basınç Dayanımı (MPa)	20-60	60-120	200-800
Eğilme Dayanımı(MPa)	4-8	6-10	15-140
Kırılma Enerjisi(J/m ²)	110-120	120-130	1000-40000
Çekme Şekil Değiştirme Kapasitesi(10 ⁻⁶)	100-150	120-200	2000-8000
Elastisite Modülü(GPa)	20-35	35-45	60-75

Yaptıkları deneysel çalışmanın ardından Özyurt ve arkadaşlarının belirttiği sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- İncelenen yüksek dayanımlı çimento esaslı kompozitlerde çelik tel içeriğinin artması kırılma sırasında gevrek davranış sergileyen çimento hamuru veya harcın giderek daha tok, daha rijit ve daha sünek bir malzeme olmasını sağlamaktadır.
- Çelik tel içeriğinin artmasıyla özellikle yarma ve eğilme dayanımlarında büyük bir artış söz konusudur. Ayrıca göçme sırasında en büyük yüke karşı gelen şekil değiştirme kapasitelerinde de önemli artışlar olmaktadır. Buna karşılık basınç dayanımında ve elastisite modülündeki artışlar diğer mekanik özelliklerdeki artışlar kadar değildir.
- Aynı bir olgunluk derecesinin göz önüne alınmasına karşın sıcak su kürünün mekanik özelliklere etkisi standart kürün etkisinden daha önemlidir.
- Lif içeriğinin artmasının çatlak ağzı açılma deplasmanlarının da artmasına önemli katkısı vardır.

3.3.13. Tokluk Mekanizması

Normal beton ve lifli beton için yük-sehim eğrilerine göre, en büyük eğilme dayanımına karşılık gelen sehim aşıldığında normal beton aniden göçer, diğer taraftan lifli beton, normal betonun kırılma sehiminin aşıldığı büyük sehimlerde dikkate değer yüklerle devam eder. Kırılmış lifli beton örneklerinin incelenmesi gösterir ki kırılma ilk olarak liflerin sıyrılması veya kopması ile başlar. Normal

betona benzemediğinden lifli beton numunesi ilk çatlağın oluşmasından sonra hemen kırılmaz. Bu durum yük-sehim eğrisinin altında kalan alan olarak tanımlanan süneklikle ilgili olarak kırılma işindeki artımın etkisidir. Shah, lif donatılı kompozitlerin göçme mekanizmasını şöyle tanımlamıştır:

Eğer, liflerin ilk çatlamadaki sıyrılma direnci ilk çatlamadaki yükten daha yüksekse kompozit, matrisin ilk çatlağından sonra artan yükler taşıyacaktır; çatlamış bölgede matris hiçbir çekme kuvvetine karşı koymaz ve lifler kompozite gelen tüm yükü taşırlar. Kompozitteki yükün artmasıyla beraber lifler aderans gerilmeleri yüzünden matristeki ilave gerilmeleri transfer etmeye yönelirler. Eğer bu aderans gerilmeleri, aderans dayanımını aşmazsa matriste ek çatlamlar oluşabilir. Çatlamların bu süreci ya liflerin göçmesine ya da çoğalan lokal aderans azalmalarıyla lifin sıyrılmasına kadar devam eder.

Arslan ve Ulucan (1997), erken yaştaki beton elemanların davranışının karışım içerisine az miktarda çelik lif katılması ile iyileşmesini öngördüğü çalışmada, bu amaçla bir seri çelik lifli beton numuneler denedi. Dökümünden 24 saat sonra dört noktalı yükleme düzeneği ile hazırladığı model kirişler üzerinde yüke karşılık çatlak aralığı, genişliği ve sayısı hem normal hem de çelik lifli beton kirişler üzerinde kaydetti.

Çalışmalarında çelik liflerin betonun erken yaşlarında da çatlak yayılımını azalttığını gördüler. Elastisite modülü betonunkinden yüksek olan çelik liflerin betona katılması durumunda, betonun kırılma enerjisi gibi çeşitli malzeme parametrelerinde meydana gelmesi beklenen iyileşmeler bu çalışmada, ağırlıkça %1 çelik lif katılması halinde, deney sonuçlarından da izlenebilmektedir.

Ayrıca beton kırılmaya başladıktan sonra, yani lineer elastik kısım bittikten sonra söz konusu çelik liflerin çok daha etkin bir rol oynayarak kırılma enerjisini oldukça arttırdığını ve malzeme parametreleri üzerinde iyileştirici olduğunu görmüşlerdir. Tekrarlamalı yükler altında çatlak genişliklerini incelediklerinde ise çelik lifli betonlarda çatlak kapanma mertebesinin normal betonlara göre çok daha fazla

olduğunu, ancak yük artımına göre çatlak kapanma oranlarının hem lifli hem de normal betonda aynı olduğunu gördüler.

Bir diğer önemli davranış farkı da çatlak sayısının iki farklı beton numunede farklı olduğudur. Kırılma yüküne yakın yükleme durumunda normal betonda daha az sayıda çatlaklar gözlenirken lifli betonlarda daha çok sayıda oluşmaktadır. Lifli betonlarda kiriş altındaki açılmaların kiriş boyunca yayıldığı ve fazla oranlarda bölgesel açılmaların olmadığı gözlenmiştir. Arslan ve Ulucan şu genel sonuçlara ulaşmışlardır:

1. Yapılan yaklaşık ekonomik analizde erken yaştaki dayanımı arttırabilmek için prefabrik betonarme yapı elemanlarında liflerin kullanılması ısıtma ve priz hızlandırıcı kullanılmasına göre daha avantajlı görünmektedir.
2. Çelik lifler çatlak genişliklerini, çatlak sayısını ve kiriş deplasmanını önemli ölçüde azaltmaktadır.
3. Çelik lifler erken yaştaki betonarme kirişte yük tekrar kaldırıldığında çatlak genişliklerinin kapanma oranını arttırmaktadır.
4. Lif katılması ile betonarme kirişin eğilme etkisindeki erken yaş taşıma gücü arttırılabilmektedir. Bu durum da betonun çekme ve basınç dayanımında artışlar sağladığını göstermektedir.

Genellikle yapı uygulamalarında çelik lifli beton kullanıldığı zaman sadece kırılmayı önlemek için değil, dinamik yükleme ve çarpma mukavemetini arttırmak için malzemenin dökülme parçalanma ve dağılmasını önlemek için de çelik lif ilave edilmektedir.

Kirişlerde kolonlarda ve kat döşemelerinde olduğu gibi diğer yapı elemanlarında da eğilme veya çekme kuvvetleri meydana gelir. Bu gerilmelerden dolayı ve zor kesit tesirlerine karşı yapı elemanı asal çelik donatı ile birlikte çelik lifler ile kuvvetlendirilerek dayanımı oldukça önemli mertebede arttırılabilir.

Tokuy ve arkadaşları (1991), yapıları tokluk deneyleriyle şu sonuçlara ulaşmışlardır: Malzemelerin tokluğu gerilme-birim deformasyon eğrisinin altında kalan alan olarak tanımlandığında, kontrol numuneleri ve polipropilen lifli numunelerin yakın değerler verdiği buna karşılık çelik lifli numunelerin tokluğunun daha yüksek olduğu görülmüştür. Eğrilerin alçalan kısımlarının eğimlerinin çelik lifli betonlarda daha düşük olması çelik liflerin sünekliği artırdığını ortaya koymaktadır. Malzemelerin yapıdaki kullanımları açısından tokluk ya belirli bir deformasyon için ya da maksimum gerilmeye karşı gelen deformasyon için tarif edildiğinde daha anlamlı olmaktadır. Bu açıdan ele alındığında polipropilen lifler yüksek dayanımlı betonun tokluğuna önemli bir etki yapmamaktadır. Oysa çelik lifler 7 günde %90, 28 günde %80 artış sağlamaktadır.

Hughes (1981) çalışmasında, gevrek bir malzeme olan betonu düktil bir hale getirmek için kullanılan liflerin, absorblanabilen enerji miktarını artırdığını ve çatlak genişliğini kontrol altına aldığını, basınç dayanımına nazaran eğilme dayanımında daha büyük bir artış sağladığını vurguladı. Lifli veya donatılı betonun non-lineer analizi için Hognestad gerilme şekil değiştirme modelinin uygun olduğunu belirtti. Darbe tesirine maruz kalan bir kirişin kesmeden dolayı göçtüğünü açıkladı. Darbe tesirleri altında kalan kolon kiriş birleşimlerinde ve kirişlerde lif kullanımının çatlak kontrolü açısından önemine değindi.

Düktilitesi oldukça yüksek olan çelik lifli betonun deprem oluşma olasılığı yüksek olan bölgelerde konutlar da dahil her türlü yapıda kullanılması çok uygun olmaktadır.

3.3.14. Çelik Lifli Betonlarda Rötire

Betonda hacimsel büzülme dört grupta toplanabilir:

- termik rötire,
- plastik (erken, bünyesel) rötire,
- hidrolik (kuruma) rötire,
- karbonatlaşma rötresi.

Bu mekanizmaların tümünde de betonun değişik priz süreçlerinde, değişik nedenlerden dolayı meydana gelen çekme gerilmelerinin karşılanamaması ve çatlakların çoğalması gerçeği yatar. Bu nedenle, priz süresince ve ilerdeki dönemlerde çekme gerilmelerini matrizen alıp, çatlak olmayan bölgelere dağıtacak lif elemanlara ihtiyaç vardır. Günümüzdeki uygulamaların birçoğunda, özellikle çok güçlü olmayan büzülmelere karşı polipropilen lifler tercih edilmektedir. Ancak kritik yapılarda ve güçlü büzülmelerin olabileceği yerlerde çelik liflerin kullanılması önerilmektedir.

Lifli betonların rötre özellikleri maddeler halinde aşağıda özetlenmiştir:

- Aynı hacimde numune yüzeyinin büyümesi ile betonda rötre artmaktadır.
- Lif yüzdesinin artması ile kuruma rötresinde azalmalar meydana gelmiştir.
- Lifin uzunluk/çap oranının büyümesi ile kuruma rötresindeki birim deformasyon azalmaktadır.
- Lif uzunluğunun artması ile kuruma rötresinde az da olsa bir azalma tespit edilmiştir.
- Lif hacminin artması ile çatlak genişliklerinin azaldığı görülmüştür.
- Çelik lifli betonlardaki rötre sonucunda oluşan çatlakların genişlikleri, polipropilen lif kullanılan betonlardaki çatlaklardan daha az açıklıklıdır.

3.4. Dayanıklılık

Lifli beton kompozitlerin dayanıklılık sorunu, lifsiz betonlarda dayanıklılık problemi yaratan sorunlarla yaklaşık olarak aynıdır. Özel durumlar ise şu şekilde sıralanabilir:

- Çelik liflerin korozyonu: Bu durumlarda paslanmaz ya da kaplanmış lif kullanımı problemi ortadan kaldırır.
- Boşluklu geçirgen yapı: Demet halinde bulunan liflerin karışım sırasında tek tek tanelere ayrılmadan beton yapısında kalması sonucu görülen işlenebilirlikteki azalma kompozitte boşluklu bir yapı oluşturabilir.

Lifli betonlarda iyi bir karışım, iyi yerleştirme ve sıkıştırma sonucunda yapılacak iyi bir kür, dayanıklılık sorununun en etkili çözümüdür.

Lifli beton genellikle, yüksek çimento dozajı ve düşük su/çimento oranı ile yapılır. Çelik lifli beton iyi sıkıştırıldığı ve kür edildiği zaman, lifler çimento hamuru tarafından korunursa üstün durabiliteye sahip olur. Özellikle klorid içeren çoğu çevrede yüzey pası kaçınılmazdır, fakat içerideki lifler genellikle korozyona uğramaz. Ohio Columbus'da Battelle Laboratuvarında yapılan uzun dönemli çelik lifli betonun durabilite deneyleri, liflerin minimum korozyonu ve 7 yıldan sonra buz çözücü tuzlara karşı ters etkisinin olmadığını göstermiştir.

Önceden bahsedildiği üzere normal cam lifler alkali çimento hamurunun kimyasal saldırısı yüzünden Portland Çimentolarında kullanılamaz. Zirconia ve diğer alkali dirençli cam lifler alkali ortamlara karşı daha iyi durabilite gösterirler ancak zamanla bunlar da aşamalı olarak kötüleşir. Benzer olarak pamuk, yün gibi çoğu doğal lif ve sentetik polimerler Portland Çimento hamurunun alkali etkisine karşı durabilite eksikliğinden dolayı kötüye giderler.

ACI 544'e göre çelik lifli beton, yüzey erozyonu ve kaviteasyona karşı durabilitesi için incelenmiştir. Erozyon direnci, akan suyun aşındırıcı etkisine karşı geliştirilememiştir. Burada agrega kalitesi ve yüzey sertliği erozyon derecesini belirler. Betona lif katılması herhangi bir gelişmeye neden olmaz; gerçekte yüksek su/çimento oranı ve fazla hamur hacminde lif kullanılması aşınmada artışla sonuçlanır. Buna rağmen büyük yıkıntılarda kaviteasyon darbesine bağlı olarak malzeme kaybı olduğu zaman lifli beton durabilite sağlar. Bu tarzda şimdiye kadar yapılmış en büyük proje 1977 yılında Pakistan'daki Tarbella Barajının 500 mm iri agrega, 444 kg/m³ çimento ve 73 kg/m³ lif kullanılarak tamir edilmesiydi.

Toutanji ve arkadaşları (1998), değişik oranlarda 12,5 ve 19 mm lik polipropilen lifler ve silika dumanı kullanarak hazırladıkları numuneler üzerinde permeabilite ve ACI 544 de verilen düşü ağırlıklı darbe deneylerini gerçekleştirdiler. Silika dumanı içermeyen polipropilen lifli betonların permeabilitesinin arttığını gördüler. Silika

dumanı eklenmesiyle lifler daha iyi dağılım göstermesi ve belki de çimento matrisinin kohezifliğinin artması nedeniyle söz konusu bu artışın azaldığını vurguladılar. Lif hacmi sabit kalacak şekilde lif boyunu küçülttüklerinde silika dumanı içeren ve içermeyen betonlarda permeabilitenin azaldığını vurguladılar. Ayrıca lifli betonların darbe dayanımının silika dumanı eklenmesiyle arttığını fakat lifsiz betonlarda silika dumanı eklenmesinin etkisi olmadığını gördüler.



BÖLÜM DÖRT

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Yüksek performanslı lifli betonların süneklik özelliğinin araştırılmasına yönelik olarak yapılan deneysel çalışmalara ait detaylı bilgiler bu bölümde sunulmaktadır.

4.1. Amaç

Günümüze kadar yapılmış olan tüm teorik ve deneysel çalışmalar, betonun performansı (dayanımı, dayanıklılığı ve diğer mekanik özellikleri)'na etki eden sayısız değişkenin olduğuna ışık tutmaktadır. Betonun üretim sürecinde ve yapının servis ömrü boyunca, olası sorunlarla karşılaşmamak için bu faktörlerin iyi analiz edilip, gerekli önlemlerin önceden alınması gerekir. Kaliteli bir beton dizaynı için, bileşenlerin seçiminden itibaren kür süresinin son anına kadar üretim aşamalarının her biri dikkatli ve hatasız gerçekleştirilmelidir.

Bu noktadan yola çıkarak, betonun süneklik özelliğine de etki eden bir çok faktör ve değişkenin bulunduğu söylenebilir. Özellikle sünek olması istenen betonlarda, ilgili değişkenler mutlak suretle göz önünde bulundurulmalıdır. Betonun davranışına etkisi henüz bilinmeyen faktörler ya da malzemeler, öncelikle laboratuvar çalışmalarını ile denenmeli ve belirsizlikler ortadan kalktıktan sonra kullanılmalıdır.

Bu çalışmada üretilen betonlarda aşağıda sıralananlar değişken olarak incelenmiştir:

- Maksimum agrega tane büyüklüğü (D_{max}),
- Lif tipi,
- Lif içeriği.

Bilindiği gibi agrega tane boyutu arttıkça betonun basınç dayanımı artmaktadır. Bunun sebebi betonun taşıyıcı iskeleti olan agrega sisteminin büyük taneli agregalarda daha kuvvetli hale gelmesidir. Bu olay lifli betonlar için de geçerlidir.

Ancak çekme dayanımı ve enerji yutabilme kapasitesi açısından bakıldığında durum tersine dönmektedir. D_{max} 'ı büyük olan lifli betonlarda lifler kesitte homojen dağılamamakta, dolayısıyla liflere gerekli gerilme transferi yapılamamakta ve lif kullanımı yeterli efektifliği sağlayamamaktadır. Deneysel çalışmanın bu noktadaki amacı, farklı D_{max} 'larla üretilmiş betonların basınç, çekme, eğilme dayanımları ile birlikte enerji yutabilme kapasiteleri arasındaki farklılıkları gözleyebilmektir.

Literatürde sözü edildiği gibi, karışımlarda kullanılan lif tipi ve boyutlarının mekanik dayanımlar ve düktilite özellikleri üzerinde farklı etkileri vardır. Lif uzunluğu arttıkça matrisle lif arasındaki aderansın artmasından dolayı betonun taşıyabileceği çekme gerilmeleri de artar. Lif görünüm oranı (lif uzunluğu/lif çapı)'nın artışı ise yüksek gerilme değerlerinde liflerin akmasına böylece kompozitin deformasyon kapasitesinin artmasına sebep olur. Kompozitin kırılırken daha fazla deformasyon yapması, elemanın göçerken daha fazla enerji yutması anlamına gelmektedir. Deneysel çalışmalarda, değişik geometrilerde lif tipleri ile üretilmiş betonların mekanik davranışları incelenmiştir.

Kompozit malzemede, dayanımı yüksek bileşen miktarı arttıkça elemanın da dayanımının artacağı açıktır. Ancak bunun sağlanabilmesi diğer tüm koşulların eşit olması ile mümkündür. Örneğin, homojenlik, kompasite ve işlenebilirlik. Betonda kullanılan fiber miktarı arttıkça betonun çekme dayanımı da artmaktadır. Aşırı dozajlarda ise liflerin topaklaşması sebebiyle işlenebilme yetersiz kalmakta ve

beklenen mukavemet artışı gerçekleşmemektedir. Deneysel çalışmada, karışımlarda belirli dozajlara kadar lif kullanılmasının mekanik davranışlara etkisi araştırılmıştır.

4.2. Kapsam

Laboratuvar çalışmalarında kullanılan malzeme değişkenleri, bu değişkenlerin tipleri ve miktarları gruplandırılarak aşağıda özetlenmiştir:

Maksimum agrega tane çapının mekanik davranışlara etkisinin araştırılması için;

- $D_{max} = 15$ mm,
- $D_{max} = 25$ mm alınmıştır.

Lif geometrisinin değişkenliklerinin gözlenmesi için;

- $L=30$ mm, $d=0,55$ mm,
- $L=60$ mm, $d=0,75$ mm seçilmiştir.

Lif dozajının etkilerini incelemek üzere;

- Lif dozajı=0,
- Lif dozajı=40 kg/m³,
- Lif dozajı=80 kg/m³,
- Lif dozajı=120 kg/m³ kullanılmıştır.

Mekanik dayanımların ve davranışların tespiti için kullanılan test yöntemleri ise şöyledir:

- Serbest basınç deneyi,
- Ortadan tekil yüklemeli eğilme deneyi,
- Silindir yarma deneyi.

Bu deney yöntemleri iki farklı beton yaşında uygulanmıştır:

- 7. gün,
- 28. gün.

Deneylerde kullanılan örnek şekli ve boyutları şu şekildedir:

- Serbest basınç deneyleri için $h=30$ cm; $d=15$ cm boyutlarında silindir örnekler,
- Ortadan tekil yüklemeli eğilme deneyi için $10 \times 10 \times 60$ cm boyutlu prizma örnekler,
- Silindir yarma deneyleri için $h=30$ cm; $d=15$ cm boyutlarında silindir örnekler.

4.3. Deney Programı

Laboratuvar çalışması kapsamında hazırlanan deney programı, karışım kodları, örnek numaraları, dizayn tipleri, lif tipleri, lif içerikleri, örnek tipleri, deney yaşları ve deney metotlarına göre düzenlenerek Tablo 4.1.'de sunulmuştur.

Tablo 4.1. Deney programı

Karışım Kodu	Örnek No	Dizayn Tipi	Lif Tipi	Lif İçeriği (kg/m ³)	Örnek Tipi	Deney Yaşı	Deney Metodu
K1	1,2,3	0-32	0	0	Silindir	7	Basınç
	4,5,6	0-32	0	0	Silindir	28	Basınç
	7,8,9	0-32	0	0	Prizma	7	Eğilme
	10,11,12	0-32	0	0	Prizma	28	Eğilme
	13,14,15	0-32	0	0	Silindir	7	Yarma
	16,17,18	0-32	0	0	Silindir	28	Yarma
K2	19,20,21	0-16	0	0	Silindir	7	Basınç
	22,23,24	0-16	0	0	Silindir	28	Basınç
	25,26,27	0-16	0	0	Prizma	7	Eğilme
	28,29,30	0-16	0	0	Prizma	28	Eğilme
	31,32,33	0-16	0	0	Silindir	7	Yarma
	34,35,36	0-16	0	0	Silindir	28	Yarma
K3	37,38,39	0-32	I	40	Silindir	7	Basınç
	40,41,42	0-32	I	40	Silindir	28	Basınç
	43,44,45	0-32	I	40	Prizma	7	Eğilme
	46,47,48	0-32	I	40	Prizma	28	Eğilme
	49,50,51	0-32	I	40	Silindir	7	Yarma
	52,53,54	0-32	I	40	Silindir	28	Yarma
K4	55,56,57	0-16	I	40	Silindir	7	Basınç
	58,59,60	0-16	I	40	Silindir	28	Basınç
	61,62,63	0-16	I	40	Prizma	7	Eğilme
	64,65,66	0-16	I	40	Prizma	28	Eğilme
	67,68,69	0-16	I	40	Silindir	7	Yarma
	70,71,72	0-16	I	40	Silindir	28	Yarma
K5	73,74,75	0-32	II	40	Silindir	7	Basınç
	76,77,78	0-32	II	40	Silindir	28	Basınç
	79,80,81	0-32	II	40	Prizma	7	Eğilme
	82,83,84	0-32	II	40	Prizma	28	Eğilme
	85,86,87	0-32	II	40	Silindir	7	Yarma
	88,89,90	0-32	II	40	Silindir	28	Yarma
K6	91,92,93	0-16	II	40	Silindir	7	Basınç
	94,95,96	0-16	II	40	Silindir	28	Basınç
	97,98,99	0-16	II	40	Prizma	7	Eğilme
	100,101,102	0-16	II	40	Prizma	28	Eğilme
	103,104,105	0-16	II	40	Silindir	7	Yarma
	106,107,108	0-16	II	40	Silindir	28	Yarma
K7	109,110,111	0-32	I	80	Silindir	7	Basınç
	112,113,114	0-32	I	80	Silindir	28	Basınç
	115,116,117	0-32	I	80	Prizma	7	Eğilme
	118,119,120	0-32	I	80	Prizma	28	Eğilme
	121,122,123	0-32	I	80	Silindir	7	Yarma
	124,125,126	0-32	I	80	Silindir	28	Yarma

Tablo 4.1. (devam) Deney programı

Karışım Kodu	Örnek No	Dizayn Tipi	Lif Tipi	Lif İçeriği (kg/m ³)	Örnek Tipi	Deney Yaşı	Deney Metodu
K8	127,128,129	0-16	I	80	Silindir	7	Basınç
	130,131,132	0-16	I	80	Silindir	28	Basınç
	133,134,135	0-16	I	80	Prizma	7	Eğilme
	136,137,138	0-16	I	80	Prizma	28	Eğilme
	139,140,141	0-16	I	80	Silindir	7	Yarma
	142,143,144	0-16	I	80	Silindir	28	Yarma
K9	145,146,147	0-32	II	80	Silindir	7	Basınç
	148,149,150	0-32	II	80	Silindir	28	Basınç
	151,152,153	0-32	II	80	Prizma	7	Eğilme
	154,155,156	0-32	II	80	Prizma	28	Eğilme
	157,158,159	0-32	II	80	Silindir	7	Yarma
	160,161,162	0-32	II	80	Silindir	28	Yarma
K10	163,164,165	0-16	II	80	Silindir	7	Basınç
	166,167,168	0-16	II	80	Silindir	28	Basınç
	169,170,171	0-16	II	80	Prizma	7	Eğilme
	172,173,174	0-16	II	80	Prizma	28	Eğilme
	175,176,177	0-16	II	80	Silindir	7	Yarma
	178,179,180	0-16	II	80	Silindir	28	Yarma
K11	181,182,183	0-32	I	120	Silindir	7	Basınç
	184,185,186	0-32	I	120	Silindir	28	Basınç
	187,188,189	0-32	I	120	Prizma	7	Eğilme
	190,191,192	0-32	I	120	Prizma	28	Eğilme
	193,194,195	0-32	I	120	Silindir	7	Yarma
	196,197,198	0-32	I	120	Silindir	28	Yarma
K12	199,200,201	0-16	I	120	Silindir	7	Basınç
	202,203,204	0-16	I	120	Silindir	28	Basınç
	205,206,207	0-16	I	120	Prizma	7	Eğilme
	208,209,210	0-16	I	120	Prizma	28	Eğilme
	211,212,213	0-16	I	120	Silindir	7	Yarma
	214,215,216	0-16	I	120	Silindir	28	Yarma
K13	217,218,219	0-32	II	120	Silindir	7	Basınç
	220,221,222	0-32	II	120	Silindir	28	Basınç
	223,224,225	0-32	II	120	Prizma	7	Eğilme
	226,227,228	0-32	II	120	Prizma	28	Eğilme
	229,230,231	0-32	II	120	Silindir	7	Yarma
	232,233,234	0-32	II	120	Silindir	28	Yarma
K14	235,236,237	0-16	II	120	Silindir	7	Basınç
	238,239,240	0-16	II	120	Silindir	28	Basınç
	241,242,243	0-16	II	120	Prizma	7	Eğilme
	244,245,246	0-16	II	120	Prizma	28	Eğilme
	247,248,249	0-16	II	120	Silindir	7	Yarma
	250,251,252	0-16	II	120	Silindir	28	Yarma

4.4. Kullanılan Malzemeler

Deneysel çalışmalar için hazırlanan karışımlardaki lifli beton bileşenlerinin özellikleri aşağıda verilmiştir.

4.4.1. Çimento

Yapılan deneylerde PKÇ/A 42,5 tipinde çimento kullanılmış olup, Çimenter A.Ş.'den dökme olarak temin edilmiştir. Bu çimentonun üretici firma tarafından verilen fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri Tablo 4.2.'de sunulmuştur.

Tablo 4.2. PKÇ/A 42,5 tipi çimentonun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri

Bileşen	Miktarı	
SiO ₂ (%)	24.24	
Al ₂ O ₃ (%)	6.86	
Fe ₂ O ₃ (%)	3.65	
CaO (%)	57.66	
MgO (%)	0.93	
Na ₂ O (%)	0.39	
K ₂ O (%)	0.99	
SO ₃ (%)	2.87	
Kızdırma Kaybı (%)	1,45	
Cl (%)	0.018	
Ölçülemeyen (%)	1,94	
Serbest CaO (%)	1.58	
Basınç	2 günlük	26,8
Dayanımları (N/mm ²)	7 günlük	37,4
	28 günlük	50,1
Özgül Ağırlık	3.06	
Litre ağırlık (gr)	948	
İncelik (%)	Özgül yüzey(cm ² /gr)	3860
	0,090 mm elek üstü	0,4
	0,032 mm elek üstü	10,2
Hacim Sabitliği(mm)	2	
Priz Başlangıcı (sa:dak)	02:30	
Priz Sonu (sa:dak)	04:00	
Katkı Maddesi (%)	11,23	

Üretilen betondan yüksek dayanım ve yüksek performans istendiğinden dozaj fazla tutulmuş ve 550 kg/m^3 olarak seçilmiştir.

4.4.2. Agregas

Karışımlarda agregas olarak iki farklı kökenden gelen malzeme kullanılmıştır. Bunlardan birincisi kırma kireçtaşı ve ikincisi doğal dere kumudur. Doğal dere kumu bir, kırma kireçtaşı üç farklı granülometriye sahiptir.

“15-25” 15 mm ile 25 mm arasında granülometriye sahip kırma kireçtaşı, “5-15” 5 mm ile 15 mm arasında granülometriye sahip kırma kireçtaşı, “0-5” 0 mm ile 5 mm arasında granülometriye sahip kırma kireçtaşı, “kum” 0 mm ile 4 mm arasında granülometriye sahip doğal dere kumunu temsil etmektedir.

Sözü edilen agregaların elek analizi sonuçları ve fiziksel özellikleri Tablo 4.3. ve Tablo 4.4.’de görülmektedir.

Tablo 4.3. Karışımlarda kullanılan agregaların elek analizi sonuçları

Elek açıklığı (mm)	Elekten geçen (%)			
	15-25	5-15	0-5	Kum
32	100	100	100	100
16	58	100	100	100
8	1	46	100	100
4	0	6	97	98
2	0	2	70	73
1	0	1	39	46
0,5	0	1	22	23
0,25	0	1	13	9
Elek altı	0	0	0	0

Tablo 4.4. Karışımlarda kullanılan agregaların fiziksel özellikleri

Özellik	15-25	5-15	0-5	Kum
Gevşek b.h.a (kg/l)	1,39	1,46	1,57	1,48
Sıkışık b.h.a(kg/l)	1,60	1,64	1,85	1,68
Kuru özgül ağırlık	2,69	2,70	2,59	2,56
K.Y.D özgül ağırlık	2,70	2,71	2,62	2,60
Su emme (%)	0,24	0,39	1,21	1,63
İnce malzeme oranı (%)	-	-	9,60	3,40

Dört farklı granülometriye sahip agregaların birleşim oranları karışım hesapları bölümünde verilecektir.

4.4.3. Su

Hazırlanan betonlarda karışım suyu olarak şehir şebeke suyu kullanılmıştır. Bu suyun, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde yapılan kimyasal analizi Tablo 4.5.'de verilmiştir.

Karışımın su/çimento oranı 0,35 olup su/bağlayıcı oranı 0,30'dur.

Tablo 4.5. Karışım suyu kimyasal analizi

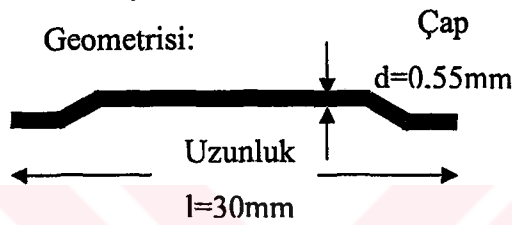
Özellik / Bileşen	Miktarı / Değeri
pH	6,40
İletkenlik	390
Tuzluluk (‰)	0,20
Klorür (mg/lt)	104
T.sertlik (MgCaCO ₃ /lt)	172
Kalsiyum (mg/lt)	42
Magnezyum (mg/lt)	16
Sülfat (mg/lt)	29

4.4.4. Lif

Deney programında adı geçen Lif Tipi I, Bekaert marka Dramix ZP305 çelik lifleri ve Lif Tipi II Bekaert marka Dramix RC-80/60-BN çelik lifleri tanımlanmaktadır. Bu liflere ait özellikler aşağıda verilmiştir.

Tip I (ZP305):

Tanımı: Soğukta çekilmiş, uçları çengelli ve desteler halinde yapıştırılmış, düşük karbonlu çelik tellerdir.



Görünüm oranı (l/d)= 55

Adet =16750 lif/kg

Çekme dayanımı: 1100 N/mm²

Kaplama: yok

Bu lif tipinin Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nde yapılan aksenal çekme deneyinden bulunan mekanik özellikleri Tablo 4.6.'da verilmiştir.

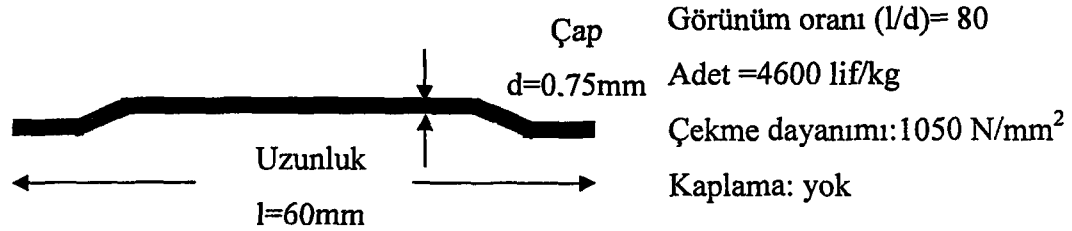
Tablo 4.6. Tip I çelik liflerin aksenal çekme deneyinden bulunan özellikleri

Nokta	1	2	3	4	5	Ortalama
Elastisite modülü (GPa)	143,728	110,790	41,1920	27,6528	50,0518	74,6831
Akma yükü (N)	196,000	231,000	191,000	117,500	118,750	170,850
Akma uzaması (mm)	0,12000	0,16700	0,33500	0,25000	0,15500	0,20540
Akma gerilmesi (MPa)	824,974	972,291	803,929	494,564	499,825	719,117
Akma birim defor. (%)	0,80000	1,11333	2,23333	1,66667	1,03333	1,36933
Maks. yük (N)	307,500	292,000	234,750	250,250	277,500	272,400
Maks. defor. (mm)	0,34300	0,29750	1,05050	0,65000	1,00350	0,66890
Maks. gerilme (MPa)	1294,28	1229,04	988,075	1053,31	1168,01	1146,54
Maks. birim defor. (%)	2,28667	1,98333	7,00333	4,33333	6,69000	4,45933
Kopma yükü (N)	272,500	291,250	233,000	242,250	206,000	249,000
Kopma uzaması (mm)	0,42300	0,30300	1,07600	0,66600	1,06700	0,70700
Kopma gerilmesi (MPa)	1146,96	1225,88	980,710	1019,64	867,065	1048,05
Kopma birim defor. (%)	2,82000	2,02000	7,17333	4,44000	7,11333	4,71333

Tip II (RC-80/60-BN):

Tanımı: Soğukta çekilmiş, uçları çengelli ve desteler halinde yapıştırılmış, düşük karbonlu çelik tellerdir.

Geometrisi:



Bu lif tipinin Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji Ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nde yapılan eksenel çekme deneyinden bulunan mekanik özellikleri Tablo 4.7.'de verilmiştir.

Tablo 4.7. Tip II çelik liflerin çekme eksenel deneyinden bulunan özellikleri

Nokta	1	2	3	4	Ortalama
Elastisite modülü (GPa)	52,7394	59,2539	68,2519	60,7392	60,2461
Akma yükü (N)	322,750	300,000	270,000	234,000	281,687
Akma uzaması (mm)	0,24200	0,20700	0,16500	0,16000	0,19350
Akma gerilmesi (MPa)	730,556	679,061	611,154	529,667	637,610
Akma birim defor. (%)	1,61333	1,38000	1,10000	1,06667	1,29000
Maks. yük (N)	487,250	515,500	525,000	541,500	517,312
Maks. defor. (mm)	0,75150	0,72700	0,77500	1,10350	0,83925
Maks. gerilme (MPa)	1102,90	1166,85	1188,35	1225,70	1170,95
Maks. birim defor. (%)	5,01000	4,84667	5,16667	7,35667	5,59500
Kopma yükü (N)	415,750	489,750	398,250	419,250	430,750
Kopma uzaması (mm)	0,81600	0,79800	0,94800	1,26200	0,95600
Kopma gerilmesi (MPa)	941,065	1108,56	901,453	948,987	975,018
Kopma birim defor. (%)	5,44000	5,32000	6,32000	8,41333	6,37333

4.4.5. Mineral katkı

Karışımlarda mineral katkı olarak mikrosilika kullanılmıştır. Silika dumanının miktarı çimento dozajının %15'i kadardır. Kullanılan mikrosilikanın kimyasal bileşimi Tablo 4.8.'de verilmektedir.

Tablo 4.8. Karışımlarda kullanılan silika dumanının kimyasal içeriği (YKS/SKW-MBT Construction Chemicals)

Bileşen	Miktarı (%)
SiO ₂	92,26
Al ₂ O ₃	0,89
Fe ₂ O ₃	1,97
CaO	0,49
MgO	0,96
K ₂ O	1,31
Na ₂ O	0,42
SO ₃	0,33
Klorid	0,09
Serbest CaO	-
Çözünmeyen Kalıntı	-
Kızdırma kaybı	-

4.4.6. Kimyasal Katkı

Düşük su/bağlayıcı oranındaki betona işlenebilirlik sağlamak üzere bir akışkanlaştırıcı katkı maddesi seçilmiştir. Kullanılan akışkanlaştırıcı YKS/SKW-MBT Construction Chemicals firmasından temin edilmiş olup katalog bilgileri aşağıda sunulmuştur.

MVA 2453L modifiye edilmiş uzun kenarlı karboksilik eter polimerinden oluşmaktadır. Karıştırma işleminin başında elektrostatik dağılma mekanizmasını

harekete geçirerek akıcı beton üretimine olanak verir. Kullanım sarfiyatı ağırlıkça çimento miktarının %0,7-0,9'u arasındadır.

Karışım hesaplarında akışkanlaştırıcı dozajı ağırlıkça çimento miktarının %0,8'i kadar kullanılmıştır.

4.5. Karışım Hesapları

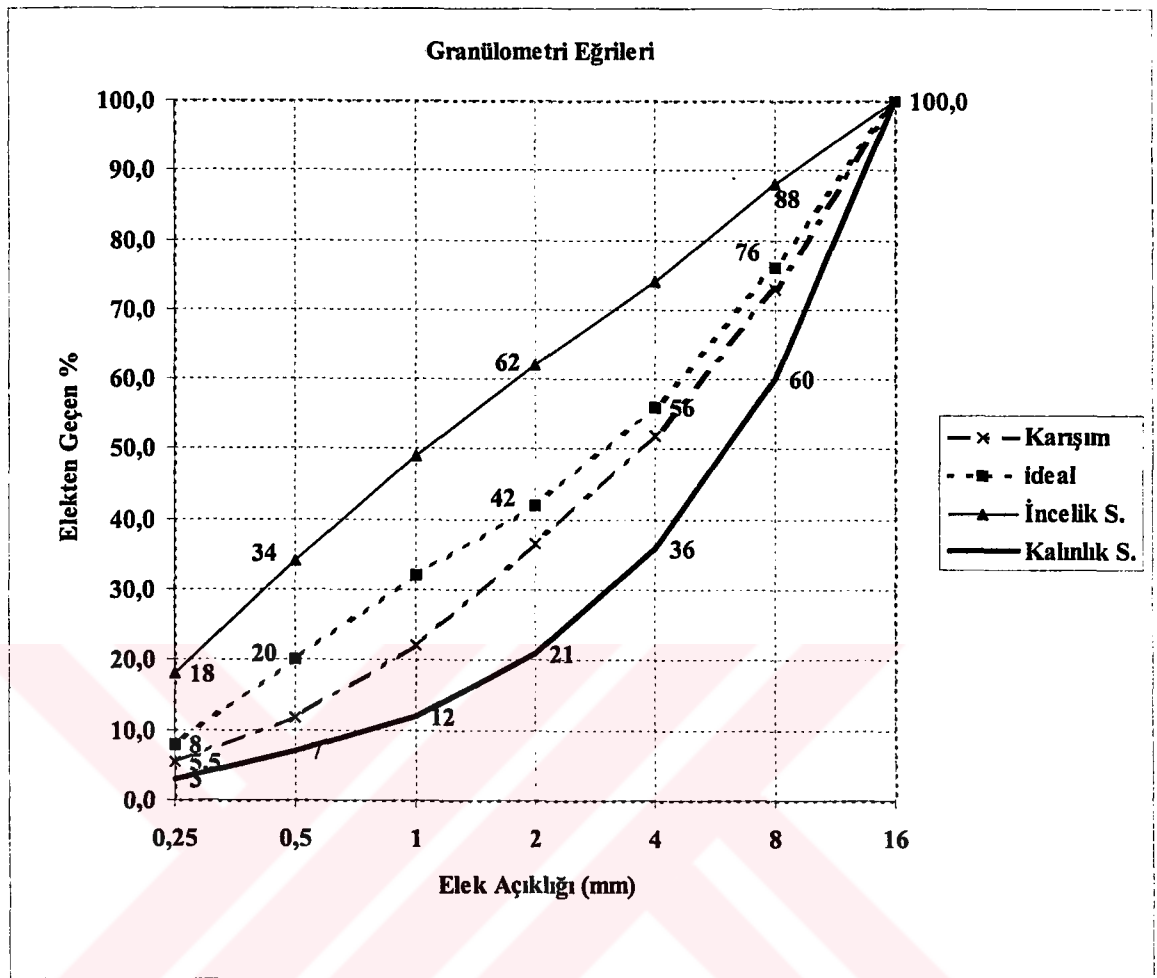
DeneySEL çalışmada maksimum agrega dane çapına göre iki farklı dizayn yapılmış olup detayları alt bölümlerde verilmiştir.

4.5.1. Dizayn 0-16

“0-16 dizayn” olarak anılan karışımda, agrega granülometrisi mümkün olduğunca ideal karışım eğrisine yakın oluşturulmaya çalışılmış, ancak betondan yüksek dayanım ve performans istendiğinden kalın bölgede kalınmıştır. Bu karışımda $D_{max}=15mm$ olup agrega birleşim oranları ve karışımın granülometri değerleri Tablo 4.9.'da, granülometri eğrisi ise Şekil 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.9. Dizayn 0-16 için agrega karışım oranları

Elek no	Elekten Geçen (%)				Sınırlar (%)			Elekte Kalan (%)
	5-15	kum	0-5	Karışım	İdeal	İncelik S.	Kalınlık S.	
16	100,0	100,0	100,0	100,0	100	100	100	0
8	45,7	100,0	100,0	72,9	76	88	60	27
4	6,4	98,2	96,9	52,0	56	74	36	48
2	1,7	72,7	69,9	36,6	42	62	21	63
1	1,1	45,7	39,4	22,1	32	49	12	78
0,5	0,9	22,7	22,2	11,7	20	34	7	88
0,25	0,7	8,8	12,7	5,5	8	18	3	94
KARIŞIM ORANLARI 0-16					İncelik modülü=3,99			
	5-15	kum	0-5					
	0,5	0,3	0,2					



Şekil 4.1. 0-16 dizayn granülometri eğrisi

Karışım hesapları yapılırken, 1m^3 betona konulacak malzemeler geleneksel betonun temel bileşenleri olarak alınmış, diğer tüm katkı maddeleri (çelik lif, mikrosilika ve akışkanlaştırıcı) hacim hesabına dahil edilmemiştir. Dizayn 0-16 için bir metreküp betona konulacak malzeme miktarları Tablo 4.10.'da verilmektedir.

Tablo 4.10. Dizayn 0-16 bileşen miktarları

Bileşen	Miktar (kg/m ³)
Çimento	550
5-15 mm agrega	841
0-5 mm agrega	325
Kum	484
Su	178
Lif	0, 40, 80, 120
Mikrosilika	82,5
Akışkanlaştırıcı	4,400

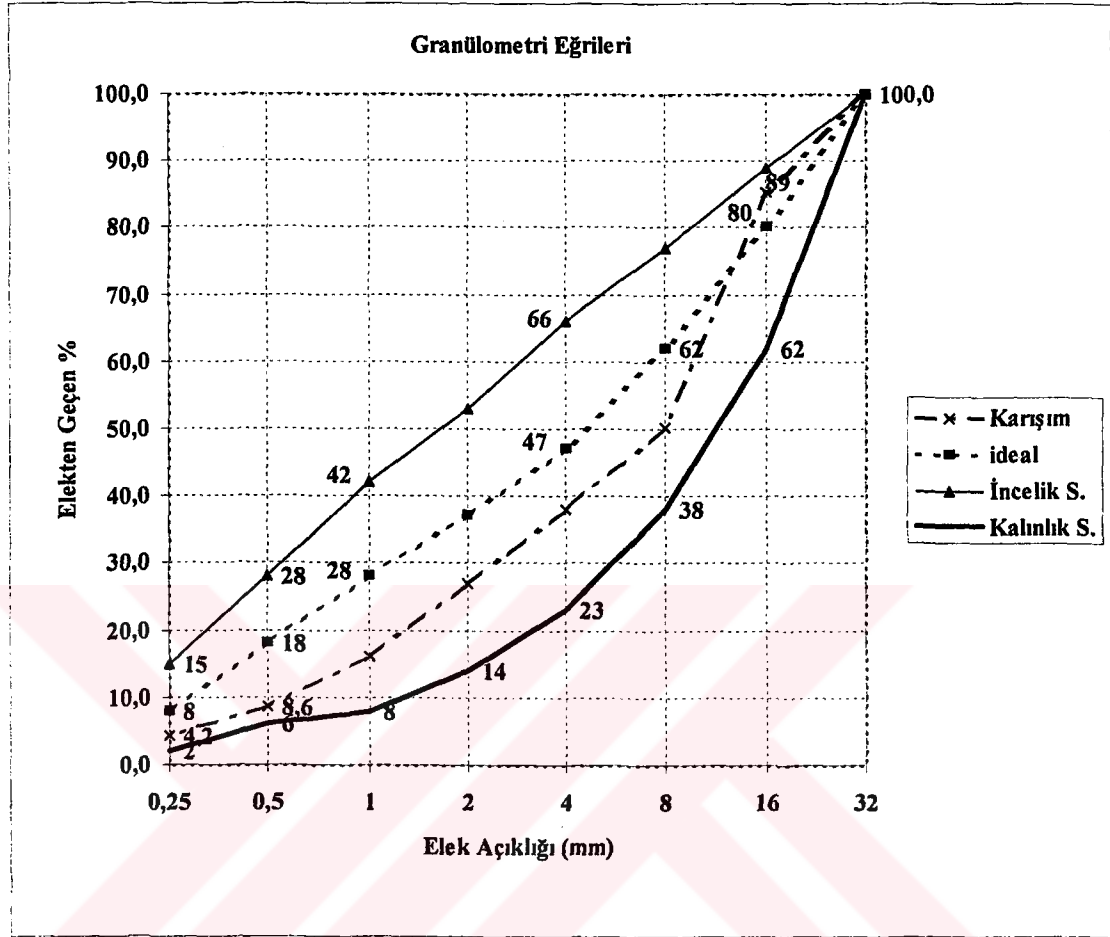
4.5.2. Dizayn 0-32

“0-32 dizayn” olarak anılan betonların karışım hesabı esasları 0-16 dizayn ile aynıdır. Ancak bu dizaynda Dmax=25mm olup granülometri değerleri Tablo 4.11.’de verilmektedir.

Tablo 4.11. Dizayn 0-32’de agrega karışım oranları

Elek no	Elekten Geçen (%)				Karışım	Sınırlar (%)			Elekte Kalan (%)
	15-25	5-15	kum	0-5		ideal	İncelik S.	Kalınlık S.	
32	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100	100	100	0
16	57,8	100,0	100,0	100,0	85,2	80	89	62	15
8	1,0	45,7	100,0	100,0	50,2	62	77	38	50
4	0,2	6,4	98,2	96,9	38,0	47	66	23	62
2	0,2	1,7	72,7	69,9	26,9	37	53	14	73
1	0,2	1,1	45,7	39,4	16,1	28	42	8	84
0,5	0,2	0,9	22,7	22,2	8,6	18	28	6	91
0,25	0,2	0,7	8,8	12,7	4,2	8	15	2	96
KARIŞIM ORANLARI 0-32						İncelik modülü=4,71			
	15-25	5-15	kum	0-5					
	0,35	0,28	0,19	0,18					

Şekil 4.2.'de 0-32 dizayn için kullanılan granülometri eğrileri görülmektedir.



Şekil 4.2. 0-32 dizayn granülometri eğrisi

Dizayn 0-32 için kullanılacak malzeme miktarları Tablo 4.12.'de görülmektedir.

Tablo 4.12. Dizayn 0-32 bileşen miktarları

Bileşen	Miktar (kg/m ³)
Çimento	550
15-25 mm agrega	586
5-15 mm agrega	471
0-5 mm agrega	292
Kum	307
Su	181
Lif	0, 40, 80, 120
Mikrosilika	82,5
Akışkanlaştırıcı	4,400

4.6. Deneylerin Yapılışı

Karışım hesapları yapıldıktan sonra betonların üretim aşamasına geçilmiştir. Bu bölümde taze ve sertleşmiş beton deneyleri yapılırken kullanılan makine ve aparatlardan ve deneyler sırasında dikkat edilen esaslardan söz edilecektir.

4.6.1. Taze Beton

Taze beton hazırlanışı sırasında aşağıda bahsedilen esaslara uyulmuş ve her karışım türü için aynı hassasiyet gösterilmiştir.

Bir karışım koduna ait örneklerin tümü tek seferde hazırlanmıştır. Deney programından görülebileceği üzere bu, 12 adet standart silindir ve 6 adet prizma örneğe karşılık gelir. Deney sırasında olası kayıplar da dikkate alınarak karışımlar, toplam hacim %20 artırılarak hazırlanmıştır.

Mikser kapasitesi 150 dm³ olup yatay eksenli bir karıştırıcı palet sistemine sahiptir.

Beton bileşenleri tartılırken çimento ve agrega için 5 g, su ve katkıları için 1 g hassasiyetli terazi kullanılmıştır. Tartılan malzemelerin homojen karışımı için şu yöntem izlenmiştir:

Öncelikle tüm agregalar (15-25, 5-15, 0-5, kum) karıştırılmış ardından bağlayıcı bileşenler (çimento ve silika tozu) eklenmiştir. Homojen bir kuru karışım elde edildikten sonra lif malzemesi mikser çalışır durumda iken karışıma verilmiştir. En son olarak su-akışkanlaştırıcı katkı karışımı ilave edilerek, gözle yapılan muayenelerde karışımın homojen olduğuna karar verilinceye kadar karıştırma işlemi sürdürülmüştür.

Taze Beton Deneyleri

Hazırlanan her karışım için hava sıcaklığı, beton sıcaklığı, slump, taze beton birim hacim ağırlığı ölçülmüştür. Elde edilen değerler taze beton deney sonuçları bölümünde verilecektir.

Yerleştirme

Taze betondan alınan numunelerin sıkıştırılmalarının homojen olmasına dikkat edilmiştir. Sıkıştırma şişleme ve sarsma tablası kullanılarak sağlanmıştır. Silindir numuneler üç tabaka halinde doldurulmuştur. Her tabakada ortalama 25 standart şiş darbesi vurulmuştur. Prizma örnekler iki tabaka halinde ve her tabakada ortalama 60 şiş darbesi ile yerleştirilmiştir.

Örneklerin Kürü

Tüm karışımlardan alınan ve 24 saat sonra kalıplarından çıkarılan örnekler deney yaşına kadar (7.gün veya 28.gün) standart kürde bırakılmışlardır. 20 °Cdeki kirece doymun suda saklanan örnekler, deneylerinden yaklaşık 0,5-1 saat önce kuru yüzey doymun hale gelmeleri için kürden çıkartılmışlardır.

4.6.2. Sertleşmiş Beton

Daha önce bahsedildiği gibi sertleşmiş beton numunelere üç deney yöntemi uygulanmıştır. Bu deneylerdeki detaylar sırası ile aşağıda özetlenmiştir.

Serbest Basınç Deneyi

Serbest basınç deneyleri, ELE marka ve modeli Autotest3000 olan, 300ton kapasiteli ve dijital göstergeli hidrolik beton presi ile yapılmıştır. Deney sırasında numunelerde oluşan şekil değişimlerinin ölçülebilmesi için 1 mikron hassasiyetli, T.T.D.K marka komparatör ve bu komparatörü örneğe sabitleyebilmek için bir

çerçeve kullanılmıştır. Şekil 4.3.'de basınç deney örneği ve yüklemenin yapılışı görülmektedir.



Şekil 4.3. Basınç deneyi numunesi ve basınç deneyinin yapılışı

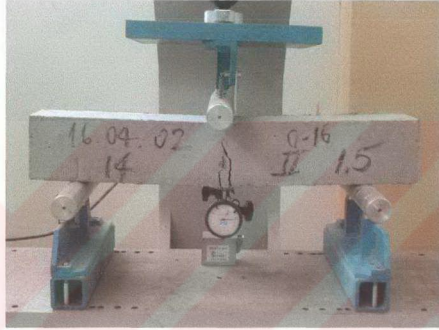
Yükleme hızı, beton için serbest basınç deneyinde alt sınır olan $1,5 \text{ kg/cm}^2/\text{sn}$ seçilmiştir. Standart silindir örneğinin tüm kesit alanı için yükleme hızı 265 kg/sn 'dir. Yüklemeye alt sınır kullanılmasının sebebi, gerilme-birim deformasyon eğrilerinin çıkarılması için gerekli okumaların bu hızda ancak yapılabilir olmasıdır. Örneklerin gerilme-deformasyon davranışının gözlenebilmesi için 1 mikron hassasiyetli komparatörle her 1 ton yük artışında numune boyunda oluşan kısaltmalar ölçülmüştür.

Numuneler maksimum basınç gerilmesine ulaştıktan sonra yükün %15 azaldığı ana kadar yüklemeye devam edilmiştir. Maksimum yükten sonra sistematik deformasyon okuması yapılamamış, ancak son andaki okuma gerçekleştirilebilmiştir.

Serbest basınç deneyi sonuçları Bölüm 4.7.'de, deneyler sırasında yapılan okumalar Ekler bölümünde verilmiştir.

Eğilme Deneyi

Ortadan tekil yüklemeli eğilme deneyleri, ELE marka ve modeli Autotest3000 olan hidrolik beton presi ve eğilme sistemi ile yapılmıştır. Deney sırasında kirişlerde oluşan sehim değerlerinin ölçülebilmesi için, 2 mikron hassasiyetli ELE marka komparatör ve bu komparatörü örneğe bağlayabilmek için bir ayak kullanılmıştır. Deneyin yapılışı sırasında çekilmiş bir fotoğraf Şekil 4.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Eğilme deneyinin yapılışı

10x10x60 cm boyutlarındaki kirişlerin ortadan tekil yükleme deneylerinde, mesnet açıklığı 45 cm ve yükün artım hızı 10 kg/sn olarak seçilmiştir.

Yükleme sırasında oluşan sehimler her 50 kg'lık yük artışında ölçülmüştür.

Yüklemeye, numunelerin maksimum eğilme gerilmesine ulaştıktan sonra yükün %15 azaldığı ana kadar devam edilmiştir. Maksimum yükten sonra yük azalırken deformasyon okumaları yapılamamış ancak son andaki sehim değeri okunabilmiştir.

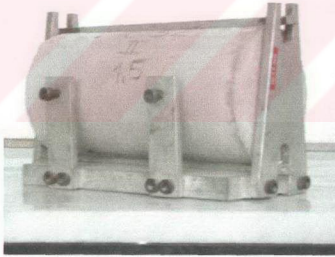
Lifli numunelerin eğilme deneylerinde çimento matrisi kırılmış, ancak kirişler tamamen göçüp ikiye ayrılmamıştır. Bunun gerekçesi, lifler sayesinde kompozitin hala yük taşıyabiliyor olmasıdır. İlk yüklemeye kırılmış bir sistemin, taşıyabileceği

maksimum yükün/gerilmenin tespiti için lifli örneklerde tekrar bir yükleme gerçekleştirilmiştir. Yapılan ikinci yükleme için yükleme ve deformasyon okuma esasları birinci duruma aynıdır.

Kirişlerin orta noktasından tekil yüklemeli eğilme deneyi sonuçları Bölüm 4.7.'de, deneyler sırasında yapılan okumalar Ekler bölümde verilmiştir.

Silindir Yarma Deneyi

Brezilya silindir yarma deneyleri, ELE marka ve modeli Autotest3000 olan hidrolik beton presi ve basınç sistemi kullanılarak yapılmıştır. Silindir boy kesitinde gerilmenin oluşabilmesi ve yarılmının gerçekleşebilmesi için 15x30cm ebatlarındaki standart silindire uygun bir aparat kullanılmıştır. Brezilya Deneyi numunesi ve yüklemenin yapılışı Şekil 4.5.'de görülmektedir.



Şekil 4.5. Aparatına yerleştirilmiş silindir yarma deney örneği ve deneyin yapılışı

15x30cm boyutlarındaki silindirlerin yarma deneylerinde yük artım hızı 1060 kg/sn olarak seçilmiştir.

Yüklemeye, numuneler maksimum yüke ulaştıktan sonra yükün %15 azaldığı noktaya kadar devam edilmiştir.

Yarma deneylerinde lifli numunelerin çimento matrisi kırılmış ancak kompozitin lifler sayesinde hala yük taşıyabilmesinden dolayı elemanlar tamamen göçüp ikiye ayrılmamıştır. Lifli elemanlarda ilk yüklemeye matrisi kırılmış bir sistemin, taşıyabileceği maksimum yükün/gerilmenin tespiti için tekrar bir yüklemeye gerçekleştirilmiştir. Yapılan ikinci yüklemeye için yüklemeye şekli birinci durumla aynıdır.

Silindir yarma deneyi sonuçları Bölüm 4.7.'de ve Ekler bölümünde verilmiştir.

4.7. Deney Sonuçları

Yapılan taze ve sertleşmiş beton deneylerinden elde edilen sonuçlar bu bölümde tablo ve grafiklerle anlatılmaya çalışılmıştır.

4.7.1. Taze Beton Deney Sonuçları

Deneylerde kullanılan çimentonun priz süreleri, betonların sıcaklık, birim hacim ağırlık ve slump değerleri şu şekildedir:

Priz Süreleri

Karışımlarda kullanılan çimentonun katkı kombinasyonları ile birlikte priz başlangıç ve bitiş süreleri Tablo 4.13.'de verilmiştir.

Tablo 4.13. Kullanılan çimentonun kimyasal ve mineral katkılarla birlikte priz süreleri

Bileşenler	Ağırlıkça Bileşim Oranları	Priz Başlangıcı (saat:dakika)	Priz Sonu (saat:dakika)
Çimento + Su	100 : 32,5	01:55	02:52
Çimento + Silika Dumanı + Su	100 : 15 : 40,5	02:06	03:21
Çimento + Akışkanlaştırıcı + Su	100 : 0,8 : 27	05:15	07:03
Çimento + Silika Dumanı + Akışkanlaştırıcı + Su	100 : 15 : 0,8 : 33	05:35	07:15

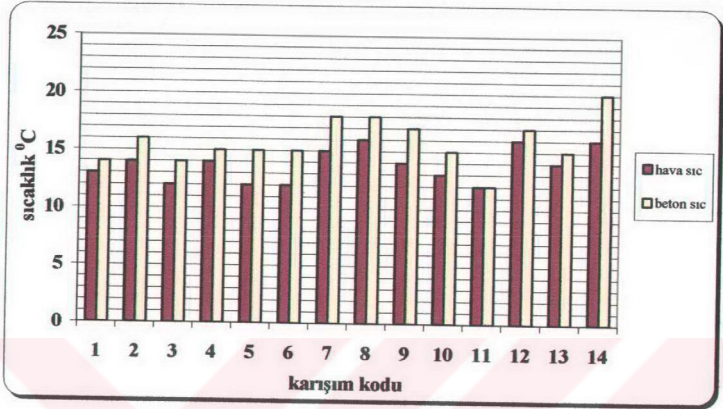
Slump, B.H.A, Hava Sıcaklığı, Beton Sıcaklığı

Hazırlanan taze beton karışımlarının slump (çökme), birim hacim ağırlık, sıcaklık ve deney sırasındaki hava sıcaklığı değerleri Tablo 4.14.'de sunulmuştur.

Tablo 4.14. Taze beton deney sonuçları

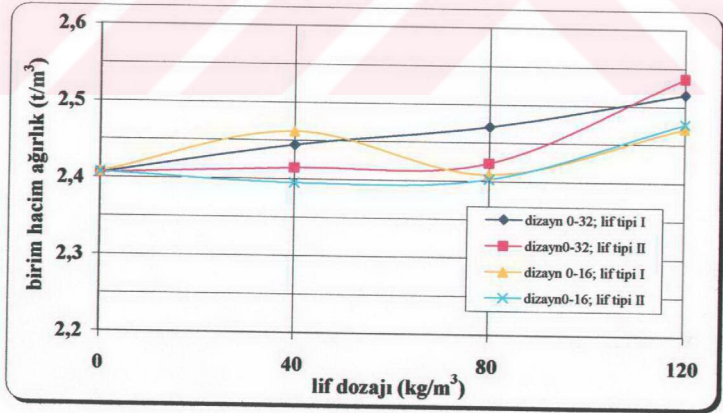
Karışım No	Hava Sıcaklığı (°C)	Beton Sıcaklığı (°C)	Birim Hacim Ağırlık (t/m ³)	Slump (cm)
1	13	14	2,406	19
2	14	16	2,407	21
3	12	14	2,444	20
4	14	15	2,462	19
5	12	15	2,415	16
6	12	15	2,396	13
7	15	18	2,471	9
8	16	18	2,409	12
9	14	17	2,424	14
10	13	15	2,403	11
11	12	12	2,516	15
12	16	17	2,471	13
13	14	15	2,536	5
14	16	20	2,477	4

Beton taze haldeyken ölçülen hava ve beton sıcaklıkları grafiksel olarak Şekil 4.6.'daki gibidir.



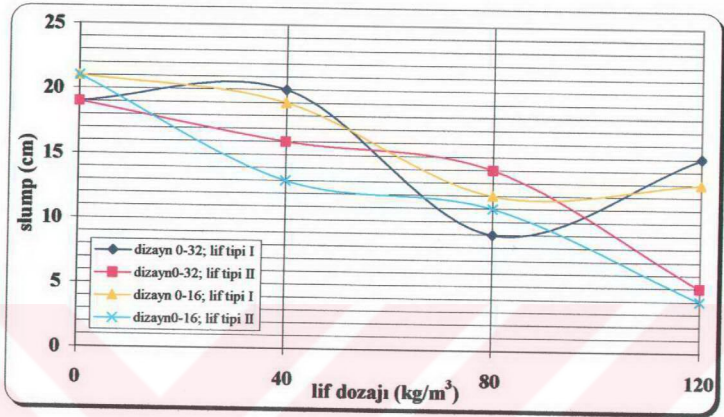
Şekil 4.6. Karışımlara göre beton ve hava sıcaklıkları

Taze betonlarda lif dozajına göre ölçülen birim hacim ağırlık değerlerinin değişimi Şekil 4.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Karışımların lif dozajına göre b.h.a değişimleri

Betonların kıvamını gösteren slump değerleri, lif dozajına göre grafik olarak Şekil 4.8.'de verilmiştir.



Şekil 4.8. Karışımların lif dozajlarına göre slump değişimi

Karışımların lif dozajı arttıkça çökme değerlerinde önemli azalmalar görülmektedir. Bunun nedeni, slump hunisine yerleştirilen betonun serbest bırakıldıktan sonra lifler tarafından tutulması, betonun kendi ağırlığı ile yayılıp dağılmasının engellenmesidir. Bu durum lif dozajı artışıyla giderek artan bir önem kazanmaktadır. Grafikteki küçük değişkenlikler ise olası deney hatalarından kaynaklanmaktadır.

4.7.2. Sertleşmiş Beton Deneyi Sonuçları

Basınc, Çekme ve Eğilme Dayanımları

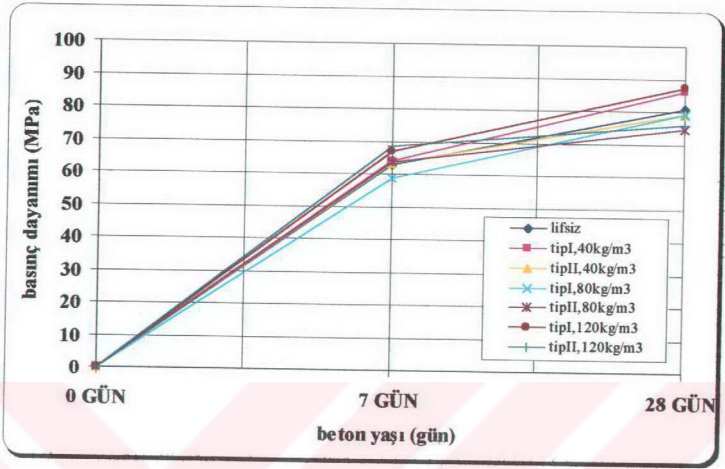
Numunelerin karışım tiplerine, deney yöntemine ve deney yaşına göre dayanımları aşağıdaki Tablo 4.15.'de özetlenmiştir.

Tablonun ardından, karışımların deney yöntemi, dizayn tipi, beton yaşı, lif tipi ve lif dozajına göre mekanik dayanımları ile dayanımların liffsiz örneklerle göre bağlı değerleri grafik olarak verilmiştir.

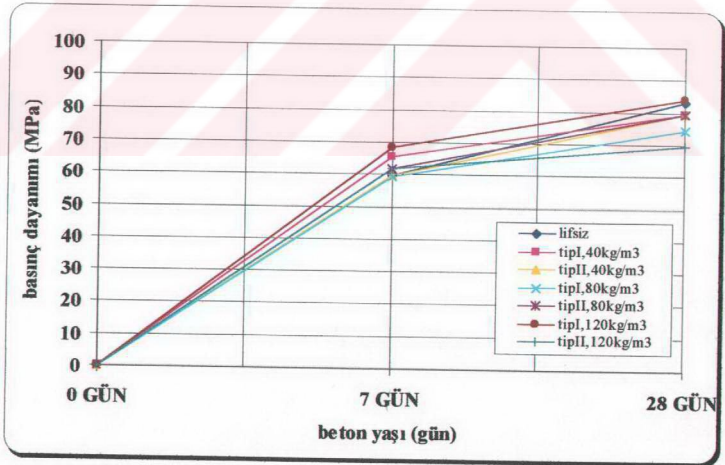
Karışım Kodu	Örnek No	Dizayn	Lif Tipi	Lif İçeriği	Örnek Tipi	Deney Metodu	7G Day (MPa)	28G Day (MPa)	7G Ort (MPa)	28G Ort (MPa)	7G/28G (%)	Bağlı Dayanımlar (%)
K7	109	0-32	I	80	Silindir	Basınc	58,80					93,1
	110	0-32	I	80	Silindir	Basınc	58,59		58,64			
	111	0-32	I	80	Silindir	Basınc	58,54				74,0	
	112	0-32	I	80	Silindir	Basınc		78,89		79,30		98,3
	113	0-32	I	80	Silindir	Basınc		80,71				
	114	0-32	I	80	Silindir	Basınc		78,29				
	115	0-32	I	80	Prizma	Eğilme	8,62		8,31			140,3
	116	0-32	I	80	Prizma	Eğilme	7,94					
	117	0-32	I	80	Prizma	Eğilme	8,38					
	118	0-32	I	80	Prizma	Eğilme		12,61		12,75		108,1
	119	0-32	I	80	Prizma	Eğilme		13,32				
	120	0-32	I	80	Prizma	Eğilme		12,31				
	121	0-32	I	80	Silindir	Yarma	4,96					
	122	0-32	I	80	Silindir	Yarma	5,48		5,17			118,1
123	0-32	I	80	Silindir	Yarma	5,07						
124	0-32	I	80	Silindir	Yarma		6,34		6,21		140,3	
125	0-32	I	80	Silindir	Yarma		6,32					
126	0-32	I	80	Silindir	Yarma		5,97					
K8	127	0-16	I	80	Silindir	Basınc	59,95		59,25			99,1
	128	0-16	I	80	Silindir	Basınc	59,27					
	129	0-16	I	80	Silindir	Basınc	58,54					
	130	0-16	I	80	Silindir	Basınc		75,25		74,39		89,4
	131	0-16	I	80	Silindir	Basınc		73,03				
	132	0-16	I	80	Silindir	Basınc		74,89				
	133	0-16	I	80	Prizma	Eğilme	8,19		9,09			102,3
	134	0-16	I	80	Prizma	Eğilme	9,11					
	135	0-16	I	80	Prizma	Eğilme	9,96					
	136	0-16	I	80	Prizma	Eğilme		12,53		12,91		99,8
	137	0-16	I	80	Prizma	Eğilme		12,47				
	138	0-16	I	80	Prizma	Eğilme		13,72				
	139	0-16	I	80	Silindir	Yarma	4,91					
	140	0-16	I	80	Silindir	Yarma	5,06		4,97			103,8
141	0-16	I	80	Silindir	Yarma	4,93						
142	0-16	I	80	Silindir	Yarma		6,01		6,37		128,4	
143	0-16	I	80	Silindir	Yarma		6,30					
144	0-16	I	80	Silindir	Yarma		6,80					

Karışım Kodu	Örnek No	Dizayn	Lif Tipi	Lif İçeriği	Örnek Tipi	Deneş Metodu	7G Day (MPa)	28G Day (MPa)	7G Ort (MPa)	28G Ort (MPa)	7G/28G (%)	Bağıl Dayanımlar (%)
K9	145	0-32	11	80	Silindir	Basınc	63,05					
	146	0-32	11	80	Silindir	Basınc	64,58		63,76			101,2
	147	0-32	11	80	Silindir	Basınc	63,64					
	148	0-32	11	80	Silindir	Basınc		76,86				
	149	0-32	11	80	Silindir	Basınc		70,84		74,85		92,8
	150	0-32	11	80	Silindir	Basınc		76,86				
	151	0-32	11	80	Prizma	Eğilme	11,77					
	152	0-32	11	80	Prizma	Eğilme	8,88		9,92			167,5
	154	0-32	11	80	Prizma	Eğilme	9,11					
	155	0-32	11	80	Prizma	Eğilme		11,74				
	156	0-32	11	80	Prizma	Eğilme		12,14		11,88		100,8
	157	0-32	11	80	Silindir	Yarma	6,79					
	158	0-32	11	80	Silindir	Yarma	7,05		6,68			
	159	0-32	11	80	Silindir	Yarma	6,21					
	160	0-32	11	80	Silindir	Yarma		6,18				
	161	0-32	11	80	Silindir	Yarma		6,47		6,40		144,5
	162	0-32	11	80	Silindir	Yarma		6,54				
	163	0-16	11	80	Silindir	Basınc	61,73					
164	0-16	11	80	Silindir	Basınc	62,62		61,53				
165	0-16	11	80	Silindir	Basınc	60,25						
166	0-16	11	80	Silindir	Basınc							
167	0-16	11	80	Silindir	Basınc		81,24					
168	0-16	11	80	Silindir	Basınc		75,57		79,25		77,6	95,2
169	0-16	11	80	Prizma	Eğilme	9,05						
170	0-16	11	80	Prizma	Eğilme	9,07		9,41				
171	0-16	11	80	Prizma	Eğilme	10,11						
172	0-16	11	80	Prizma	Eğilme		12,90					
173	0-16	11	80	Prizma	Eğilme		12,10					
174	0-16	11	80	Prizma	Eğilme		12,34			12,45	75,6	96,3
175	0-16	11	80	Silindir	Yarma	6,40						
176	0-16	11	80	Silindir	Yarma	6,55						
177	0-16	11	80	Silindir	Yarma	6,45		6,47				
178	0-16	11	80	Silindir	Yarma		8,07					
179	0-16	11	80	Silindir	Yarma		7,27					
180	0-16	11	80	Silindir	Yarma		7,70		7,68			154,8
K10	145	0-32	11	80	Silindir	Basınc	63,05					
	146	0-32	11	80	Silindir	Basınc	64,58					
	147	0-32	11	80	Silindir	Basınc	63,64					
	148	0-32	11	80	Silindir	Basınc		76,86				
	149	0-32	11	80	Silindir	Basınc		70,84		74,85		92,8
	150	0-32	11	80	Silindir	Basınc		76,86				
	151	0-32	11	80	Prizma	Eğilme	11,77					
	152	0-32	11	80	Prizma	Eğilme	8,88		9,92			167,5
	154	0-32	11	80	Prizma	Eğilme	9,11					
	155	0-32	11	80	Prizma	Eğilme		11,74				
	156	0-32	11	80	Prizma	Eğilme		12,14		11,88		100,8
	157	0-32	11	80	Silindir	Yarma	6,79					
	158	0-32	11	80	Silindir	Yarma	7,05		6,68			
	159	0-32	11	80	Silindir	Yarma	6,21					
	160	0-32	11	80	Silindir	Yarma		6,18				
	161	0-32	11	80	Silindir	Yarma		6,47		6,40		144,5
	162	0-32	11	80	Silindir	Yarma		6,54				
	163	0-16	11	80	Silindir	Basınc	61,73					
164	0-16	11	80	Silindir	Basınc	62,62		61,53				
165	0-16	11	80	Silindir	Basınc	60,25						
166	0-16	11	80	Silindir	Basınc							
167	0-16	11	80	Silindir	Basınc		81,24					
168	0-16	11	80	Silindir	Basınc		75,57		79,25		77,6	95,2
169	0-16	11	80	Prizma	Eğilme	9,05						
170	0-16	11	80	Prizma	Eğilme	9,07		9,41				
171	0-16	11	80	Prizma	Eğilme	10,11						
172	0-16	11	80	Prizma	Eğilme		12,90					
173	0-16	11	80	Prizma	Eğilme		12,10					
174	0-16	11	80	Prizma	Eğilme		12,34			12,45	75,6	96,3
175	0-16	11	80	Silindir	Yarma	6,40						
176	0-16	11	80	Silindir	Yarma	6,55						
177	0-16	11	80	Silindir	Yarma	6,45		6,47				
178	0-16	11	80	Silindir	Yarma		8,07					
179	0-16	11	80	Silindir	Yarma		7,27					
180	0-16	11	80	Silindir	Yarma		7,70		7,68			154,8

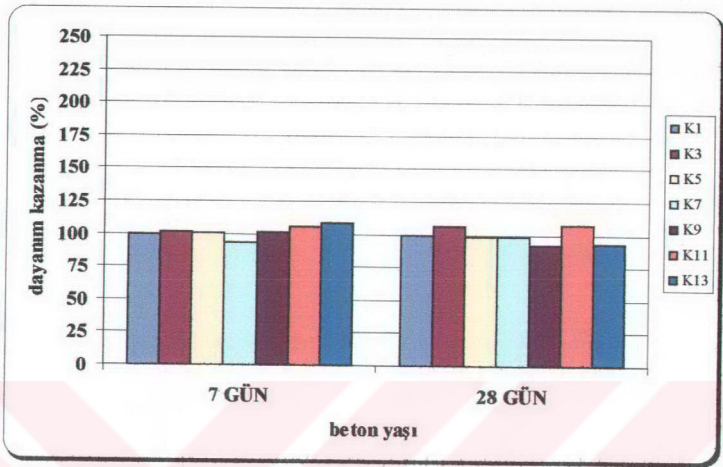
Karışım Kodu	Örnek No	Dizayn	Lif Tipi	Lif İçeriği	Örnek Tipi	Deney Metodu	7G Day (MPa)	28G Day (MPa)	7G Ort (MPa)	28G Ort (MPa)	7G/28G (%)	Bağlı Dayanımlar (%)
K13	217	0-32	11	120	Silindirik	Basınc	67,41					
	218	0-32	11	120	Silindirik	Basınc	69,72		68,70			109,0
	219	0-32	11	120	Silindirik	Basınc	68,98				90,7	
	220	0-32	11	120	Silindirik	Basınc		77,49				93,9
	221	0-32	11	120	Silindirik	Basınc		75,88		75,79		
	222	0-32	11	120	Silindirik	Basınc		73,99				
	223	0-32	11	120	Prizma	Eğilme	13,53		14,10			238,1
	224	0-32	11	120	Prizma	Eğilme	12,66					
	225	0-32	11	120	Prizma	Eğilme	16,12					
	226	0-32	11	120	Prizma	Eğilme		16,77		14,15		120,0
	227	0-32	11	120	Prizma	Eğilme		12,49				
	228	0-32	11	120	Prizma	Eğilme		13,18				
	229	0-32	11	120	Silindirik	Yarma	9,96					
	230	0-32	11	120	Silindirik	Yarma	7,72		8,84			202,1
231	0-32	11	120	Silindirik	Yarma	8,85				95,8		
232	0-32	11	120	Silindirik	Yarma		9,91					
233	0-32	11	120	Silindirik	Yarma		8,59		9,23		208,6	
234	0-32	11	120	Silindirik	Yarma		9,20					
235	0-16	11	120	Silindirik	Basınc	61,08						
236	0-16	11	120	Silindirik	Basınc	63,09		61,89			103,5	
237	0-16	11	120	Silindirik	Basınc	61,50						
238	0-16	11	120	Silindirik	Basınc		66,68					
239	0-16	11	120	Silindirik	Basınc		69,59		69,74		88,7	83,8
240	0-16	11	120	Silindirik	Basınc		72,96					
241	0-16	11	120	Prizma	Eğilme	11,68						
242	0-16	11	120	Prizma	Eğilme	12,93		12,55			141,4	
243	0-16	11	120	Prizma	Eğilme	13,05						
244	0-16	11	120	Prizma	Eğilme		13,65					102,7
245	0-16	11	120	Prizma	Eğilme		14,09		13,27		94,6	
246	0-16	11	120	Prizma	Eğilme		12,07					
247	0-16	11	120	Silindirik	Yarma	7,55						
248	0-16	11	120	Silindirik	Yarma	8,09		7,60			158,9	
249	0-16	11	120	Silindirik	Yarma	7,16						
250	0-16	11	120	Silindirik	Yarma		8,57					
251	0-16	11	120	Silindirik	Yarma		7,82		8,39		90,5	
252	0-16	11	120	Silindirik	Yarma		8,79					169,2



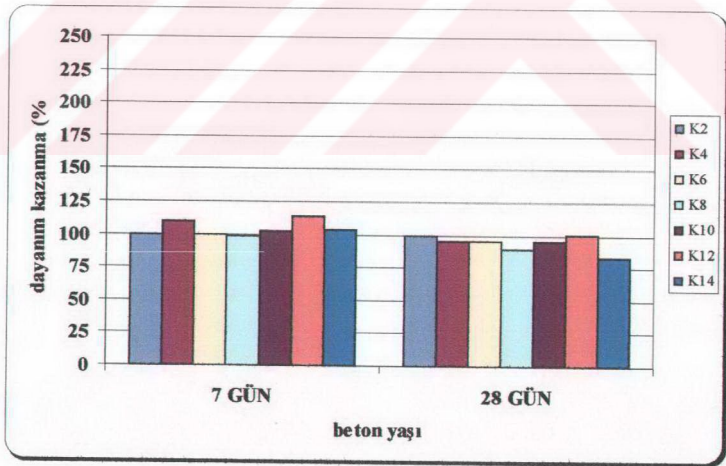
Şekil 4.9. 0-32 dizaynli karışımların lif tipi ve oranlarına göre zamana bağlı basınç dayanımları



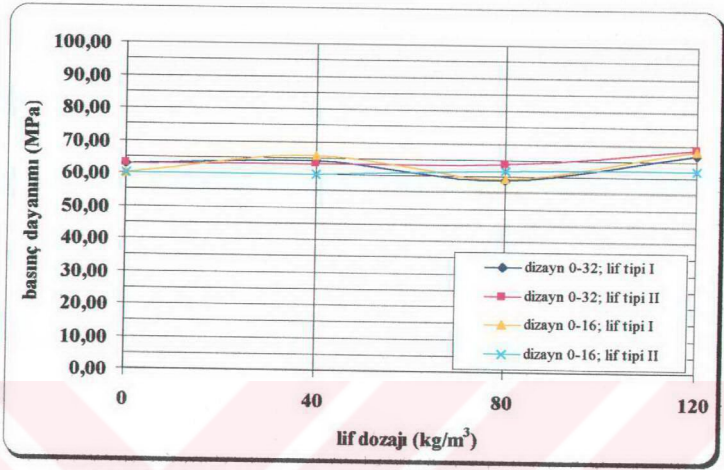
Şekil 4.10. 0-16 dizaynli karışımların lif tipi ve oranlarına göre zamana bağlı basınç dayanımları



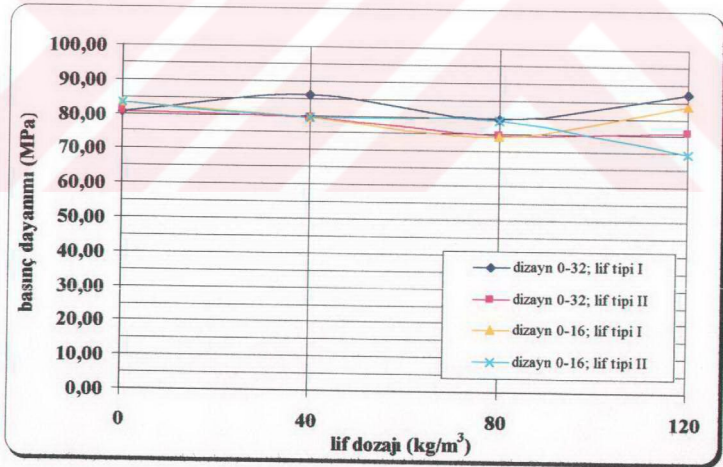
Şekil 4.11. 0-32 dizaynli karışımların lifsiz betonlara göre basınç dayanımı kazanma yüzdeleri



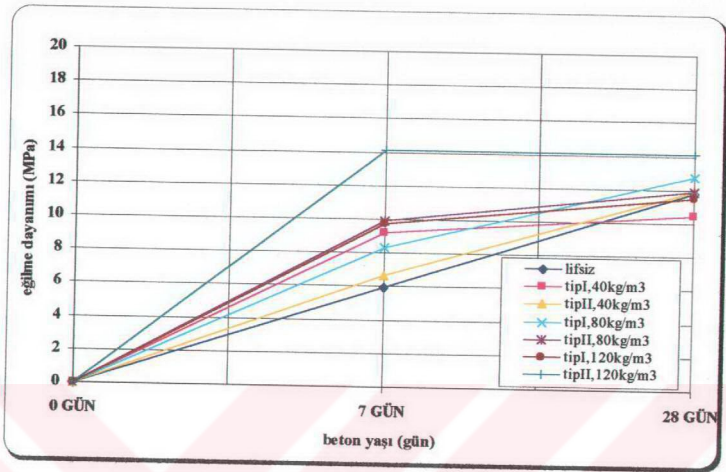
Şekil 4.12. 0-16 dizaynli karışımların lifsiz betonlara göre basınç dayanımı kazanma yüzdeleri



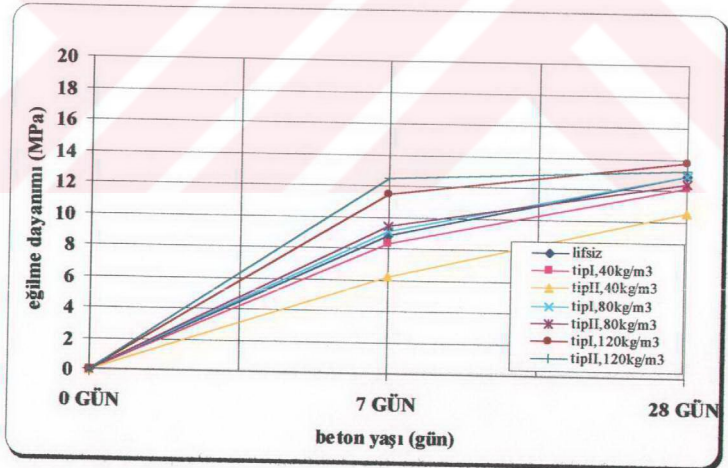
Şekil 4.13. Numunelerin lif dozajlarına göre 7 günlük basınç dayanımları



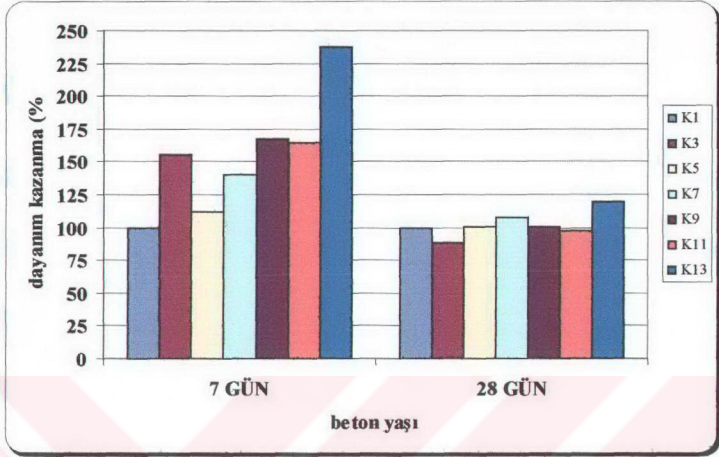
Şekil 4.14. Numunelerin lif dozajlarına göre 28 günlük basınç dayanımları



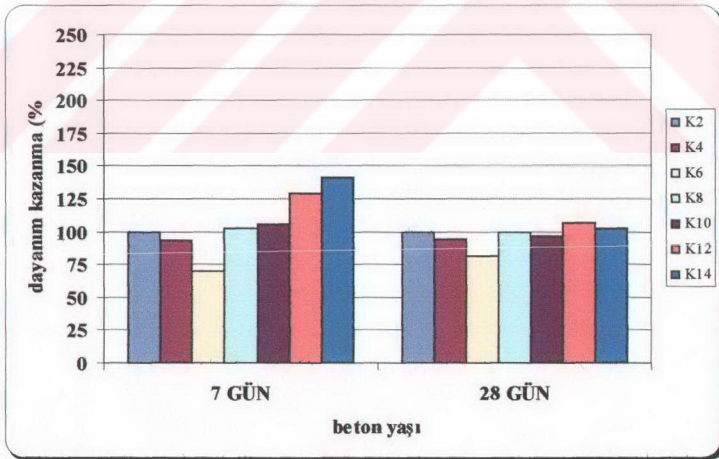
Şekil 4.15. 0-32 dizaynlı karışımların lif tipi ve oranlarına göre zamana bağlı eğilme dayanımları



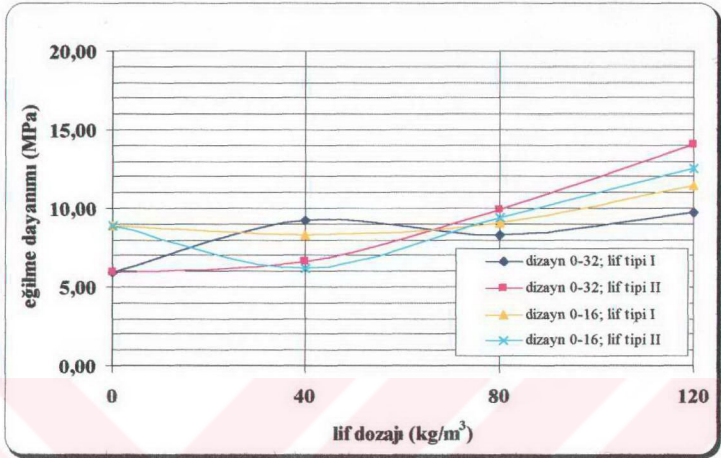
Şekil 4.16. 0-16 dizaynlı karışımların lif tipi ve oranlarına göre zamana bağlı eğilme dayanımları



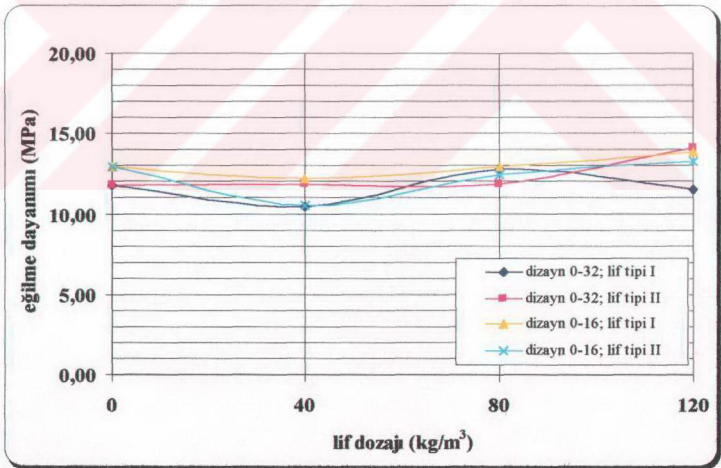
Şekil 4.17. 0-32 dizaynli karışımların lifsiz betonlara göre eğilme dayanımı kazanma yüzdeleri



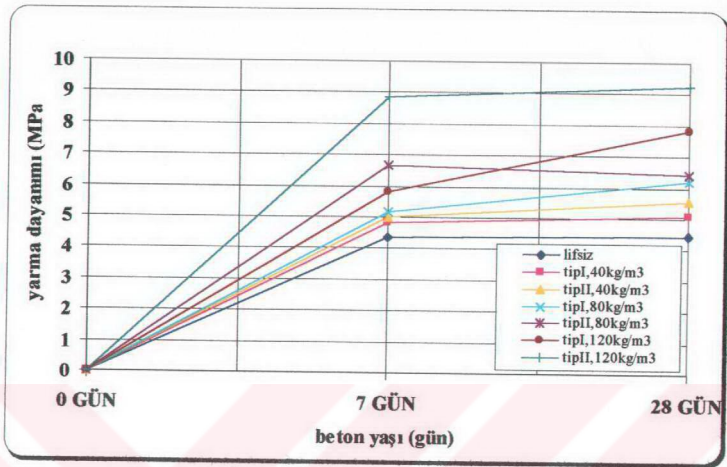
Şekil 4.18. 0-16 dizaynli karışımların lifsiz betonlara göre eğilme dayanımı kazanma yüzdeleri



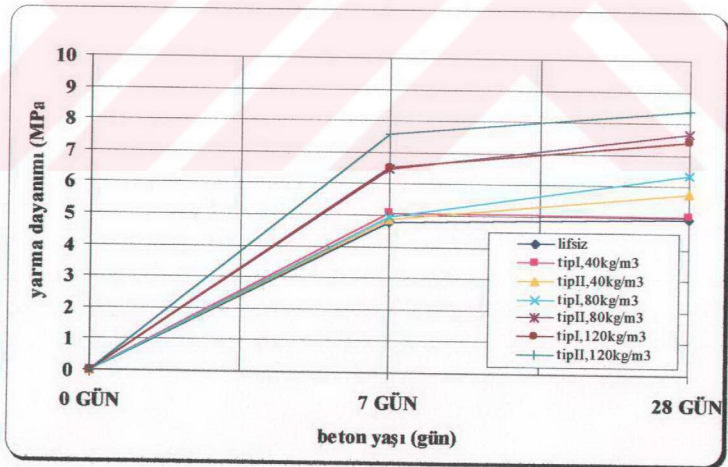
Şekil 4.19. Numunelerin lif dozajlarına göre 7 günlük eğilme dayanımları



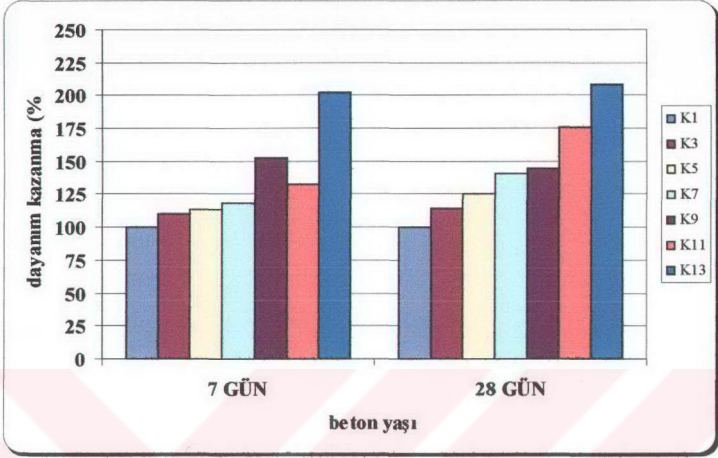
Şekil 4.20. Numunelerin lif dozajlarına göre 28 günlük eğilme dayanımları



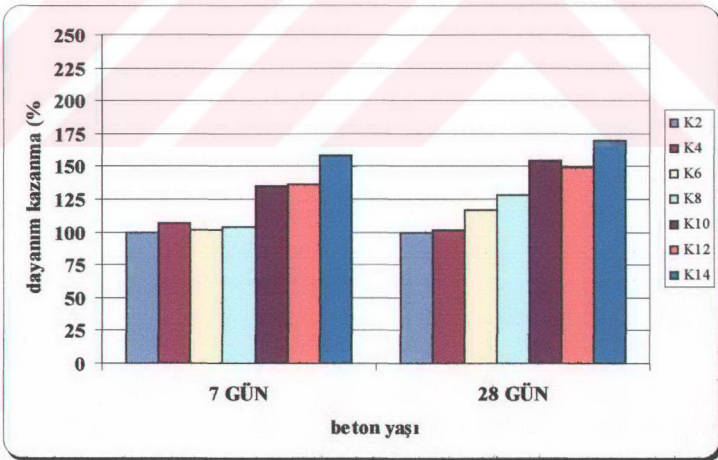
Şekil 4.21. 0-32 dizaynli karışımların lif tipi ve oranlarına göre zamana bağlı yarma dayanımları



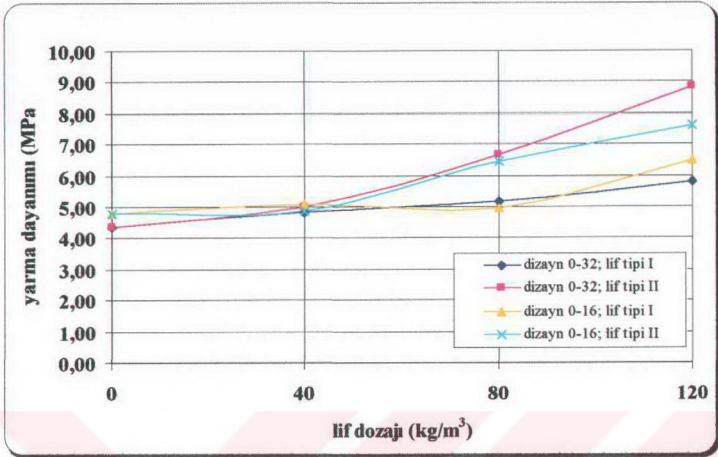
Şekil 4.22. 0-16 dizaynli karışımların lif tipi ve oranlarına göre zamana bağlı yarma dayanımları



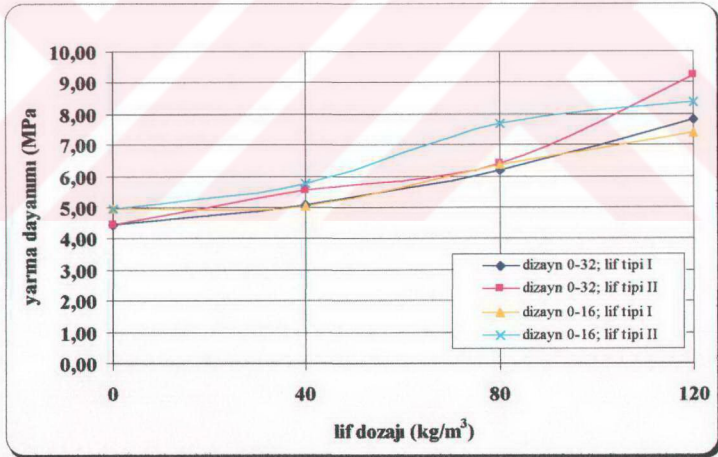
Şekil 4.23. 0-32 dizaynlı karışımların lifsiz betonlara göre yarma dayanımı kazanma yüzdeleri



Şekil 4.24. 0-16 dizaynlı karışımların lifsiz betonlara göre yarma dayanımı kazanma yüzdeleri

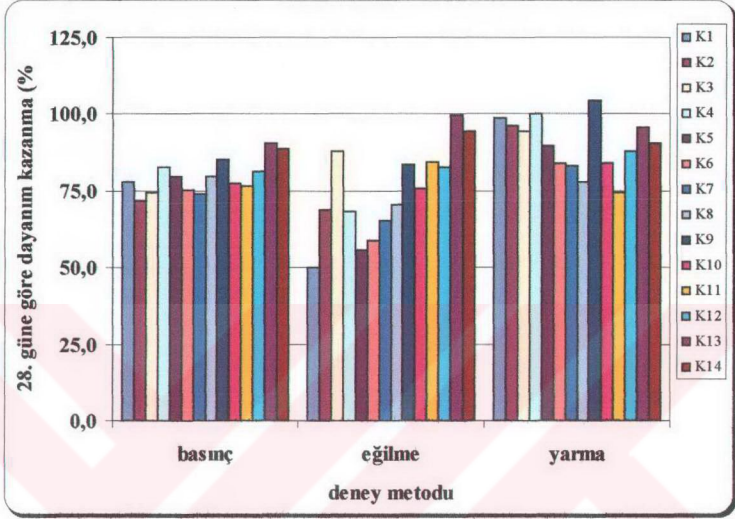


Şekil 4.25. Numunelerin lif dozajlarına göre 7 günlük yarma dayanımları



Şekil 4.26. Numunelerin lif dozajlarına göre 28 günlük yarma dayanımları

Tüm karışımların deney yöntemlerine göre ayrıca hesaplanan 7 günlük dayanımlarının 28 günlük dayanımlarına oranları Şekil 4.26'da sütun grafik olarak verilmiştir.

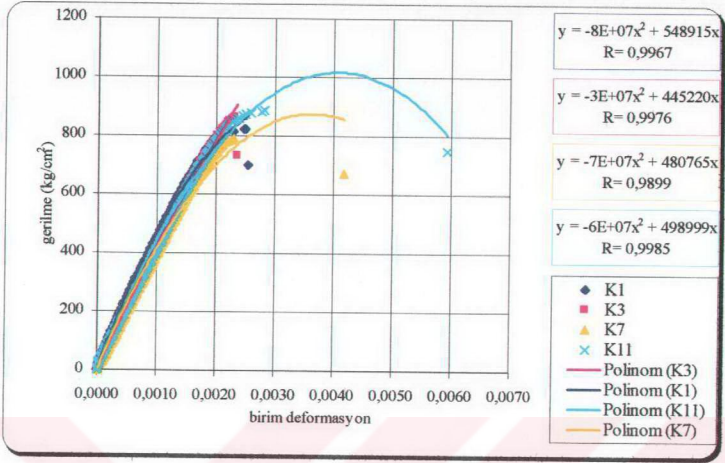


Şekil 4.27. Karışım tipleri ve deney yöntemlerine göre 7-28 günlük dayanım ilişkileri

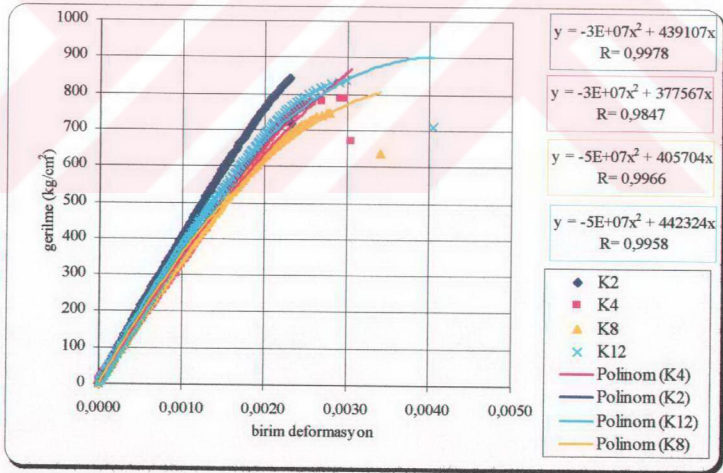
Gerilme-Deformasyon İlişkileri

Üretilen betonların 28 günlük serbest basınç deneyi sırasında yapılan okumalardan elde edilen nokta çiftleri ve bu noktalardan en uygun şekilde geçen eğriler karışım ve lif tiplerine göre Şekil 4.28, Şekil 4.29, Şekil 4.30 ve Şekil 4.31'de gösterilmektedir.

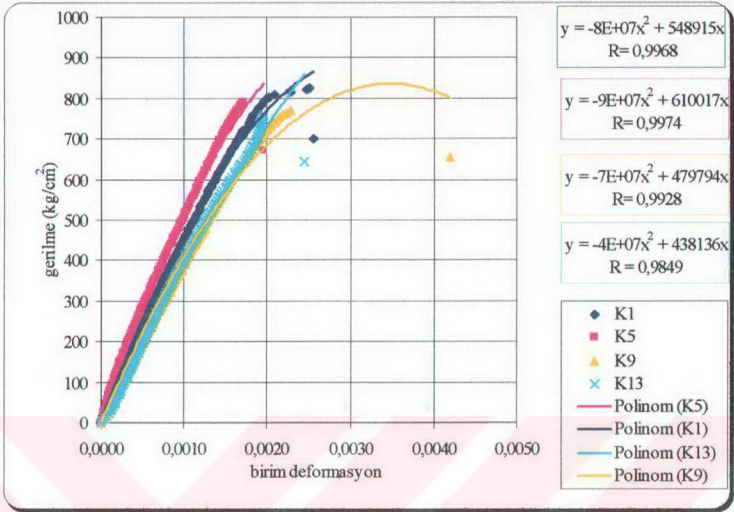
28 günlük eğilme deneylerinden elde edilen yük-sehim okumaları ve bu noktaları en iyi temsil eden eğriler ise Şekil 4.32, Şekil 4.33, Şekil 4.34 ve Şekil 4.35'de verilmektedir.



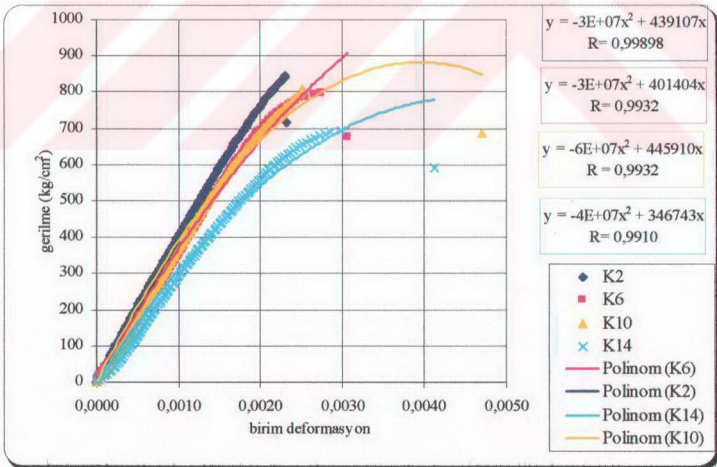
Şekil 4.28. 0-32 dizayn, lif tipi I olan karışımların gerilme-birim deformasyon eğrileri



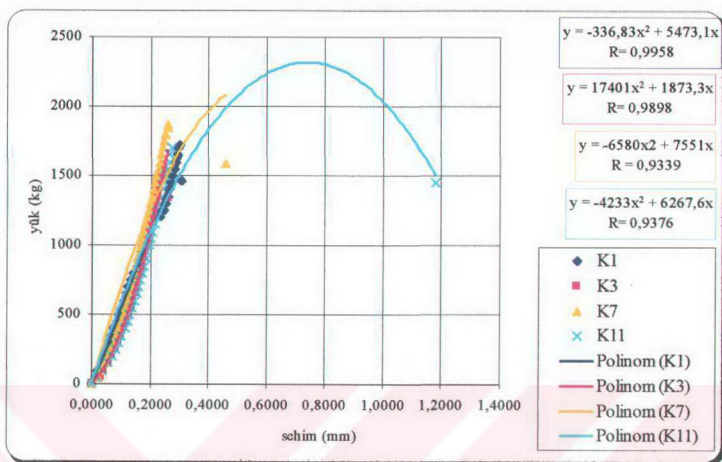
Şekil 4.29. 0-16 dizayn, lif tipi I olan karışımların gerilme-birim deformasyon eğrileri



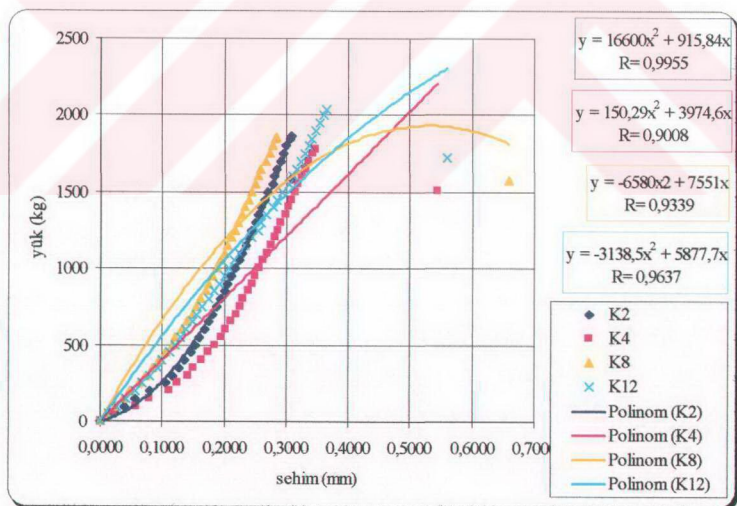
Şekil 4.30. 0-32 dizaynlı, lif tipi II olan karışımların gerilme-birim deformasyon eğrileri



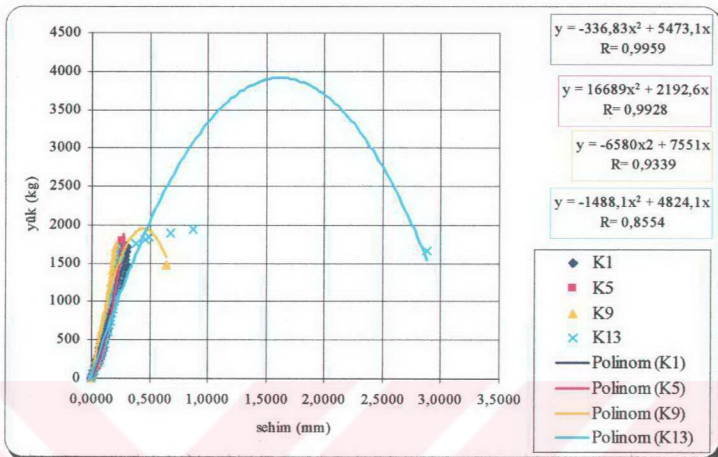
Şekil 4.31. 0-16 dizaynlı, lif tipi II olan karışımların gerilme-birim deformasyon eğrileri



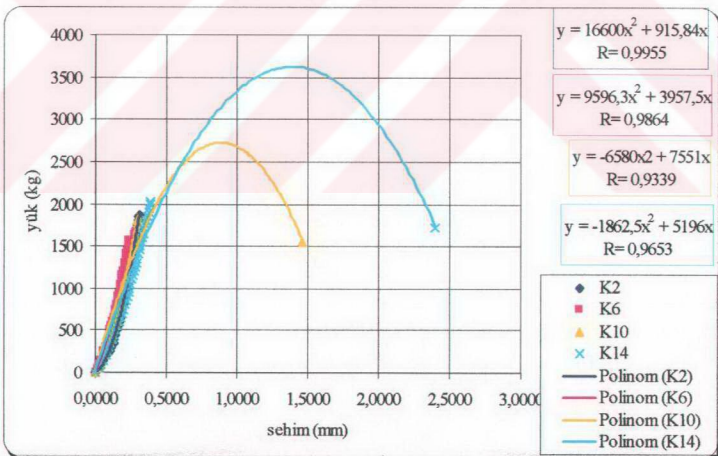
Şekil 4.32. 0-32 dizaynlı, lif tipi I olan karışımların yük-schım eğrileri



Şekil 4.33. 0-16 dizaynlı, lif tipi I olan karışımların yük-schım eğrileri



Şekil 4.34. 0-32 dizaynlı, lif tipi II olan karışımların yük-şim eğrileri



Şekil 4.35. 0-16 dizaynlı, lif tipi II olan karışımların yük-şim eğrileri

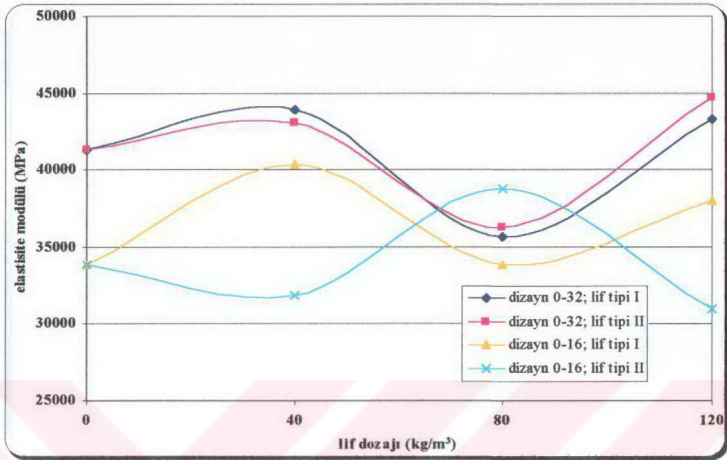
Elastisite Modülü Değerleri

DeneySEL çalışmada üretilen betonların, gerilme-birim deformasyon eğrisinin orantılı bölgesindeki nokta çiftleri kullanılarak en küçük kareler yöntemi ile hesaplanan, karışım tiplerine göre elastisite modülü değerleri Tablo 4.16.'da verilmiştir.

Tablo 4.16. Karışımlara göre elastisite modülleri

Karışım No	Dizayn Tipi	Lif Tipi	Lif İçeriği (kg/m ³)	Elastisite Modülü (MPa)
1	0-32	0	0	41400
2	0-16	0	0	33800
3	0-32	I	40	43900
4	0-16	I	40	40300
5	0-32	II	40	43100
6	0-16	II	40	31900
7	0-32	I	80	35700
8	0-16	I	80	33900
9	0-32	II	80	36300
10	0-16	II	80	38800
11	0-32	I	120	43300
12	0-16	I	120	38000
13	0-32	II	120	44700
14	0-16	II	120	31000

Betonların lif içeriği artışı ile elastisite modülü değerlerinde herhangi bir artış ya da azalış eğilimi görülememiştir. Bununla birlikte, değişimler literatürde geçen $\pm\%25$ aralığında kalmaktadır. Elastisite modülü değerleri lifsiz betonlara göre $-\%14$ ile $+\%19$ arasında farklılık göstermektedir. Karışım tipine, lif tipi ve dozajına göre elastisite modüllerinin değişimleri Şekil 4.28.'den izlenebilir.



Şekil 4.36. Lif dozajına göre karışımların elastisite modülü değişimleri

Enerji Yutabilme Kapasiteleri

Bu bölümde, deneysel çalışma çerçevesinde üretilen betonların dizayn türüne, lif tiplerine, lif dozajlarına göre elastisite modülü değişimleri tablo ve grafiklerle ifade edilmeye çalışılacaktır.

Enerji yutabilme kapasiteleri, serbest basınç deneylerinde gerilme ile birim şekil değişimi eğrisinin altında kalan alan, eğilme deneylerinde ise yük ile sehim eğrisi altında kalan alan olarak tanımlandığından iki durum için de değerleri hesaplanmıştır. Yükleme maksimum yükün %15 azaldığı noktaya kadar yapıldığından eğri altında kalan alanlar da bu noktaya kadar hesaplanabilmektedir.

Alanlar 7 günlük basınç, 28 günlük basınç, 7 günlük eğilme, 28 günlük eğilme deneyleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Beton yaşı 7 gün olan karışımların basınç deneyinden bulunan enerji yutma kapasitesi değerleri Tablo 4.17.'de, 28 günlük numunelerden hesaplanan değerler Tablo 4.18'dedir.

Tablo 4.17. Üretilen betonların 7 günlük basınç deneyinden bulunan enerji yutabilme kapasitesi değerleri

Karışım No	Dizayn Tipi	Lif Tipi	Lif İçeriği (kg/m ³)	Enerji yutabilme (kg.cm/cm ³)
1	0-32	0	0	0,767309
2	0-16	0	0	1,124207
3	0-32	I	40	0,968173
4	0-16	I	40	1,200685
5	0-32	II	40	1,269069
6	0-16	II	40	0,933450
7	0-32	I	80	1,760541
8	0-16	I	80	1,216733
9	0-32	II	80	1,820538
10	0-16	II	80	1,941208
11	0-32	I	120	1,970651
12	0-16	I	120	1,590546
13	0-32	II	120	3,409118
14	0-16	II	120	3,043557

Tablo 4.18. Üretilen betonların 28 günlük basınç deneyinden bulunan enerji yutabilme kapasitesi değerleri

Karışım No	Dizayn Tipi	Lif Tipi	Lif İçeriği (kg/m ³)	Enerji yutabilme (kg.cm/cm ³)
1	0-32	0	0	1,186172
2	0-16	0	0	1,178235
3	0-32	I	40	1,148253
4	0-16	I	40	1,181463
5	0-32	II	40	1,788732
6	0-16	II	40	1,610009
7	0-32	I	80	2,630320
8	0-16	I	80	1,287869
9	0-32	II	80	1,426549
10	0-16	II	80	2,933717
11	0-32	I	120	2,980276
12	0-16	I	120	2,450262
13	0-32	II	120	1,174971
14	0-16	II	120	2,984366

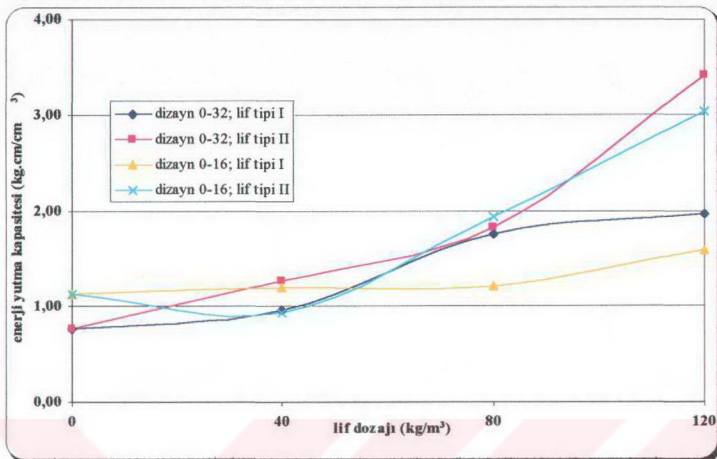
Enerji yutabilme kapasitesinin eğilme deneylerinden hesaplanan 7 ve 28 günlük değerleri sırasıyla Tablo 4.19 ve Tablo 4.20'de verilmiştir.

Tablo 4.19. Üretilen betonların 7 günlük eğilme deneyinden bulunan enerji yutabilme kapasitesi değerleri

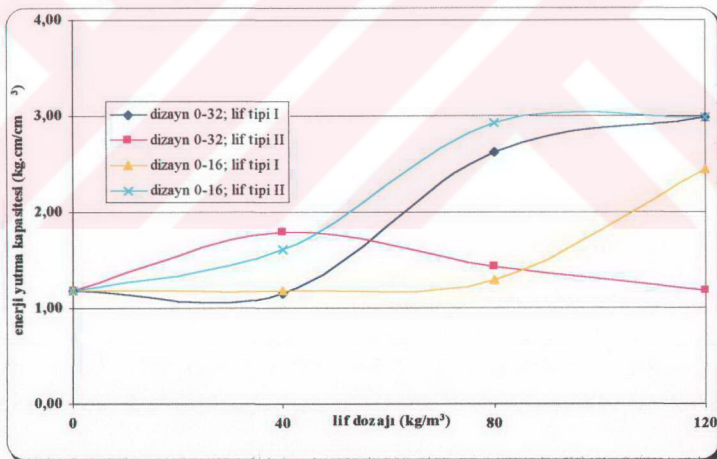
Karışım No	Dizayn Tipi	Lif Tipi	Lif İçeriği (kg/m ³)	Enerji yutabilme (kg.mm)
1	0-32	0	0	85,15
2	0-16	0	0	202,98
3	0-32	I	40	164,47
4	0-16	I	40	251,64
5	0-32	II	40	201,57
6	0-16	II	40	204,42
7	0-32	I	80	566,15
8	0-16	I	80	412,59
9	0-32	II	80	1720,58
10	0-16	II	80	2796,47
11	0-32	I	120	2411,55
12	0-16	I	120	2116,80
13	0-32	II	120	5908,22
14	0-16	II	120	5642,48

Tablo 4.20. Üretilen betonların 28 günlük eğilme deneyinden bulunan enerji yutabilme kapasitesi değerleri

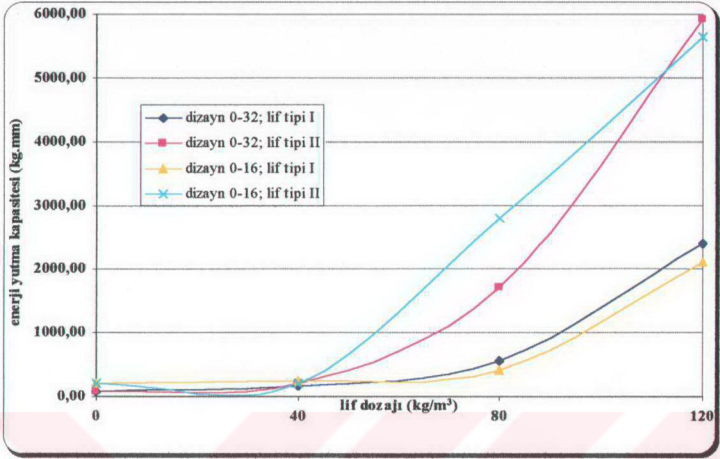
Karışım No	Dizayn Tipi	Lif Tipi	Lif İçeriği (kg/m ³)	Enerji yutabilme (kg.mm)
1	0-32	0	0	225,25
2	0-16	0	0	230,64
3	0-32	I	40	165,75
4	0-16	I	40	542,78
5	0-32	II	40	221,11
6	0-16	II	40	239,51
7	0-32	I	80	1005,44
8	0-16	I	80	909,91
9	0-32	II	80	1830,59
10	0-16	II	80	2251,02
11	0-32	I	120	1601,76
12	0-16	I	120	1933,49
13	0-32	II	120	5493,05
14	0-16	II	120	2243,56



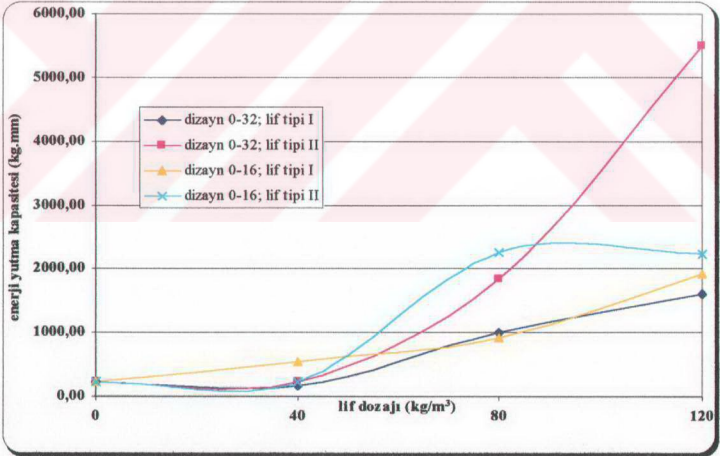
Şekil 4.37. 7 günlük basınç deneyinden elde edilen enerji yutabilme değerleri



Şekil 4.38. 28 günlük basınç deneyinden elde edilen enerji yutabilme değerleri

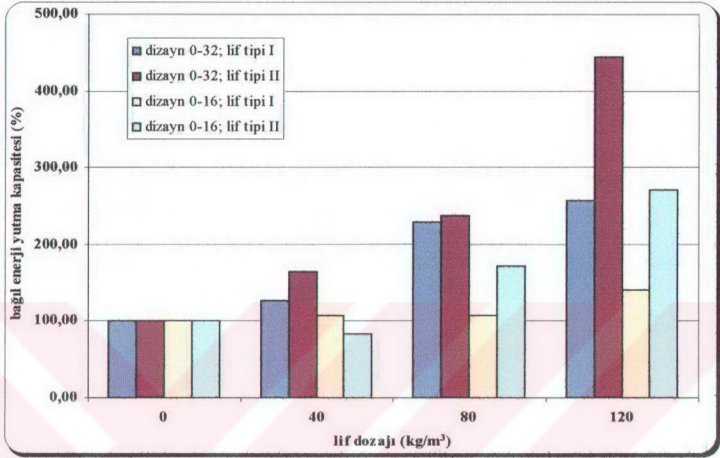


Şekil 4.39. 7 günlük eğilme deneyinden elde edilen enerji yutabilme değerleri

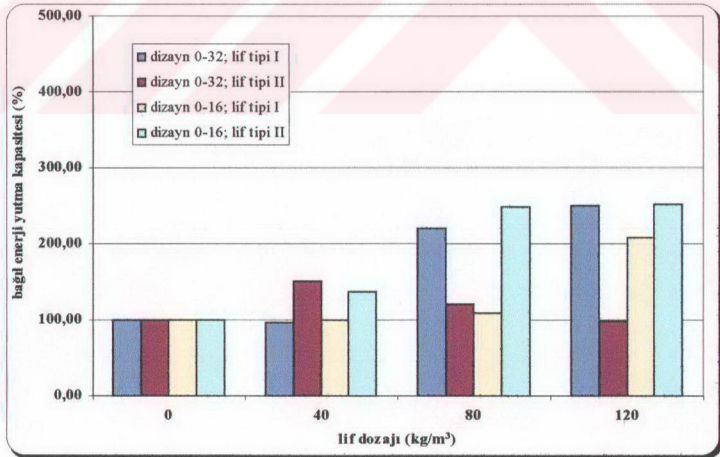


Şekil 4.40. 28 günlük eğilme deneyinden elde edilen enerji yutabilme değerleri

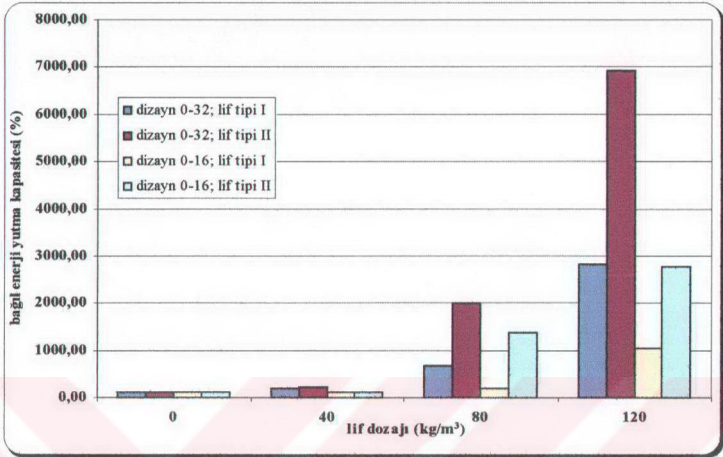
Enerji yutabilme kapasitesi hesabında karışımlardaki değişimi görmek amacıyla, deney yöntemi ve deney yaşına göre, lifsiz numuneler baz alınarak bulunan bağlı değerler aşağıdaki şekillerden izlenebilir.



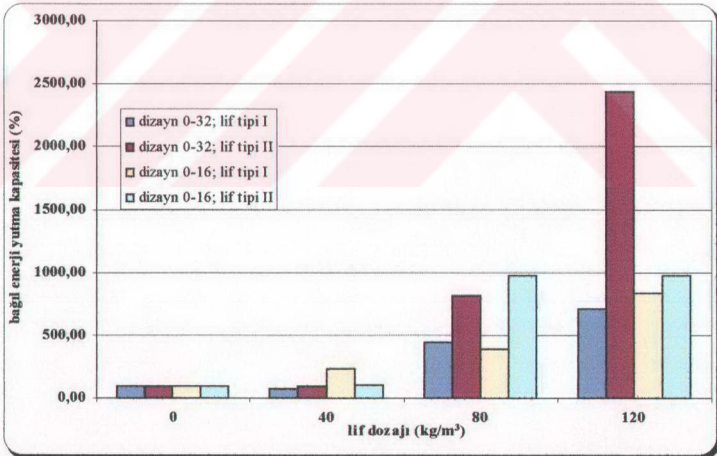
Şekil 4.41. 7 günlük basınç deneyine göre enerji yutma kapasitesi değişimleri



Şekil 4.42. 28 günlük basınç deneyine göre enerji yutma kapasitesi değişimleri

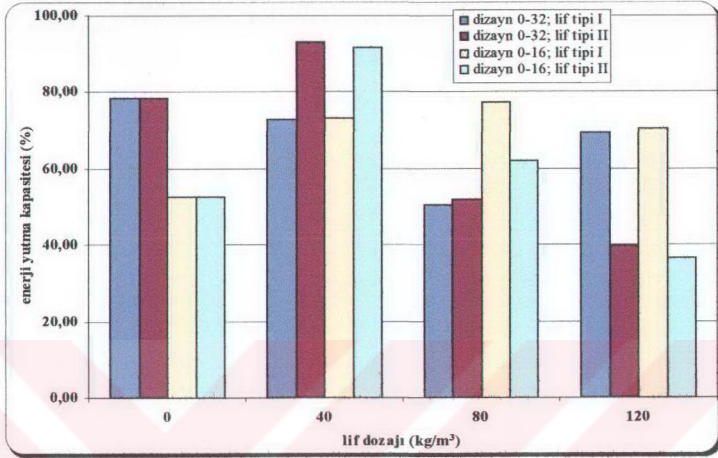


Şekil 4.43. 7 günlük eğılme deneyine göre enerji yutma kapasitesi değişimleri

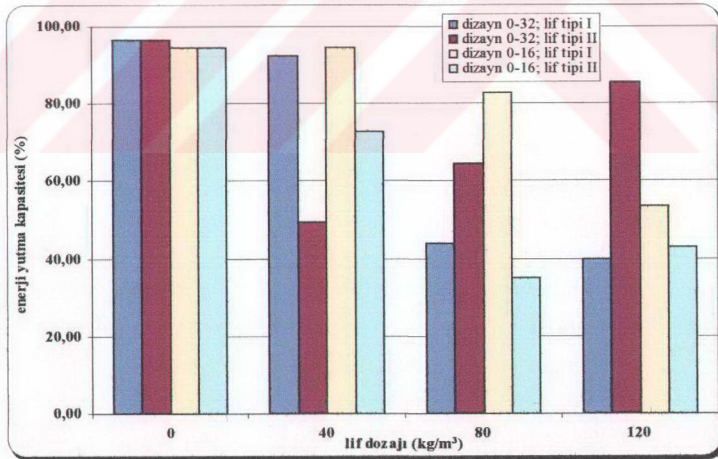


Şekil 4.44. 28 günlük eğılme deneyine göre enerji yutma kapasitesi değişimleri

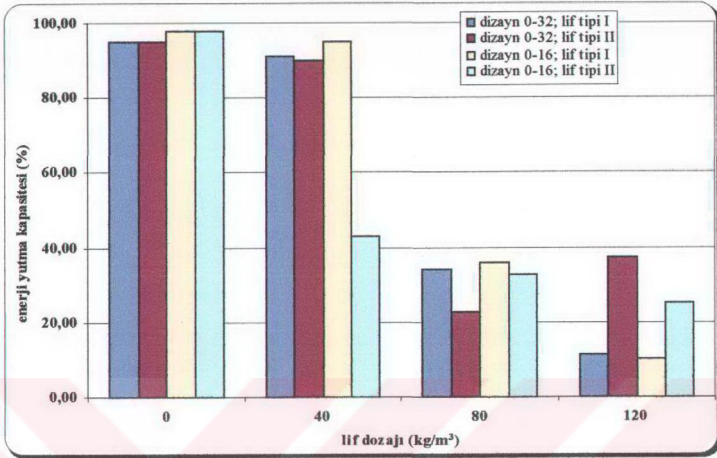
Ayrıca maksimum yüke kadar olan alanların toplam alana oranları da karışımları kıyaslamak üzere çıkarılmıştır.



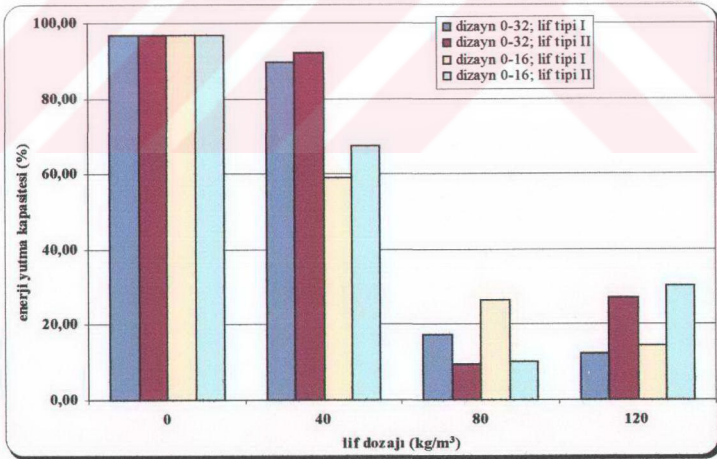
Şekil 4.45. 7 günlük betonların maksimum basınç yüküne kadar yuttuğu enerjinin yükün %15 azaldığı noktaya kadar olan enerjiye oranları



Şekil 4.46. 28 günlük betonların maksimum basınç yüküne kadar yuttuğu enerjinin yükün %15 azaldığı noktaya kadar olan enerjiye oranları



Şekil 4.47. 7 günlük betonların maksimum eğilme yüküne kadar yuttuğu enerjinin yükün %15 azaldığı noktaya kadar olan enerjiye oranları



Şekil 4.48. 28 günlük betonların maksimum eğilme yüküne kadar yuttuğu enerjinin yükün %15 azaldığı noktaya kadar olan enerjiye oranları

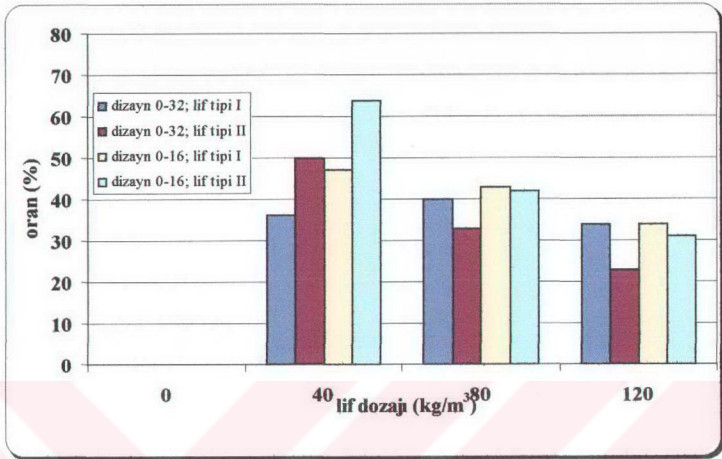
Bu bölümün başında lifli beton örneklerinin deneyden sonra tamamen göçmediği, bu nedenle eğilme ve yarma deneyleri için ikinci bir yüklemenin daha yapıldığı söylenmişti. Aşağıdaki tablo ve grafiklerde ikinci yüklemelerdeki maksimum yükün, birinci kırılma yüküne oranları verilmiştir.

Tablo 4.21. Eğilme deneylerinde karışımlara göre ikinci yüklemelerin birinci yüklemelere oranları

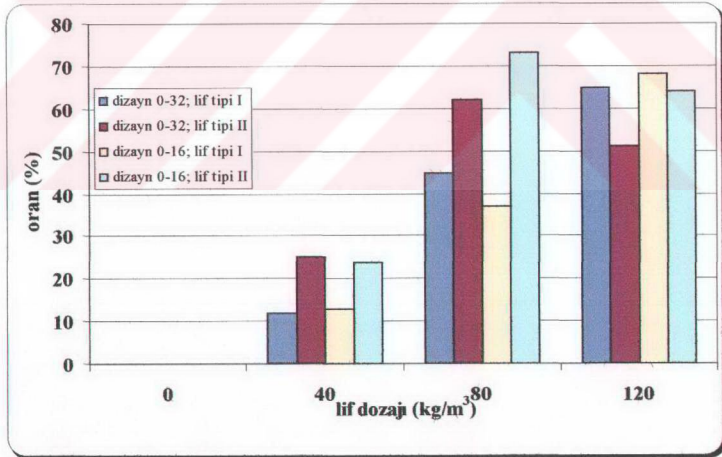
Karışım No	Dizayn Tipi	Lif Tipi	Lif İçeriği (kg/m ³)	Eğilme deneyinde	
				ikinci yükleme/birinci yükleme oranı (%)	
				7 günlük örnekler	28 günlük örnekler
1	0-32	0	0	0	0
2	0-16	0	0	0	0
3	0-32	I	40	36	12
4	0-16	I	40	47	13
5	0-32	II	40	50	25
6	0-16	II	40	64	24
7	0-32	I	80	40	45
8	0-16	I	80	43	37
9	0-32	II	80	33	62
10	0-16	II	80	42	73
11	0-32	I	120	34	65
12	0-16	I	120	34	68
13	0-32	II	120	23	51
14	0-16	II	120	31	64

Tablo 4.22. Yarma deneylerinde karışımlara göre ikinci yüklemelerin birinci yüklemelere oranları

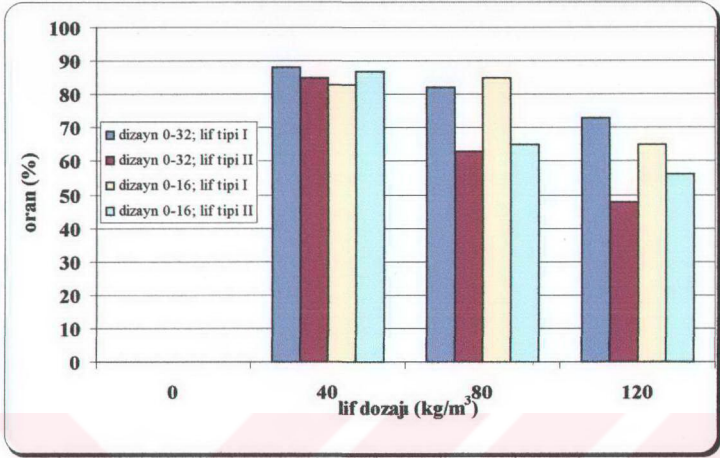
Karışım No	Dizayn Tipi	Lif Tipi	Lif İçeriği (kg/m ³)	Yarma deneyinde ikinci yükleme/birinci yükleme oranı (%)	
				7 günlük örnekler	28 günlük örnekler
1	0-32	0	0	0	0
2	0-16	0	0	0	0
3	0-32	I	40	88	79
4	0-16	I	40	83	94
5	0-32	II	40	85	85
6	0-16	II	40	87	77
7	0-32	I	80	82	71
8	0-16	I	80	85	72
9	0-32	II	80	63	71
10	0-16	II	80	65	75
11	0-32	I	120	73	68
12	0-16	I	120	65	77
13	0-32	II	120	48	72
14	0-16	II	120	56	73



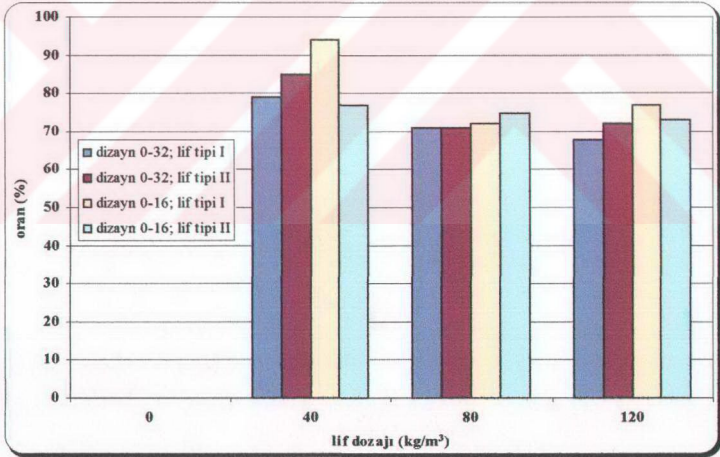
Şekil 4.49. 7 günlük eğilme deneylerinde ikinci yüklemelerin birinciye oranları



Şekil 4.50. 28 günlük eğilme deneylerinde ikinci yüklemelerin birinciye oranları



Şekil 4.51. 7 günlük yarma deneylerinde ikinci yüklemelerin birinciye oranları

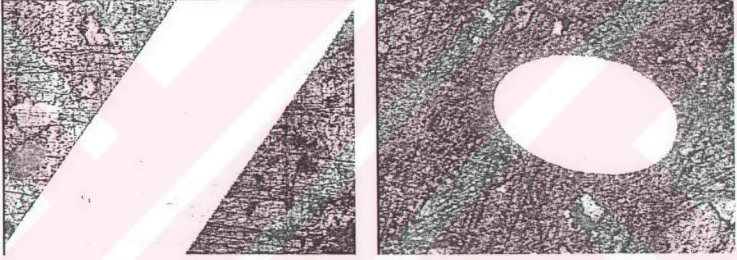


Şekil 4.52. 28 günlük yarma deneylerinde ikinci yüklemelerin birinciye oranları

4.8. Parlak Kesit İncelemeleri

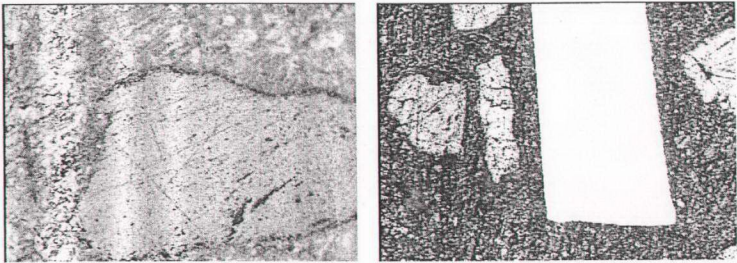
Deneyisel çalışmalarda hazırlanan sertleşmiş beton numunelerin eğilme deneylerinden sonra kalan parçalarından yüzey incelemesi için karot örnekler çıkarılmıştır. 5 cm çaplı beton karotların silindirik tabanları pürüzsüz hale getirilerek, mikroskop altında fotoğrafları çekilmiştir. İncelemelerdeki çarpıcı noktalar aşağıda sunulmaktadır.

Şekil 4.53.'de matris içerisindeki liflerin boykesit ve enkesit fotoğraflarının 50 kat büyütülmüş hali görülmektedir.



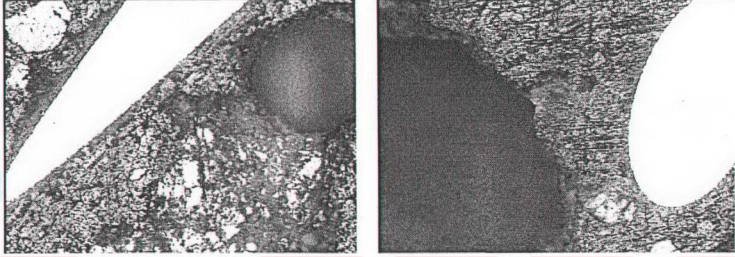
Şekil 4.53. Çelik liflerin matris içindeki boykesit ve enkesit görüntüleri

İnce agrega tanelerinin liflerle birlikte çimento pastası içindeki konumlarını gösteren 50 kat büyütülmüş görüntü Şekil 4.54.'de verilmiştir.



Şekil 4.54. İnce agrega tanelerinin matris içindeki görünüşleri

Lifli betonda, lifler nedeniyle yetersiz sıkışmadan kaynaklanan boşluklar Şekil 4.55.'de gösterilmiştir. Boşlukların büyüklüklerinin çok fazla olmadığı, ancak çelik liflerin çapları kadar olduğu gözden kaçırılmamalıdır.



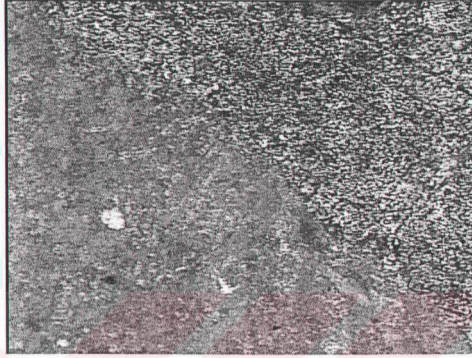
Şekil 4.55. Betondaki boşluklar

Çıplak gözle bakıldığında lif yüzeylerindeki pürüzlülük görülememektedir. Mikroskop kullanılarak 1000 kat büyütülmüş bir görüntüye bakıldığında aslında liflerde matris ile olan aderansı arttıran oldukça pürüzlü bir yüzey Şekil 4.56.'den görülebilir.



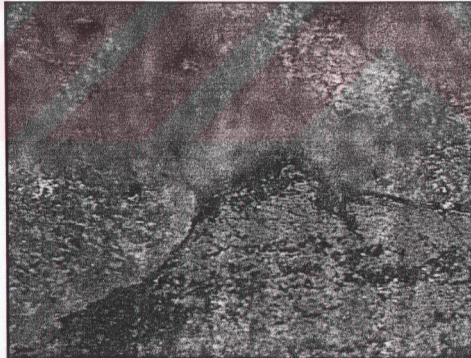
Şekil 4.56. Bağlayıcı matris ile lif arasındaki aderans

Şekil 4.57.'de 500 kat büyütülmüş bir fotoğrafta iri agrega tanesi ile çimento pastası arasındaki geçiş bölgesi görülmektedir.



Şekil 4.57. Bağlayıcı matris ile iri agrega tanesi arasındaki bölge

İnce agrega ile çimento matrisi arasındaki bölge 1000 kat büyütülmüş olarak Şekil 4.58.'den izlenebilir.



Şekil 4.58. Bağlayıcı matris ile ince agrega tanesi arasındaki bölge

4.9. Karışımların Maliyetleri

Üretilen betonların karışım hesabı yapılırken maliyet kriteri göz önünde bulundurulmamıştır. Ancak yine de ekonomik açıdan değerlendirme yapılabilmesi için ortalama bir maliyet hesabı çıkarılmıştır. Karışımlarda kullanılan malzemelerin, temin edildiği firmalardan alınan birim fiyatları Tablo 4.23.'de verilmiştir.

Tablo 4.23. Karışımlarda kullanılan malzemelerin birim fiyatları

Bileşen	Birim Fiyat (TL/ton)*
Çimento	50.150.000
Su	1.000.000
15-25 Kırmataş	2.350.000
5-15 Kırmataş	2.350.000
0-5 Kırmataş	2.350.000
Kum	2.400.000
Tip I Çelik Lif	2.337.500.000
Tip II Çelik Lif	1.955.000.000
Akışkanlaştırıcı	6.780.280.000
Silika Dumanı	1.265.550.000

* Birim fiyatlar 2002 yılı Temmuz ayına aittir.

Tablo 4.23'e göre birim fiyatı en fazla olan bileşenler sırasıyla; akışkanlaştırıcı katkı, çelik lifler, silika dumanı ve çimentodur. Akışkanlaştırıcı katkının karışımda kullanımı çok az olduğu için esas önemli maliyeti çelik lifler, silika dumanı ve çimento getirecektir. En ucuz bileşenler ise agrega ve su olmaktadır.

Bu birim fiyatlarla üretilen betonların kodlarına göre hesaplanan maliyetleri Tablo 4.24.'de verilmiştir.

Tablo 4.24. Karışımların maliyetleri

Kod	Bileşen Miktarı (kg/m ³)										Maliyet (TL/m ³)*
	Çim.	su	15-25	5-15	0-5	kum	Lif Tipi		Akış.	Sil. Dum.	
							I	II			
K1	550	181	586	471	292	307			4,4	82,5	165.911.557
K2	550	178		841	325	484			4,4	82,5	165.903.307
K3	550	181	586	471	292	307	40		4,4	82,5	259.411.557
K4	550	178		841	325	484	40		4,4	82,5	259.403.307
K5	550	181	586	471	292	307		40	4,4	82,5	244.111.557
K6	550	178		841	325	484		40	4,4	82,5	244.103.307
K7	550	181	586	471	292	307	80		4,4	82,5	352.911.557
K8	550	178		841	325	484	80		4,4	82,5	352.903.307
K9	550	181	586	471	292	307		80	4,4	82,5	322.311.557
K10	550	178		841	325	484		80	4,4	82,5	322.303.307
K11	550	181	586	471	292	307	120		4,4	82,5	446.411.557
K12	550	178		841	325	484	120		4,4	82,5	446.403.307
K13	550	181	586	471	292	307		120	4,4	82,5	400.511.557
K14	550	178		841	325	484		120	4,4	82,5	400.503.307

* Hesaplanan değerler yalnızca malzeme maliyetleridir. Bu fiyatlara KDV dahil, nakliye, personel ve işletme giderleri hariçtir.

Tablo 'dan görüleceği üzere, 0-32 dizayn ile 0-16 dizayn arasında maliyet farkı yok sayılabilir. Tip I çelik liflerin tip II'ye göre üretimlerinden kaynaklanan fazla maliyetleri beton maliyetine de yansımaktadır.

Karışımlara göre lif dozajlarının artışı, maliyetlerde oldukça önemli artışlara neden olmaktadır. Ancak bu artışların, mekanik özelliklerdeki olumlu değişimlere etkisi dikkate alınarak değerlendirilmesi daha uygun olacaktır.

BÖLÜM BEŞ

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Deneylerden elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle ortaya konulan sonuçlar, taze beton özelliklerine, uygulanan deney yöntemi ve mekanik dayanımlara, elastisite ve süneklik özelliklerine göre gruplandırılarak maddeler halinde sunulmuştur.

Taze Beton Özellikleri İle İlgili Sonuçlar

- Karışımlara silika dumanı ilavesi priz sürelerine ihmal edilebilecek düzeyde küçük artışlar getirmiştir. Ancak akışkanlaştırıcı katkı ile birlikte çimento hamurunun priz başlangıç ve bitiş süreleri yaklaşık 2,5 kat artmıştır.
- Belirli bir hacmi dolduran bileşenlerden özgül ağırlığı yüksek olan bileşen miktarı arttıkça karışımın birim hacim ağırlığı artar. Ancak bu, lif miktarı fazla olan örneklerin de en az lifsizler kadar iyi yerleştirilip sıkıştırılması ile mümkündür. Deneyler bu şart sağlanarak gerçekleştirilmeye çalışıldığından, lifsiz karışımlarda taze beton birim hacim ağırlığı 2,406-2,407 kg/dm³ iken lif ilavesi ile birlikte birim hacim ağırlıkta artış kaydedilmiştir. Üretilen betonlarda birim hacim ağırlık, lif tipi II (l=60 mm, d=0,75 mm) ve en fazla lif dozajı (120

kg/m³) kullanılan 0-32 dizaynda %5,4 artarak maksimum değeri olan 2,536 kg/dm³'e ulaşmıştır.

- Beklenildiği üzere betona katılan lif miktarının artmasıyla taze betonun çökme (slump) değerlerinde ciddi azalmalar meydana gelmiştir. Lifsiz karışımlarda çökme değeri 19-21 cm iken yüksek lif dozajları kullanılan karışımlarda slump değerleri 4-5 cm'ye kadar düşmüştür. Maksimum lif dozajına sahip karışımlarda lifsiz karışımlara göre %77 slump kaybı görülmüştür.

Basınç Dayanımı İle İlgili Sonuçlar

- 0-32 dizaynlı karışımların basınç dayanımları 0-16 dizaynlı betonlara göre kısmen daha yüksektir. Bunun sebebi Dmax'ı yüksek olan betonların taşıyıcı iskeletinin daha kuvvetli olması olarak açıklanabilir.
- Üretilen betonlar 7.günde 28 günlük basınç dayanımlarının ortalama %80'ini kazanmışlardır.
- Gerek 0-32 dizaynda, gerekse 0-16 dizaynda lif tipi ve lif içeriği ile beton basınç dayanımları arasında kayda değer bir ilişki bulmak güçtür. Her iki dizayn türünde de (0-32,0-16) lifli karışımların 7 günlük basınç dayanımlarında lifsiz numunelere göre pek bir değişkenlik görülmezken, 28. günde lif dozajı arttıkça lifsiz örneklere göre basınç dayanımlarında küçük bir azalma eğilimi görülmektedir. Bunun sebebi şöyle açıklanabilir: Betonda, düşük basınç dayanımının sebeplerinden biri hidrasyonun henüz tamamlanmamış olması, bir diğeri sıkıştırma yetersizliğinden kaynaklanan boşluklu yapı olarak sayılabilir. 7 günlük dayanımlarda lif dozajı artışına göre dayanımların pek değişmemesinin gerekçesi hidrasyon derecesinin birincil etken olduğudur. Ancak hidrasyon yüksek mertebelere ulaştıktan sonra düşük dayanıma sebep olarak boşluklu yapı ön plana çıkmaktadır. 28 günlük numunelerdeki lif miktarının artışı ile görülen dayanımlardaki azalma eğilimine sebep, yine lif miktarı artışı ile azalan betonun kompasesidir.

- Lifsiz numuneler baz alındığında, basınç dayanımlarında 7. günde maksimum pozitif fark %14 ile K12 (dizayn 0-16, lif tipi I, lif içeriği 120 kg/m^3), maksimum negatif fark %6,9 ile K7 (dizayn 0-32, lif tipi I, lif içeriği 80 kg/m^3)'ye, 28.günde maksimum pozitif fark %8,2 ile K11 (dizayn 0-32, lif tipi I, lif içeriği 120 kg/m^3), maksimum negatif fark %16,2 ile K14 (dizayn 0-16, lif tipi II, lif içeriği 120 kg/m^3)'e aittir. Bu değişkenliklerin de ne kadar dikkat edilirse edilsin işlenebilirlikte meydana gelen farklılıklardan oluştuğu sanılmaktadır.

Eğilme Dayanımı İle İlgili Sonuçlar

- $D_{max}=15 \text{ mm}$ olan karışımların (dizayn 0-16) eğilme dayanımları $D_{max}=25 \text{ mm}$ olan karışımlara (dizayn 0-32) göre daha yüksektir. Çünkü D_{max} 'ı büyük olan betonlarda dayanımı zayıf olan agrega-çimento pastası arayüzeyinin sürekliliği daha fazladır. Dolayısıyla eğilme dayanımının düşmesine yol açarlar.
- Aynı lif tipi ve lif dozajı kullanılan lifli numunelerde de 0-16 dizaynlı betonların eğilme dayanımları ve lifsiz örneklere göre eğilme dayanımı artış oranları daha yüksektir. Betonda küçük D_{max} , liflerin enkesit üzerinde daha homojen olarak dağılmasını sağlar. Böylece lifler gerilme taşınması konusunda daha etkin bir görev üstlenirler.
- Tahmin edildiği gibi, eğilme dayanımındaki en büyük gelişmeyi maksimum lif dozajı olan 120 kg/m^3 sağlamıştır.
- II. lif tipinin dozaj artışının, eğilme dayanımlarındaki artışa etkisi I. lif tipine göre daha yüksektir.
- Lifler, eğilme dayanımlarında kontrol numunelerine göre 7. günde etkin artışlar sağlarken, 28. gündeki dayanımlarda etkileri daha azdır. 7.günde maksimum artışlar 0-32 dizaynda II.lif tipinden 120 kg/m^3 kullanılan karışımda %238,1, 0-16 dizaynda II.lif tipinden 120 kg/m^3 kullanılan karışımda %141,4 olarak bulunmuştur. 28.günde maksimum artışlar ise 0-32 dizaynda II.lif tipinden 120

kg/m³ kullanılan karışımda %120, 0-16 dizaynda I.lif tipinden 120 kg/m³ kullanılan karışımda %106,9 olarak bulunmuştur.

Yarma Dayanımları İle İlgili Sonuçlar

- Yarma deneyinde de lifler beklenen sonucu yaratmış ve lif dozajı arttıkça yarma dayanımları artmıştır.
- II. lif tipinin yarma dayanımı artışına etkisi, I. lif tipine oranla daha fazladır.
- En büyük yarma dayanımını 0-32 dizaynlı, lif tipi II olan ve metreküpte 120 kg lif kullanılan karışım (K13) vermiştir. Bu, 7 ve 28 günlük deney sonuçları için geçerlidir.
- Lif kullanımının etkinliği 7. ve 28. günler için eşit sayılabilir. Bir diğer deyişle, lif içeriğinin artışına göre dayanımlardaki artışlar her iki deney yaşı için de yaklaşık aynıdır. Dayanımlardaki artışlar maksimum lif dozajlarında 0-32 dizaynda ortalama %205 iken, 0-16 dizaynda ortalama %164 mertebelerindedir.

Elastisite Modülleri İle İlgili Sonuçlar

- Betonların 28. gündeki serbest basınç deneyi sırasında, gerilme-deformasyon ilişkisi kullanılarak bulunan elastisite modülü değerleri, basınç dayanımı ile ilgili olan sonuçlarla benzer eğilim göstermektedir. Başka deyişle, lif tipi ve lif dozajı ile elastisite modülü değerleri arasında tanımlanabilecek bir fonksiyon ya da ilişki belirlenmemiştir.
- 0-32 dizaynlı karışımların elastisite modülü değerleri, 0-16 dizaynlı betonlara göre nispeten daha büyüktür. Tüm lif tipleri ve lif dozajları göz önünde tutularak, 0-32 dizaynlı karışımların elastisite modülü ortalama 41200 MPa, 0-16 dizaynlı karışımların elastisite modülü ortalama 35400 MPa bulunmuştur. Başka bir

deyişle, 0-16 dizaynly betonların elastisite modülleri 0-32 dizaynly betonların ortalama %86'sı düzeyindedir.

Enerji Yutabilme Kapasitesi İle İlgili Sonuçlar

- Betonların özellikle enerji yutabilme kapasitelerini arttırmak için kullanılan liflerde, II. lif tipi ($l=60$ mm, $d=0,75$ mm) I. lif tipine ($l=30$ mm, $d=0,55$ mm) göre daha büyük artışlar sağlamıştır.
- Bu lif tipi ile, 7 günlük basınç deneyi verilerine göre, 120 kg/m³ lif dozajında lifsiz numunelere kıyasla %450, 28 günlük deneylerde ise %250'ye varan artışlar sağlanmıştır.
- Eğilme deneyi sonuçlarına göre, 7 günlük numunelerde %7000, 28 günlük numunelerde %2500'lere kadar çıkabilen enerji yutabilme kapasitesi artışları yakalanmıştır.
- Olaya maksimum agrega tane çapının etkisi açısından bakıldığında, büyük D_{max} 'lı betonların hem enerji yutabilme kapasitelerinin daha fazla, hem de lif katkısıyla birlikte lifsiz betonlara göre sağlanan kapasite artışı oranının daha yüksek olduğu görülmüştür.

İkinci Yüklemler İle İlgili Sonuçlar

- Eğilme ve yarma deneylerinde, lifli numuneler için yapılabilen (maksimum gerilmeden sonra tamamen göçmediklerinden dolayı) ikinci yüklemler lifsiz numuneler için gerçekleştirilememiştir. Çünkü gerek eğilme deneyi, gerekse yarma deneyi sonrasında örnekler tamamen ayrılıp ikiye bölünmüşlerdir.

- 7. günde yapılan eğilme yüklemelerinde lif dozajı artışına karşılık “maksimum ikinci yük/maksimum birinci yük” oranı düşmektedir. Bir diğer deyişle, lif içeriği arttıkça ikinci yüklemeler daha düşük değerler almaktadır.
- 28 günlük örneklerde ise durum tam tersidir. Eğilme deneylerinde lif dozajı artışı ile birlikte maksimum ikinci yük/maksimum birinci yük oranı daha yüksek değerler almaktadır.
- 7 günlük yarma deneylerindeki eğilim, eğilme deneyindeki sonuçlarla benzerdir. Lif içeriği arttıkça, bahsedilen oran düşmektedir.
- 28. günde yapılan yarma deneylerinde ise bu oran, lif dozajı artımı ile pek değişmemektedir.

Elde edilen deney sonuçları ışığında, çelik liflerin yüksek performanslı beton özelliklerine önemli kazançlar sağladığı söylenebilir. Kullanılan çelik lifler betonun basınç gerilmesi altındaki özelliklerine pek bir etki yapmazken, çekme ve eğilme dayanımlarına artışlar getirmiştir.

Yüksek performanslı betonda çelik lif kullanımıyla, bu çalışmanın birinci derecede önemli amaçlarından biri olan süneklikte çok yüksek artışlar sağladığı görülmüştür.

Bu araştırmada etkileri incelenecek değişken sayısının fazlalığı nedeni ile deneysel programa bazı sınırlandırmalar getirilmiştir. Örneğin, değişken olarak seçilen çelik lif dozajları, lif boyutları ve farklı en büyük agrega tane çapları sınırlandırılmıştır. Bu noktadan sonra yapılacak çalışmalarda değişkenlerin bu değerlerden farklı seçimi, çelik lifli yüksek performanslı betonların davranışlarının daha farklı açılardan değerlendirilmesine de katkıda bulunacaktır.

Bir diğer konu, yüksek performanslı betonlarda kullanılan lif malzemelerin çeşitliliğidir. Uygulamalardaki bazı durumlarda cam, sentetik vb. esaslı liflerin kullanımı daha etkili olabilir. Ancak kullanılacak kompozit malzemenin istenen özellikleri sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmelidir.

DeneySEL çalışmalarda kullanılan yükleme presinin özelliğİ nedeni ile gerilme-deformasyon eğrilerinin çiziminde deneyler, maksimum yükün %15 azaldığı noktaya kadar gerçekleştirilebilmiştir. Bu noktadan sonraki davranışların belirlenebilmesi için belirtilen %15 değeri artırılarak benzer çalışmalar tekrarlanabilir.

Yük kontrollü olarak yapılan basınç ve eğilme deneylerinin, deformasyon kontrollü olarak yapılması tokluk indeksleri ve enerji yutabilme kapasitesi değerlerinin daha sağlıklı ve güvenilir olmasını mümkün kılacaktır.

KAYNAKLAR

- Aberson J.A., Anderson J.M., & King W.W. (1977). "A Finite Element Analysis of an Impact Test", Fourth International Conference on Fracture, Pergamon Pres, pp. 85-89.
- ACI Committee 544.4R-85. (1988). "Design Considerations for Steel Fiber Reinforced Concrete", ACI Structural Journal, Vol.85, No 5.
- ACI Committee 544.1R-96. (1996). "Fiber Reinforced Concrete".
- ACI No544 Committee Report. (1988). "Measurement of Properties of Fiber Reinforced Concrete" Journal of Fiber Reinforced Concrete Institute, Vol:85, No:6, pp. 583-593.
- Arone, R. (1977). "On the Dynamic Fracture Toughness Determination by Instrumented Impact Tests", 4th International Conference on Fracture, Pergamon Pres, pp. 549-552.
- Arslan, A., & Ulucan, Z.Ç. (1997). "Çelik Liflerin Erken Yaştaki Betonarme Kirişlerin Göçmesine Etkisi", İmo Teknik Dergi, s. 1505-1515.

- Arslan, A. (1993). "Çelik Lifli Betonların Özellikleri ve Kullanım Potansiyeli", Türkiye Mühendislik Haberleri, sayı 369, s.29-33.
- Arslan, A. (1995). "Mixed Mode Fracture Performance of Fiber Reinforced Concrete Under Impact Loading", Materials And Structures, Vol:28, pp. 473-478.
- Arslan, A., & Aydın, A.C. (1999). "Lifli Betonların Genel Özellikleri", Hazırbeton, Kasım-Aralık, s.67-75.
- ASTM C 1018/85. (1985). Annual Book of ASTM Standarts.
- ASTM1116-C-91. (1991). Annual Book of ASTM Standarts.
- Banthia, N.P. (1987). "Impact Resistance of Concrete", PhD Thesis, University of British Colombia, , Voncover, Canada.
- Banthia, N.P., Mindness, S., & Trottier, J.F. (1996). "Impact Resistance of Steel Fibre Reinforced Concrete" ACI Materials Journal, 93-M54, pp. 472-479.
- Banthia, N.P., Van, C., & Sakai, K. (1998). "Impact Resistance of Concrete Plates Reinforced with a Fiber Reinforced Plastic Grid", ACI Materials Journal 95-M2 pp. 11-18.
- Baradan, B. (2000). "Yapı Malzemesi II", Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, No:207, İzmir.
- Bartos, P. (1981). Rewiev Paper: "Bond in Reinforced Cement and Concretes", International Journal of Cement Composites, Vol:3, No:3, pp. 159-177.
- Bayasi, Z., & Soroushian, P. (1992). "Effect of Steel Fibre Reinforcement on Fresh Mix Properties of Concrete", ACI Materials Journal, Vol:89, No:4.

- Bentur, A., & Mindness, S. (1990). "Fibre Reinforced Cementitious Composites" Elsevier Applied Science, London And Newyork.
- Bhargava, J., & Rehnström, A. (1977). "A Dynamic Strength of Polymer Modified and Fiber Reinforced Concrete", Cement and Concrete Research, Vol:7, pp. 199-208.
- Birkimer, D.L., & Lidemann, R. (1971). "Dynamic Tensile Strength of Concrete Materials", ACI Materials Journal, Title No:68-8, pp. 47-49.
- Brandt A.M. (1982). "On The Calculation of Fracture Energy in SFRC Elements Subjected to Bending", International Conference on Bond in Concrete, edited by Bartos, Scotland, pp. 73-81.
- Dramix Çelik Tel Donatılı Betonlar İçin Tasarım Esasları, Beksa A.Ş.
- D.S.İ. (1994). "Çelik Liflerle Güçlendirilmiş Beton", T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı, Yayın No: MLZ-878.
- Erbaş, M. (1999). "Lif Donatılı Betonlar", Hazırbeton Dergisi, Ocak-Şubat, s. 68-71.
- Evans A.G. (1974). "Slow Crack Growth in Brittle Materials Under Dynamic Load Conditions" International Journal Of Fracture, Vol:10, No:2, pp. 251-159.
- Gettu, R., Schnütgen, B., Erdem, E., & Stang, H. (2000). "Design Methods for Steel Fibre Reinforced Concrete", A State-of-the-Art Report.
- Gokoz, U.N., & Naaman, A.E. (1981). "Effect of Strain Rate on The Pull Out Behaviour of Fibers in Mortar", The International Journal of Cement Composites, Vol:3, No:3, pp. 187-202.

- Gopalaratnam, V.S., Shah, S.P., Batson, G.P., Criswell, M.E., Ramakrishnan, V., & Wecharatana, M. (1991). "Fracture Toughness of Fiber Reinforced Concrete", ACI Materials Journal, Vol:88, No:4, pp. 339-353.
- Kooiman, A.G., Veen, C.V.D., & Walraven, J.C. (2000). "Modelling the Post-Cracking Behavior of Steel Fibre Reinforced Concrete for Structural Design Purposes", HERON, Vol:45, No:4, pp. 275-307.
- Hughes, B.P. (1981). "Desing of Prestressed Fiber Reinforced Concrete Beams for Impact", ACI Materials Journal, 78-25, pp. 276-281.
- Mcconnel, P. (1981). "Verification of Compliance Corrections Used in Determining Load-Line Energies from Dynamic Load Time Data", Journal of Testing and Evaluation, pp. 118-120.
- Mehta, P.K., & Monteiro, P.J.M. (1997). "Concrete; Microstructure, Properties, and Materials", Indian Edition, Indian Concrete Institute Pres.
- Neville, A.M. (1991). "Properties Of Concrete", Longman Scientific&Tech. Publ. Third Edition, London.
- Özyurt, N., Taşdemir, C., İlki, A., Şengül, Ö., & Taşdemir, M.A., "Yüksek Dayanımlı Çimento Esaslı Kompozitlerin Mekanik Davranışı".
- Raouf, Z.A., Alhassani, S.T.S., & Simpson, J.W. (1976). "Explosive Testing of Fiber Reinforced Cement Composites", Concrete.
- Reinhard, H.W., & Naaman, A.E. (1991). "High Performance Fiber Reinforced Cement Composites", Proceedings of the International Workshop 'High Performance Fiber Reinforced Cement Composites' by RILEM, ACI, Stuttgart University and University of Michigan.

- Robins, P.J., & Calderwood, R.W. (1978). "Explosive Testing of Fiber Reinforced Concrete" Concrete.
- Server, W.L. (1978). "Three Point Bend Testing for Notched and Precracked Specimens", Journal of Testing and Evaluation, Vol:6, No:1, pp. 29-34.
- Shah, S.P., & Rangan, B.V. (1971). "Fiber Reinforced Concrete Properties", ACI Materials Journal, Title No:68-14, pp. 126-136.
- Suaris, W., & Shah, S.P. (1982). "Strain Rate Effects in Fiber Reinforced Concrete Subjected to Impact and Impulsive Loading", Composites, 153-159.
- Suaris, W., & Shah, S.P. (1983). "Properties of Concrete Subjected to Impact", Journal of Structural Engineering, Vol:109, No:7, pp. 1727-1741.
- Swammy, R.N., & Mangat, P.S. (1974). "A Theory for the Flexural Strength of Fiber Reinforced Concrete" Cement and Concrete Research, Vol:4, No:2, pp. 313-325.
- Tokyay, M., Ramyar, K., & Turanlı, L. (1991). "Polipropilen ve Çelik Lifli Yüksek Dayanımlı Betonların Basınç ve Çekme Yükleri Altındaki Davranışları", Yüksek Dayanımlı Betonda II. Ulusal Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, İstanbul, s. 303-311.
- Tountanji, H., Mcneil, S., & Bayasi, Z. (1998). "Chloride Permeability and Impact Resistance of Polypropylene Fiber Reinforced Silica Fume Concrete", Cement and Concrete Research, Vol:28, No:7, pp. 961-968.
- TS 10513. (1992). "Çelik Teller-Beton Takviyesinde Kullanılan", Türk Standartları Enstitüsü.

- TS 10514. (1992). "Beton-Çelik Tel Takviyeli-Çelik Telleri Betona Karıştırma ve Kontrol Kuralları", Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 10515. (1992). "Beton-Çelik Tel Takviyeli-Eğilme Mukavemeti Deney Metodu", Türk Standartları Enstitüsü.
- Ural, F. (1999). "Beton Dayanımında Katkı Ve Fiberlerin Rolü", Hazırbeton, Ocak-Şubat, s. 65-66.
- Uyan, M. (1985). "Lifli Betonların Genel Özellikleri ve Gelişimi", Makale, İTÜ İnşaat Fakültesi Malzeme Seminerleri.
- Uyan, M., Yıldırım, H., & Eryaman, A. "Workability and Durability of Steel Fiber Reinforced Concrete Cast With Normal Plasticizers" İ.T.Ü. Yapı Malzemesi Bölümü.
- Ünal, O. (1994). "Isıl İşlem Uygulamasının Lifli Beton Özelliklerine Etkisi", Dr. Tezi, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi.
- Wang, N., Mindness, S, & Ko, K. (1996). "Fiber Reinforced Concrete Beams Under Impact Loading", Cement and Concrete Research, Vol:26, No:3, pp. 363-376.
- Zech, B., & Wittmann, F.H. (1980). "Variability and Mean Value of Strength of Concrete as Function of Load", ACI Materials Journal 77-39, pp. 358-362.
- Zielinski, A.J., & Reinhardt, H.W. "Stress-Strain Behaviour of Concrete and Mortar at High Rates of Tensile Loading", Cement And Concrete Research, Vol:12, pp. 309-319.

EKLER

Sertleşmiş beton deneyleri sırasında yapılan yük ve deformasyon okumaları bu bölümde tablolar halinde verilmiştir. Veriler, karışım kodlarına ve örnek numaralarına göre düzenlenmiştir.

Ek-I'de eksenel basınç deneyi sırasında yapılan yük-kısalma okumalarının, gerilme-birim şekil değiştime değerlerine çevrilmiş halleri verilmiştir.

Orta noktadan tekil yüklemeli eğilme deneylerine ait yük-sehim değerleri Ek-II'de sunulmaktadır.

Ek-III'de ise silindir yarma deneylerine ait yarıma yükleri verilmektedir.

Ek-1

KI											
1		2		3		4		5		6	
gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.
0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000
5,66	0,000013	5,66	0,000013	5,66	0,000026	5,66	0,000020	5,66	0,000007	5,66	0,000026
11,32	0,000026	11,32	0,000033	11,32	0,000052	11,32	0,000033	11,32	0,000013	11,32	0,000039
16,99	0,000039	16,99	0,000052	16,99	0,000072	16,99	0,000046	16,99	0,000020	16,99	0,000046
22,65	0,000052	22,65	0,000072	22,65	0,000092	22,65	0,000066	22,65	0,000026	22,65	0,000052
28,31	0,000059	28,31	0,000085	28,31	0,000105	28,31	0,000052	28,31	0,000033	28,31	0,000059
33,97	0,000065	33,97	0,000092	33,97	0,000118	33,97	0,000059	33,97	0,000039	33,97	0,000065
39,63	0,000078	39,63	0,000105	39,63	0,000137	39,63	0,000065	39,63	0,000046	39,63	0,000072
45,29	0,000092	45,29	0,000118	45,29	0,000150	45,29	0,000072	45,29	0,000052	45,29	0,000085
50,96	0,000105	50,96	0,000124	50,96	0,000163	50,96	0,000085	50,96	0,000059	50,96	0,000092
56,62	0,000118	56,62	0,000137	56,62	0,000183	56,62	0,000098	56,62	0,000078	56,62	0,000098
62,28	0,000124	62,28	0,000150	62,28	0,000190	62,28	0,000118	62,28	0,000092	62,28	0,000098
67,94	0,000137	67,94	0,000163	67,94	0,000203	67,94	0,000131	67,94	0,000105	67,94	0,000105
73,60	0,000150	73,60	0,000176	73,60	0,000216	73,60	0,000150	73,60	0,000118	73,60	0,000118
79,26	0,000157	79,26	0,000183	79,26	0,000229	79,26	0,000170	79,26	0,000124	79,26	0,000124
84,93	0,000176	84,93	0,000203	84,93	0,000248	84,93	0,000190	84,93	0,000137	84,93	0,000137
90,59	0,000183	90,59	0,000216	90,59	0,000261	90,59	0,000209	90,59	0,000150	90,59	0,000150
96,25	0,000196	96,25	0,000222	96,25	0,000275	96,25	0,000225	96,25	0,000163	96,25	0,000163
101,91	0,000209	101,91	0,000242	101,91	0,000288	101,91	0,000248	101,91	0,000176	101,91	0,000176
107,57	0,000222	107,57	0,000248	107,57	0,000301	107,57	0,000268	107,57	0,000183	107,57	0,000183
113,23	0,000242	113,23	0,000268	113,23	0,000314	113,23	0,000281	113,23	0,000196	113,23	0,000196
118,90	0,000255	118,90	0,000281	118,90	0,000327	118,90	0,000301	118,90	0,000209	118,90	0,000209
124,56	0,000268	124,56	0,000294	124,56	0,000340	124,56	0,000314	124,56	0,000222	124,56	0,000222
130,22	0,000281	130,22	0,000314	130,22	0,000353	130,22	0,000327	130,22	0,000235	130,22	0,000235
135,88	0,000294	135,88	0,000314	135,88	0,000366	135,88	0,000353	135,88	0,000248	135,88	0,000248
141,54	0,000307	141,54	0,000333	141,54	0,000379	141,54	0,000366	141,54	0,000261	141,54	0,000261
147,20	0,000320	147,20	0,000346	147,20	0,000392	147,20	0,000379	147,20	0,000274	147,20	0,000274
152,87	0,000340	152,87	0,000359	152,87	0,000412	152,87	0,000399	152,87	0,000288	152,87	0,000288
158,53	0,000353	158,53	0,000373	158,53	0,000418	158,53	0,000418	158,53	0,000301	158,53	0,000301
164,19	0,000379	164,19	0,000386	164,19	0,000431	164,19	0,000431	164,19	0,000314	164,19	0,000314
169,85	0,000386	169,85	0,000399	169,85	0,000444	169,85	0,000444	169,85	0,000327	169,85	0,000327
175,51	0,000399	175,51	0,000412	175,51	0,000464	175,51	0,000464	175,51	0,000340	175,51	0,000340
181,17	0,000412	181,17	0,000425	181,17	0,000477	181,17	0,000484	181,17	0,000353	181,17	0,000353
186,84	0,000418	186,84	0,000438	186,84	0,000490	186,84	0,000490	186,84	0,000366	186,84	0,000366
192,50	0,000431	192,50	0,000451	192,50	0,000503	192,50	0,000510	192,50	0,000379	192,50	0,000379
198,16	0,000451	198,16	0,000464	198,16	0,000516	198,16	0,000529	198,16	0,000392	198,16	0,000392
203,82	0,000471	203,82	0,000477	203,82	0,000529	203,82	0,000542	203,82	0,000405	203,82	0,000405
209,48	0,000477	209,48	0,000490	209,48	0,000542	209,48	0,000562	209,48	0,000418	209,48	0,000418
215,15	0,000490	215,15	0,000503	215,15	0,000556	215,15	0,000575	215,15	0,000431	215,15	0,000431
220,81	0,000510	220,81	0,000523	220,81	0,000569	220,81	0,000595	220,81	0,000444	220,81	0,000444
226,47	0,000516	226,47	0,000536	226,47	0,000582	226,47	0,000608	226,47	0,000457	226,47	0,000457
232,13	0,000536	232,13	0,000549	232,13	0,000601	232,13	0,000621	232,13	0,000470	232,13	0,000470
237,79	0,000549	237,79	0,000562	237,79	0,000614	237,79	0,000641	237,79	0,000484	237,79	0,000484
243,45	0,000562	243,45	0,000575	243,45	0,000627	243,45	0,000654	243,45	0,000497	243,45	0,000497
249,12	0,000575	249,12	0,000588	249,12	0,000641	249,12	0,000673	249,12	0,000510	249,12	0,000510
254,78	0,000588	254,78	0,000601	254,78	0,000654	254,78	0,000686	254,78	0,000523	254,78	0,000523
260,44	0,000608	260,44	0,000614	260,44	0,000667	260,44	0,000699	260,44	0,000536	260,44	0,000536
266,10	0,000621	266,10	0,000627	266,10	0,000686	266,10	0,000719	266,10	0,000549	266,10	0,000549
271,76	0,000634	271,76	0,000634	271,76	0,000699	271,76	0,000732	271,76	0,000562	271,76	0,000562
277,42	0,000647	277,42	0,000654	277,42	0,000712	277,42	0,000745	277,42	0,000575	277,42	0,000575
283,09	0,000660	283,09	0,000673	283,09	0,000725	283,09	0,000765	283,09	0,000588	283,09	0,000588
288,75	0,000680	288,75	0,000686	288,75	0,000745	288,75	0,000785	288,75	0,000595	288,75	0,000595
294,41	0,000693	294,41	0,000706	294,41	0,000758	294,41	0,000791	294,41	0,000608	294,41	0,000608
300,07	0,000706	300,07	0,000712	300,07	0,000771	300,07	0,000810	300,07	0,000621	300,07	0,000621
305,73	0,000719	305,73	0,000732	305,73	0,000784	305,73	0,000824	305,73	0,000634	305,73	0,000634
311,39	0,000732	311,39	0,000745	311,39	0,000797	311,39	0,000843	311,39	0,000647	311,39	0,000647
317,06	0,000752	317,06	0,000758	317,06	0,000817	317,06	0,000856	317,06	0,000660	317,06	0,000660
322,72	0,000765	322,72	0,000771	322,72	0,000830	322,72	0,000869	322,72	0,000673	322,72	0,000673
328,38	0,000778	328,38	0,000784	328,38	0,000850	328,38	0,000889	328,38	0,000686	328,38	0,000686
334,04	0,000797	334,04	0,000804	334,04	0,000863	334,04	0,000902	334,04	0,000706	334,04	0,000706
339,70	0,000810	339,70	0,000817	339,70	0,000876	339,70	0,000915	339,70	0,000719	339,70	0,000719
345,36	0,000824	345,36	0,000830	345,36	0,000889	345,36	0,000935	345,36	0,000732	345,36	0,000732
351,03	0,000843	351,03	0,000843	351,03	0,000908	351,03	0,000948	351,03	0,000745	351,03	0,000745
356,69	0,000856	356,69	0,000863	356,69	0,000922	356,69	0,000961	356,69	0,000758	356,69	0,000758
362,35	0,000876	362,35	0,000876	362,35	0,000941	362,35	0,000974	362,35	0,000771	362,35	0,000771
368,01	0,000889	368,01	0,000889	368,01	0,000954	368,01	0,000993	368,01	0,000784	368,01	0,000784
373,67	0,000908	373,67	0,000908	373,67	0,000967	373,67	0,001007	373,67	0,000797	373,67	0,000797
379,33	0,000922	379,33	0,000928	379,33	0,000987	379,33	0,001026	379,33	0,000810	379,33	0,000810
385,00	0,000935	385,00	0,000941	385,00	0,001000	385,00	0,001039	385,00	0,000824	385,00	0,000824
390,66	0,000974	390,66	0,000954	390,66	0,001013	390,66	0,001052	390,66	0,000837	390,66	0,000837
396,32	0,000992	396,32	0,000967	396,32	0,001026	396,32	0,001072	396,32	0,000850	396,32	0,000850
401,98	0,000935	401,98	0,000980	401,98	0,001046	401,98	0,001085	401,98	0,000863	401,98	0,000863
407,64	0,001013	407,64	0,001000	407,64	0,001065	407,64	0,001098	407,64	0,000876	407,64	0,000876
413,31	0,000935	413,31	0,001013	413,31	0,001078	413,31	0,001111	413,31	0,000889	413,31	0,000889
418,97	0,001046	418,97	0,001033	418,97	0,001098	418,97	0,001131	418,97	0,000902	418,97	0,000902
424,63	0,001072	424,63	0,001033	424,63	0,001118	424,63	0,001144	424,63	0,000915	424,63	0,000915
430,29	0,001092	430,29	0,001065	430,29	0,001137	430,29	0,001177	430,29	0,000928	430,29	0,000928
435,95	0,001111	435,95	0,001078	435,95	0,001150	435,95	0,001190	435,95	0,000941	435,95	0,000941
441,61	0,001137	441,61	0,001098	441,61	0,001163	441,61	0,001235	441,61	0,000954	441,61	0,000954
447,28	0,001150	447,28	0,001118	447,28	0,001183	447,28	0,001263	447,28	0,000967	447,28	0,000967
452,94	0,001163	452,94	0,001137	452,94	0,001196	452,94	0,001292	452,94	0,000980	452,94	0,000980
458,60	0,001176	458									

509.55	0.001359	509.55	0.001307	509.55	0.001373	509.55	0.001379	509.55	0.001444
515.22	0.001373	515.22	0.001327	515.22	0.001399	515.22	0.001392	515.22	0.001157
520.88	0.001399	520.88	0.001340	520.88	0.001418	520.88	0.001405	520.88	0.001170
526.54	0.001412	526.54	0.001353	526.54	0.001438	526.54	0.001418	526.54	0.001183
532.20	0.001431	532.20	0.001379	532.20	0.001464	532.20	0.001438	532.20	0.001196
537.86	0.001464	537.86	0.001392	537.86	0.001484	537.86	0.001458	537.86	0.001209
543.52	0.001490	543.52	0.001425	543.52	0.001497	543.52	0.001471	543.52	0.001222
549.19	0.001503	549.19	0.001438	549.19	0.001516	549.19	0.001484	549.19	0.001242
554.85	0.001529	554.85	0.001464	554.85	0.001536	554.85	0.001503	554.85	0.001255
560.51	0.001542	560.51	0.001490	560.51	0.001562	560.51	0.001516	560.51	0.001268
566.17	0.001569	566.17	0.001503	566.17	0.001588	566.17	0.001536	566.17	0.001281
571.83	0.001601	571.83	0.001523	571.83	0.001608	571.83	0.001556	571.83	0.001294
577.49	0.001621	577.49	0.001542	577.49	0.001621	577.49	0.001562	577.49	0.001307
583.16	0.001647	583.16	0.001562	583.16	0.001647	583.16	0.001582	583.16	0.001327
588.82	0.001667	588.82	0.001588	588.82	0.001673	588.82	0.001601	588.82	0.001340
594.48	0.001686	594.48	0.001614	594.48	0.001693	594.48	0.001621	594.48	0.001353
600.14	0.001732	600.14	0.001634	600.14	0.001719	600.14	0.001634	600.14	0.001373
605.80	0.001791	605.80	0.001601	605.80	0.001739	605.80	0.001654	605.80	0.001386
611.46	0.001882	611.46	0.001438	611.46	0.001765	611.46	0.001667	611.46	0.001405
615.10	0.001941	617.13	0.001314	617.13	0.001791	617.13	0.001686	617.13	0.001418
622.84	0.001947	619.80	0.001255	622.79	0.001817	622.79	0.001706	622.79	0.001431
		526,83		628.45	0.001843	628.45	0.001719	628.45	0.001451
				634.11	0.001869	634.11	0.001739	634.11	0.001464
				639.77	0.001908	639.77	0.001752	639.77	0.001477
				645.44	0.001935	645.44	0.001778	645.44	0.001490
				651.10	0.002007	651.10	0.001791	651.10	0.001510
				655.30	0.002060	656.76	0.001810	656.76	0.001529
				557,01	0.002098	662.42	0.001830	662.42	0.001542
						668.08	0.001843	668.08	0.001562
						673.74	0.001863	673.74	0.001582
						679.41	0.001882	679.41	0.001595
						685.07	0.001895	685.07	0.001608
						690.73	0.001922	690.73	0.001627
						696.39	0.001941	696.39	0.001641
						702.05	0.001954	702.05	0.001660
						707.71	0.001980	707.71	0.001680
						713.38	0.001993	713.38	0.001693
						719.04	0.002020	719.04	0.001706
						724.70	0.002039	724.70	0.001758
						730.36	0.002065	730.36	0.001765
						736.02	0.002085	736.02	0.001778
						741.68	0.002105	741.68	0.001784
						747.35	0.002131	747.35	0.001804
						753.01	0.002157	753.01	0.001817
						758.67	0.002176	758.67	0.001837
						764.33	0.002203	764.33	0.001856
						769.99	0.002222	769.99	0.001876
						775.65	0.002242	775.65	0.001902
						781.32	0.002255	781.32	0.001922
						786.98	0.002314	786.98	0.001948
						789.40	0.002339	792.64	0.001961
						670,99	0.002398	798.30	0.001993
								803.96	0.002026
								809.62	0.002092
								815.29	0.002288
								820.95	0.002471
								824.50	0.002504
								700,83	0.002555

K2

19		20		21		22		23		24	
gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.
0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000
5.66	0.000013	5.66	0.000023	5.66	0.000026	5.66	0.000039	5.66	0.000026	5.66	0.000026
11.32	0.000026	11.32	0.000072	11.32	0.000078	11.32	0.000072	11.32	0.000039	11.32	0.000000
16.99	0.000039	16.99	0.000118	16.99	0.000118	16.99	0.000092	16.99	0.000046	16.99	0.000105
22.65	0.000059	22.65	0.000131	22.65	0.000124	22.65	0.000144	22.65	0.000059	22.65	0.000144
28.31	0.000078	28.31	0.000157	28.31	0.000150	28.31	0.000157	28.31	0.000065	28.31	0.000078
33.97	0.000092	33.97	0.000183	33.97	0.000176	33.97	0.000176	33.97	0.000078	33.97	0.000196
39.63	0.000118	39.63	0.000209	39.63	0.000203	39.63	0.000196	39.63	0.000092	39.63	0.000222
45.29	0.000131	45.29	0.000229	45.29	0.000222	45.29	0.000222	45.29	0.000105	45.29	0.000248
50.96	0.000150	50.96	0.000255	50.96	0.000261	50.96	0.000235	50.96	0.000118	50.96	0.000275
56.62	0.000157	56.62	0.000268	56.62	0.000294	56.62	0.000268	56.62	0.000131	56.62	0.000294
62.28	0.000176	62.28	0.000288	62.28	0.000327	62.28	0.000288	62.28	0.000144	62.28	0.000320
67.94	0.000190	67.94	0.000314	67.94	0.000359	67.94	0.000301	67.94	0.000157	67.94	0.000340
73.60	0.000209	73.60	0.000333	73.60	0.000386	73.60	0.000314	73.60	0.000170	73.60	0.000353
79.26	0.000229	79.26	0.000353	79.26	0.000418	79.26	0.000340	79.26	0.000183	79.26	0.000373
84.93	0.000242	84.93	0.000366	84.93	0.000444	84.93	0.000359	84.93	0.000196	84.93	0.000399
90.59	0.000255	90.59	0.000386	90.59	0.000477	90.59	0.000373	90.59	0.000209	90.59	0.000420
96.25	0.000268	96.25	0.000405	96.25	0.000503	96.25	0.000392	96.25	0.000222	96.25	0.000431
101.91	0.000281	101.91	0.000425	101.91	0.000529	101.91	0.000412	101.91	0.000235	101.91	0.000451
107.57	0.000294	107.57	0.000448	107.57	0.000556	107.57	0.000425	107.57	0.000248	107.57	0.000471
113.23	0.000314	113.23	0.000464	113.23	0.000588	113.23	0.000444	113.23	0.000261	113.23	0.000490
118.90	0.000327	118.90	0.000477	118.90	0.000614	118.90	0.000458	118.90	0.000275	118.90	0.000510
124.56	0.000340	124.56	0.000497	124.56	0.000641	124.56	0.000477	124.56	0.000288	124.56	0.000523
130.22	0.000353	130.22	0.000510	130.22	0.000680	130.22	0.000490	130.22	0.000301	130.22	0.000542
135.88	0.000366	135.88	0.000536	135.88	0.000699	135.88	0.000510	135.88	0.000314	135.88	0.000556
141.54	0.000379	141.54	0.000556	141.54	0.000725	141.54	0.000523	141.54	0.000333	141.54	0.000575
147.20	0.000392	147.20	0.000575	147.20	0.000752	147.20	0.000542	147.20	0.000346	147.20	0.000595
152.87	0.000405	152.87	0.000588	152.87	0.000784	152.87	0.000556	152.87	0.000359	152.87	0.000614
158.53	0.000418	158.53	0.000614	158.53	0.000810	158.53	0.000575	158.53	0.000373	158.53	0.000627
164.19	0.000431	164.19	0.000627	164.19	0.000830	164.19	0.000588	164.19	0.000386	164.19	0.000647
169.85	0.000451	169.85	0.000654	169.85	0.000856	169.85	0.000601	169.85	0.000399	169.85	0.000667
175.51	0.000458	175.51	0.000673	175.51	0.000889	175.51	0.000621	175.51	0.000412	175.51	0.000680

181.17	0.000471	181.17	0.000686	181.17	0.000915	181.17	0.000634	181.17	0.000425	181.17	0.000699
186.84	0.000484	186.84	0.000706	186.84	0.000941	186.84	0.000654	186.84	0.000438	186.84	0.000712
192.50	0.000497	192.50	0.000732	192.50	0.000967	192.50	0.000673	192.50	0.000458	192.50	0.000732
198.16	0.000510	198.16	0.000752	198.16	0.000993	198.16	0.000686	198.16	0.000471	198.16	0.000745
203.82	0.000523	203.82	0.000765	203.82	0.001013	203.82	0.000699	203.82	0.000484	203.82	0.000765
209.48	0.000536	209.48	0.000779	209.48	0.001046	209.48	0.000719	209.48	0.000497	209.48	0.000784
215.15	0.000556	215.15	0.000810	215.15	0.001059	215.15	0.000732	215.15	0.000509	215.15	0.000804
220.81	0.000569	220.81	0.000837	220.81	0.001092	220.81	0.000752	220.81	0.000529	220.81	0.000817
226.47	0.000582	226.47	0.000856	226.47	0.001118	226.47	0.000765	226.47	0.000542	226.47	0.000837
232.13	0.000595	232.13	0.000882	232.13	0.001144	232.13	0.000778	232.13	0.000556	232.13	0.000850
237.79	0.000608	237.79	0.000922	237.79	0.001170	237.79	0.000797	237.79	0.000569	237.79	0.000869
243.45	0.000621	243.45	0.000952	243.45	0.001196	243.45	0.000817	243.45	0.000588	243.45	0.000882
249.12	0.000634	249.12	0.000941	249.12	0.001216	249.12	0.000830	249.12	0.000601	249.12	0.000902
254.78	0.000647	254.78	0.000961	254.78	0.001248	254.78	0.000843	254.78	0.000614	254.78	0.000915
260.44	0.000660	260.44	0.000987	260.44	0.001288	260.44	0.000863	260.44	0.000627	260.44	0.000935
266.10	0.000673	266.10	0.001007	266.10	0.001320	266.10	0.000876	266.10	0.000641	266.10	0.000948
271.76	0.000686	271.76	0.001026	271.76	0.001346	271.76	0.000889	271.76	0.000654	271.76	0.000961
277.42	0.000699	277.42	0.001046	277.42	0.001386	277.42	0.000908	277.42	0.000673	277.42	0.000980
283.09	0.000712	283.09	0.001072	283.09	0.001418	283.09	0.000922	283.09	0.000686	283.09	0.001000
288.75	0.000725	288.75	0.001092	288.75	0.001451	288.75	0.000935	288.75	0.000706	288.75	0.001013
294.41	0.000739	294.41	0.001118	294.41	0.001477	294.41	0.000954	294.41	0.000719	294.41	0.001026
300.07	0.000758	300.07	0.001137	300.07	0.001503	300.07	0.000967	300.07	0.000732	300.07	0.001046
305.73	0.000771	305.73	0.001157	305.73	0.001516	305.73	0.000987	305.73	0.000745	305.73	0.001065
311.39	0.000784	311.39	0.001176	311.39	0.001516	311.39	0.001000	311.39	0.000758	311.39	0.001078
317.06	0.000797	317.06	0.001203	317.06	0.001438	317.06	0.001013	317.06	0.000778	317.06	0.001098
322.72	0.000817	322.72	0.001222	322.72	0.001373	322.72	0.001046	322.72	0.000797	322.72	0.001111
328.38	0.000830	328.38	0.001242	328.38	0.001327	328.38	0.001046	328.38	0.000804	328.38	0.001124
334.04	0.000850	334.04	0.001261	334.04	0.001320	334.04	0.001059	334.04	0.000817	334.04	0.001144
339.70	0.000856	339.70	0.001281	339.70	0.001307	339.70	0.001072	339.70	0.000837	339.70	0.001163
345.36	0.000876	345.36	0.001307	345.36	0.001307	345.36	0.001092	345.36	0.000850	345.36	0.001176
351.03	0.000889	351.03	0.001327	351.03	0.000900	351.03	0.001108	351.03	0.000863	351.03	0.001190
356.69	0.000902	356.69	0.001346	356.69	0.000900	356.69	0.001118	356.69	0.000882	356.69	0.001209
362.35	0.000922	362.35	0.001373	362.35	0.000900	362.35	0.001131	362.35	0.000895	362.35	0.001222
368.01	0.000941	368.01	0.001392	368.01	0.001281	368.01	0.001144	368.01	0.000908	368.01	0.001244
373.67	0.000954	373.67	0.001412	373.67	0.001275	373.67	0.001157	373.67	0.000922	373.67	0.001255
379.33	0.000967	379.33	0.001438	379.33	0.001261	379.33	0.001170	379.33	0.000935	379.33	0.001275
385.00	0.000980	385.00	0.001458	385.00	0.000900	385.00	0.001190	385.00	0.000954	385.00	0.001288
390.66	0.001000	390.66	0.001477	390.66	0.001253	390.66	0.001209	390.66	0.000967	390.66	0.001307
396.32	0.001013	396.32	0.001503	396.32	0.001203	396.32	0.001222	396.32	0.000980	396.32	0.001320
401.98	0.001026	401.98	0.001523	401.98	0.000900	401.98	0.001235	401.98	0.001000	401.98	0.001340
407.64	0.001046	407.64	0.001542	407.64	0.001176	407.64	0.001248	407.64	0.001013	407.64	0.001353
413.31	0.001065	413.31	0.001569	413.31	0.000900	413.31	0.001261	413.31	0.001026	413.31	0.001373
418.97	0.001078	418.97	0.001595	418.97	0.001150	418.97	0.001275	418.97	0.001039	418.97	0.001392
424.63	0.001098	424.63	0.001614	424.63	0.001111	424.63	0.001294	424.63	0.001052	424.63	0.001405
430.29	0.001111	430.29	0.001634	430.29	0.001078	430.29	0.001307	430.29	0.001072	430.29	0.001425
435.95	0.001131	435.95	0.001660	435.95	0.001059	435.95	0.001327	435.95	0.001085	435.95	0.001444
441.61	0.001144	441.61	0.001680	441.61	0.001033	441.61	0.001340	441.61	0.001098	441.61	0.001458
447.28	0.001163	447.28	0.001706	447.28	0.000967	447.28	0.001353	447.28	0.001118	447.28	0.001477
452.94	0.001183	452.94	0.001732	452.94	0.000928	452.94	0.001366	452.94	0.001131	452.94	0.001497
458.60	0.001196	458.60	0.001752	458.60	0.000902	458.60	0.001379	458.60	0.001144	458.60	0.001510
464.26	0.001216	464.26	0.001766	464.26	0.000869	464.26	0.001392	464.26	0.001157	464.26	0.001524
469.92	0.001235	469.92	0.001797	469.92	0.000850	469.92	0.001412	469.92	0.001170	469.92	0.001542
475.58	0.001255	475.58	0.001824	475.58	0.000817	475.58	0.001425	475.58	0.001190	475.58	0.001562
481.25	0.001275	481.25	0.001850	481.25	0.000797	481.25	0.001438	481.25	0.001203	481.25	0.001582
486.91	0.001294	486.91	0.001869	486.91	0.000758	486.91	0.001458	486.91	0.001216	486.91	0.001601
492.57	0.001314	492.57	0.001895	492.57	0.000732	492.57	0.001478	492.57	0.001235	492.57	0.001621
498.23	0.001333	498.23	0.001922	498.23	0.000719	498.23	0.001490	498.23	0.001248	498.23	0.001641
503.89	0.001346	503.89	0.001954	503.89	0.000660	503.89	0.001497	503.89	0.001261	503.89	0.001660
509.55	0.001366	509.55	0.001974	504.00	0.000955	509.55	0.001510	509.55	0.001275	509.55	0.001673
515.22	0.001386	515.22	0.002007	428.40	0.000955	515.22	0.001529	515.22	0.001288	515.22	0.001693
520.88	0.001405	520.88	0.002033	520.88	0.001542	520.88	0.001542	520.88	0.001307	520.88	0.001712
526.54	0.001425	526.54	0.002065	526.54	0.001562	526.54	0.001562	526.54	0.001320	526.54	0.001732
532.20	0.001444	532.20	0.002092	532.20	0.001575	532.20	0.001575	532.20	0.001340	532.20	0.001752
537.86	0.001464	537.86	0.002124	537.86	0.001588	537.86	0.001588	537.86	0.001353	537.86	0.001765
543.52	0.001497	543.52	0.002157	543.52	0.001601	543.52	0.001601	543.52	0.001366	543.52	0.001784
549.19	0.001516	549.19	0.002196	549.19	0.001621	549.19	0.001621	549.19	0.001379	549.19	0.001804
554.85	0.001542	554.85	0.002229	554.85	0.001634	554.85	0.001634	554.85	0.001392	554.85	0.001824
560.51	0.001569	560.51	0.002268	560.51	0.001654	560.51	0.001654	560.51	0.001412	560.51	0.001843
566.17	0.001588	566.17	0.002301	566.17	0.001667	566.17	0.001667	566.17	0.001425	566.17	0.001856
571.83	0.001621	571.83	0.002346	571.83	0.001680	571.83	0.001680	571.83	0.001444	571.83	0.001876
577.49	0.001660	577.49	0.002378	577.49	0.001693	577.49	0.001693	577.49	0.001458	577.49	0.001895
583.16	0.001680	583.16	0.002418	583.16	0.001706	583.16	0.001706	583.16	0.001471	583.16	0.001915
588.82	0.001699	588.82	0.002451	588.82	0.001725	588.82	0.001725	588.82	0.001484	588.82	0.001935
594.48	0.001725	594.48	0.002516	594.48	0.001739	594.48	0.001739	594.48	0.001503	594.48	0.001954
600.14	0.001752	600.14	0.002569	600.14	0.001752	600.14	0.001752	600.14	0.001516	600.14	0.001980
605.80	0.001778	605.80	0.002627	605.80	0.001771	605.80	0.001771	605.80	0.001536	605.80	0.002003
611.46	0.001804	611.46	0.002680	611.46	0.001784	611.46	0.001784	611.46	0.001549	611.46	0.002023
617.13	0.001837	617.13	0.002752	617.13	0.001797	617.13	0.001797	617.13	0.001569	617.13	0.002039
622.79	0.001876	622.79	0.002837	622.79	0.001817	622.79	0.001817	622.79	0.001582	622.79	0.002059
628.45	0.001928	628.45	0.002935	628.45	0.001830	628.45	0.001830	628.45	0.001601	628.45	0.002078
634.11	0.001967	634.11	0.003163	634.11	0.001843	634.11	0.001843	634.11	0.001614	634.11	0.002098
639.77	0.002020	639.77	0.003260	639.77	0.001863	639.77	0.001863	639.77	0.001634	639.77	0.002118
645.44	0.002022	645.44	0.003320	645.44	0.001876	645.44	0.00187				

730.36	0,002118	730.36	0,001902	730.36	0,002458
736.02	0,002137	736.02	0,001922	736.02	0,002477
741.68	0,002163	741.68	0,001935	741.68	0,002497
747.35	0,002183	747.35	0,001954	747.35	0,002523
753.01	0,002196	753.01	0,001974	753.01	0,002549
758.67	0,002209	758.67	0,001993	758.67	0,002575
764.33	0,002229	764.33	0,002013	764.33	0,002605
769.99	0,002248	769.99	0,002026	769.99	0,002641
775.65	0,002261	775.65	0,002046	775.65	0,002660
781.32	0,002281	781.32	0,002065	781.32	0,002693
786.98	0,002301	786.98	0,002085	786.98	0,002719
792.64	0,002320	792.64	0,002105	788.90	0,002728
798.30	0,002340	798.30	0,002124	670.57	0,002771
803.96	0,002353	803.96	0,002144		
809.62	0,002373	809.62	0,002170		
815.29	0,002392	815.29	0,002190		
820.95	0,002412	820.95	0,002216		
826.61	0,002438	826.61	0,002235		
832.27	0,002458	832.27	0,002255		
837.93	0,002484	837.93	0,002281		
843.60	0,002516	843.60	0,002301		
849.26	0,002549	844.00	0,002302		
854.92	0,002582	717.40	0,002314		
860.58	0,002667				
864.20	0,002721				
734.57	0,002909				

37		38		39		40		41		42	
gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.
0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000
5,66	0,000013	5,66	0,000020	5,66	0,000013	5,66	0,000020	5,66	0,000007	5,66	0,000027
11,32	0,000033	11,32	0,000033	11,32	0,000020	11,32	0,000033	11,32	0,000013	11,32	0,000020
16,99	0,000046	16,99	0,000039	16,99	0,000039	16,99	0,000052	16,99	0,000020	16,99	0,000026
22,65	0,000065	22,65	0,000046	22,65	0,000039	22,65	0,000065	22,65	0,000026	22,65	0,000039
28,31	0,000078	28,31	0,000059	28,31	0,000052	28,31	0,000078	28,31	0,000033	28,31	0,000046
33,97	0,000098	33,97	0,000065	33,97	0,000065	33,97	0,000092	33,97	0,000039	33,97	0,000059
39,63	0,000111	39,63	0,000078	39,63	0,000078	39,63	0,000105	39,63	0,000052	39,63	0,000072
45,29	0,000131	45,29	0,000085	45,29	0,000085	45,29	0,000118	45,29	0,000059	45,29	0,000085
50,96	0,000144	50,96	0,000098	50,96	0,000098	50,96	0,000131	50,96	0,000072	50,96	0,000098
56,62	0,000163	56,62	0,000111	56,62	0,000111	56,62	0,000150	56,62	0,000078	56,62	0,000111
62,28	0,000176	62,28	0,000118	62,28	0,000124	62,28	0,000163	62,28	0,000092	62,28	0,000118
67,94	0,000190	67,94	0,000131	67,94	0,000137	67,94	0,000176	67,94	0,000105	67,94	0,000131
73,60	0,000203	73,60	0,000150	73,60	0,000150	73,60	0,000190	73,60	0,000118	73,60	0,000144
79,26	0,000216	79,26	0,000157	79,26	0,000163	79,26	0,000203	79,26	0,000124	79,26	0,000150
84,93	0,000229	84,93	0,000170	84,93	0,000176	84,93	0,000216	84,93	0,000137	84,93	0,000163
90,59	0,000242	90,59	0,000183	90,59	0,000190	90,59	0,000229	90,59	0,000150	90,59	0,000176
96,25	0,000255	96,25	0,000196	96,25	0,000209	96,25	0,000242	96,25	0,000163	96,25	0,000190
101,91	0,000275	101,91	0,000209	101,91	0,000216	101,91	0,000255	101,91	0,000183	101,91	0,000216
107,57	0,000288	107,57	0,000222	107,57	0,000235	107,57	0,000268	107,57	0,000196	107,57	0,000209
113,23	0,000301	113,23	0,000235	113,23	0,000248	113,23	0,000281	113,23	0,000209	113,23	0,000222
118,90	0,000314	118,90	0,000248	118,90	0,000261	118,90	0,000301	118,90	0,000222	118,90	0,000229
124,56	0,000327	124,56	0,000261	124,56	0,000275	124,56	0,000314	124,56	0,000235	124,56	0,000242
130,22	0,000340	130,22	0,000281	130,22	0,000288	130,22	0,000327	130,22	0,000248	130,22	0,000255
135,88	0,000353	135,88	0,000294	135,88	0,000301	135,88	0,000340	135,88	0,000268	135,88	0,000261
141,54	0,000366	141,54	0,000307	141,54	0,000314	141,54	0,000353	141,54	0,000281	141,54	0,000275
147,20	0,000379	147,20	0,000320	147,20	0,000327	147,20	0,000366	147,20	0,000294	147,20	0,000288
152,87	0,000392	152,87	0,000333	152,87	0,000340	152,87	0,000379	152,87	0,000307	152,87	0,000294
158,53	0,000412	158,53	0,000346	158,53	0,000353	158,53	0,000399	158,53	0,000320	158,53	0,000307
164,19	0,000425	164,19	0,000359	164,19	0,000366	164,19	0,000412	164,19	0,000340	164,19	0,000320
169,85	0,000438	169,85	0,000373	169,85	0,000379	169,85	0,000425	169,85	0,000353	169,85	0,000327
175,51	0,000451	175,51	0,000386	175,51	0,000392	175,51	0,000438	175,51	0,000366	175,51	0,000340
181,17	0,000464	181,17	0,000399	181,17	0,000405	181,17	0,000451	181,17	0,000379	181,17	0,000353
186,84	0,000484	186,84	0,000412	186,84	0,000418	186,84	0,000458	186,84	0,000399	186,84	0,000359
192,50	0,000497	192,50	0,000425	192,50	0,000431	192,50	0,000471	192,50	0,000412	192,50	0,000373
198,16	0,000510	198,16	0,000444	198,16	0,000444	198,16	0,000490	198,16	0,000425	198,16	0,000386
203,82	0,000523	203,82	0,000451	203,82	0,000458	203,82	0,000503	203,82	0,000438	203,82	0,000399
209,48	0,000536	209,48	0,000464	209,48	0,000471	209,48	0,000516	209,48	0,000451	209,48	0,000412
215,15	0,000556	215,15	0,000484	215,15	0,000484	215,15	0,000529	215,15	0,000471	215,15	0,000424
220,81	0,000569	220,81	0,000497	220,81	0,000497	220,81	0,000542	220,81	0,000490	220,81	0,000431
226,47	0,000588	226,47	0,000510	226,47	0,000510	226,47	0,000556	226,47	0,000503	226,47	0,000444
232,13	0,000601	232,13	0,000523	232,13	0,000523	232,13	0,000569	232,13	0,000516	232,13	0,000451
237,79	0,000614	237,79	0,000536	237,79	0,000536	237,79	0,000582	237,79	0,000536	237,79	0,000464
243,45	0,000634	243,45	0,000549	243,45	0,000601	243,45	0,000601	243,45	0,000549	243,45	0,000471
249,12	0,000647	249,12	0,000562	249,12	0,000562	249,12	0,000614	249,12	0,000562	249,12	0,000490
254,78	0,000660	254,78	0,000575	254,78	0,000575	254,78	0,000627	254,78	0,000582	254,78	0,000503
260,44	0,000680	260,44	0,000588	260,44	0,000588	260,44	0,000641	260,44	0,000595	260,44	0,000516
266,10	0,000699	266,10	0,000601	266,10	0,000601	266,10	0,000654	266,10	0,000614	266,10	0,000523
271,76	0,000712	271,76	0,000614	271,76	0,000618	271,76	0,000667	271,76	0,000627	271,76	0,000536
277,42	0,000725	277,42	0,000627	277,42	0,000631	277,42	0,000673	277,42	0,000647	277,42	0,000549
283,09	0,000745	283,09	0,000647	283,09	0,000641	283,09	0,000693	283,09	0,000660	283,09	0,000562
288,75	0,000758	288,75	0,000660	288,75	0,000660	288,75	0,000706	288,75	0,000673	288,75	0,000569
294,41	0,000778	294,41	0,000673	294,41	0,000673	294,41	0,000719	294,41	0,000686	294,41	0,000582
300,07	0,000791	300,07	0,000686	300,07	0,000686	300,07	0,000732	300,07	0,000706	300,07	0,000595
305,73	0,000810	305,73	0,000699	305,73	0,000693	305,73	0,000745	305,73	0,000725	305,73	0,000608
311,39	0,000824	311,39	0,000719	311,39	0,000719	311,39	0,000758	311,39	0,000739	311,39	0,000621
317,06	0,000843	317,06	0,000732	317,06	0,000725	317,06	0,000771	317,06	0,000758	317,06	0,000634
322,72	0,000856	322,72	0,000752	322,72	0,000739	322,72	0,000784	322,72	0,000771	322,72	0,000647
328,38	0,000876	328,38	0,000765	328,38	0,000752	328,38	0,000804	328,38	0,000791	328,38	0,000654
334,04	0,000895	334,04	0,000778	334,04	0,000771	334,04	0,000817	334,04	0,000804	334,04	0,000667
339,70	0,000908	339,70	0,000791	339,70	0,000778	339,70	0,000830	339,70	0,000824	339,70	0,000680
345,36	0,000928	345,36	0,000810	345,36	0,000791	345,36	0,000843	345,36	0,000843	345,36	0,000693
351,03	0,000948	351,03	0,000824	351,03	0,000804	351,03	0,000856	351,03	0,000856	351,03	0,000706
356,69	0,000961	356,69	0,000843	356,69	0,000810	356,69	0,000869	356,69	0,000876	356,69	0,000719

362.35	0.000980	362.35	0.000856	362.35	0.000824	362.35	0.000882	362.35	0.000889	362.35	0.000732
368.01	0.001000	368.01	0.000869	368.01	0.000877	368.01	0.000895	368.01	0.000902	368.01	0.000745
373.67	0.001020	373.67	0.000889	373.67	0.000850	373.67	0.000908	373.67	0.000922	373.67	0.000778
379.33	0.001033	379.33	0.000902	379.33	0.000869	379.33	0.000922	379.33	0.000935	379.33	0.000751
385.00	0.001052	385.00	0.000922	385.00	0.000882	385.00	0.000935	385.00	0.000954	385.00	0.000784
390.66	0.001065	390.66	0.000935	390.66	0.000895	390.66	0.000948	390.66	0.000967	390.66	0.000797
396.32	0.001085	396.32	0.000948	396.32	0.000902	396.32	0.000967	396.32	0.000981	396.32	0.000810
401.98	0.001105	401.98	0.000961	401.98	0.000915	401.98	0.000980	401.98	0.001000	401.98	0.000824
407.64	0.001124	407.64	0.000987	407.64	0.000928	407.64	0.000997	407.64	0.001020	407.64	0.000837
413.31	0.001144	413.31	0.001000	413.31	0.000941	413.31	0.001000	413.31	0.001033	413.31	0.000850
418.97	0.001157	418.97	0.001020	418.97	0.000954	418.97	0.001013	418.97	0.001052	418.97	0.000865
424.63	0.001176	424.63	0.001039	424.63	0.000967	424.63	0.001026	424.63	0.001065	424.63	0.000880
430.29	0.001196	430.29	0.001059	430.29	0.000980	430.29	0.001039	430.29	0.001085	430.29	0.000892
435.95	0.001216	435.95	0.001072	435.95	0.000993	435.95	0.001052	435.95	0.001098	435.95	0.000905
441.61	0.001235	441.61	0.001092	441.61	0.001007	441.61	0.001072	441.61	0.001111	441.61	0.000908
447.28	0.001255	447.28	0.001105	447.28	0.001020	447.28	0.001078	447.28	0.001131	447.28	0.000922
452.94	0.001275	452.94	0.001124	452.94	0.001033	452.94	0.001092	452.94	0.001144	452.94	0.000941
458.60	0.001294	458.60	0.001144	458.60	0.001046	458.60	0.001105	458.60	0.001170	458.60	0.000948
464.26	0.001314	464.26	0.000000	464.26	0.001059	464.26	0.001118	464.26	0.001183	464.26	0.000961
469.92	0.001340	469.92	0.001176	469.92	0.001072	469.92	0.001137	469.92	0.001196	469.92	0.000974
475.58	0.001359	475.58	0.001216	475.58	0.001085	475.58	0.001150	475.58	0.001209	475.58	0.000987
481.25	0.001379	481.25	0.001229	481.25	0.001098	481.25	0.001163	481.25	0.001229	481.25	0.001000
486.91	0.001399	486.91	0.001242	486.91	0.001111	486.91	0.001176	486.91	0.001242	486.91	0.001013
492.57	0.001418	492.57	0.001261	492.57	0.001118	492.57	0.001190	492.57	0.001261	492.57	0.001026
498.23	0.001444	498.23	0.001275	498.23	0.001131	498.23	0.001203	498.23	0.001275	498.23	0.001039
503.89	0.001464	503.89	0.001294	503.89	0.001144	503.89	0.001216	503.89	0.001288	503.89	0.001118
509.55	0.001484	509.55	0.001314	509.55	0.001157	509.55	0.001229	509.55	0.001307	509.55	0.001072
515.22	0.001510	515.22	0.001333	515.22	0.001170	515.22	0.001242	515.22	0.001327	515.22	0.001078
520.88	0.001536	520.88	0.001353	520.88	0.001176	520.88	0.001255	520.88	0.001340	520.88	0.001092
526.54	0.001562	526.54	0.001373	526.54	0.001190	526.54	0.001268	526.54	0.001359	526.54	0.001105
532.20	0.001595	532.20	0.001399	532.20	0.001203	532.20	0.001281	532.20	0.001373	532.20	0.001118
537.86	0.001614	537.86	0.001418	537.86	0.001216	537.86	0.001294	537.86	0.001392	537.86	0.001131
543.52	0.001647	543.52	0.001438	543.52	0.001229	543.52	0.001307	543.52	0.001405	543.52	0.001144
549.19	0.001673	549.19	0.001464	549.19	0.001235	549.19	0.001320	549.19	0.001425	549.19	0.001157
554.85	0.001706	554.85	0.001490	554.85	0.001248	554.85	0.001333	554.85	0.001438	554.85	0.001170
560.51	0.001732	560.51	0.001510	560.51	0.001255	560.51	0.001346	560.51	0.001458	560.51	0.001183
566.17	0.001765	566.17	0.001536	566.17	0.001268	566.17	0.001366	566.17	0.001471	566.17	0.001196
571.83	0.001797	571.83	0.001556	571.83	0.001275	571.83	0.001379	571.83	0.001490	571.83	0.001209
577.49	0.001830	577.49	0.001588	577.49	0.001281	577.49	0.001392	577.49	0.001503	577.49	0.001222
583.16	0.001863	583.16	0.001608	583.16	0.001288	583.16	0.001405	583.16	0.001516	583.16	0.001235
588.82	0.001902	588.82	0.001627	588.82	0.001288	588.82	0.001418	588.82	0.001536	588.82	0.001242
594.48	0.001941	594.48	0.001654	594.48	0.001294	594.48	0.001431	594.48	0.001549	594.48	0.001255
600.14	0.001993	600.14	0.001686	600.14	0.001294	600.14	0.001444	600.14	0.001569	600.14	0.001275
605.80	0.002052	605.80	0.001712	605.80	0.001301	605.80	0.001458	605.80	0.001588	605.80	0.001288
611.46	0.002098	611.46	0.001745	611.46	0.001301	611.46	0.001477	611.46	0.001601	611.46	0.001301
617.13	0.002176	617.13	0.001784	617.13	0.001307	617.13	0.001490	617.13	0.001627	617.13	0.001314
622.79	0.002261	622.79	0.001810	622.79	0.001288	622.79	0.001503	622.79	0.001645	622.79	0.001327
628.45	0.002373	628.45	0.001856	628.45	0.001242	628.45	0.001523	628.45	0.001654	628.45	0.001340
634.11	0.002569	634.11	0.001882	634.11	0.001157	634.11	0.001536	634.11	0.001673	634.11	0.001353
639.70	0.002589	639.77	0.001915	639.77	0.001549	639.77	0.001593	639.77	0.001693	639.77	0.001366
645.44	0.002739	645.44	0.001961	645.44	0.001562	645.44	0.001712	645.44	0.001712	645.44	0.001379
649.00	0.001990	649.00	0.001990	651.10	0.001575	651.10	0.001725	651.10	0.001725	651.10	0.001392
651.65	0.002026	651.65	0.002026	656.76	0.001595	656.76	0.001745	656.76	0.001745	656.76	0.001405
				662.42	0.001608	662.42	0.001765	662.42	0.001765	662.42	0.001418
				668.08	0.001627	668.08	0.001784	668.08	0.001784	668.08	0.001431
				673.74	0.001641	673.74	0.001797	673.74	0.001797	673.74	0.001444
				679.41	0.001660	679.41	0.001817	679.41	0.001817	679.41	0.001464
				685.07	0.001673	685.07	0.001837	685.07	0.001837	685.07	0.001477
				690.73	0.001693	690.73	0.001850	690.73	0.001850	690.73	0.001490
				696.39	0.001706	696.39	0.001869	696.39	0.001869	696.39	0.001503
				702.05	0.001725	702.05	0.001889	702.05	0.001889	702.05	0.001516
				707.71	0.001739	707.71	0.001908	707.71	0.001908	707.71	0.001529
				713.38	0.001758	713.38	0.001928	713.38	0.001928	713.38	0.001542
				719.04	0.001771	719.04	0.001941	719.04	0.001941	719.04	0.001562
				724.70	0.001791	724.70	0.001961	724.70	0.001961	724.70	0.001575
				730.36	0.001804	730.36	0.001980	730.36	0.001980	730.36	0.001588
				736.02	0.001824	736.02	0.001993	736.02	0.001993	736.02	0.001608
				741.68	0.001843	741.68	0.002020	741.68	0.002020	741.68	0.001621
				747.35	0.001863	747.35	0.002039	747.35	0.002039	747.35	0.001634
				753.01	0.001876	753.01	0.002059	753.01	0.002059	753.01	0.001654
				758.67	0.001895	758.67	0.002072	758.67	0.002072	758.67	0.001666
				764.33	0.001915	764.33	0.002087	764.33	0.002087	764.33	0.001686
				769.99	0.001935	769.99	0.002118	769.99	0.002118	769.99	0.001706
				775.65	0.001954	775.65	0.002137	775.65	0.002137	775.65	0.001725
				781.32	0.001974	781.32	0.002157	781.32	0.002157	781.32	0.001739
				786.98	0.001993	786.98	0.002183	786.98	0.002183	786.98	0.001758
				792.64	0.002013	792.64	0.002212	792.64	0.002212	792.64	0.001771
				798.30	0.002033	798.30	0.002222	798.30	0.002222	798.30	0.001791
				803.96	0.002059	803.96	0.002235	803.96	0.002235	803.96	0.001810
				809.62	0.002078	809.62	0.002261	809.62	0.002261	809.62	0.001830
				815.29	0.002098	815.29	0.002281	815.29	0.002281	815.29	0.001856
				820.95	0.002124	820.95	0.002307	820.95	0.002307	820.95	0.001869
				826.61	0.002144	826.61	0.002327	826.61	0.002327	826.61	0.001889
				832.27	0.002163	832.27	0.002353	832.27	0.002353	832.27	0.001908
				837.93	0.002183	837.93	0.002373	837.93	0.002373	837.93	0.001928
				843.60	0.002203	843.60	0.002399	843.60	0.002399	843.60	0.001931
				849.26	0.002235	849.26	0.002418	849.26	0.002418	849.26	0.001967
				854.92	0.002268	854.92	0.002438	854.92	0.002438	854.92	0.001989
				860.58	0.002301	860.58	0.002458	860.58	0.002458	860.58	0.002008
				866.24	0.002318	866.24	0.002471	866.24	0.002471	866.24	0.002028
				871.90	0.002373	871.90	0.002490	871.90	0.00249		

55		56		57		58		59		60	
gerlime (kg/cm ²)	birim deform.	gerlime (kg/cm ²)	birim deform.	gerlime (kg/cm ²)	birim deform.	gerlime (kg/cm ²)	birim deform.	gerlime (kg/cm ²)	birim deform.	gerlime (kg/cm ²)	birim deform.
0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000
5,66	0,000007	5,66	0,000007	5,66	0,000013	5,66	0,000013	5,66	0,000007	5,66	0,000007
11,32	0,000026	11,32	0,000026	11,32	0,000050	11,32	0,000050	11,32	0,000026	11,32	0,000026
16,99	0,000039	16,99	0,000029	16,99	0,000046	16,99	0,000033	16,99	0,000033	16,99	0,000026
22,65	0,000052	22,65	0,000039	22,65	0,000052	22,65	0,000046	22,65	0,000052	22,65	0,000039
28,31	0,000065	28,31	0,000052	28,31	0,000059	28,31	0,000059	28,31	0,000065	28,31	0,000065
33,97	0,000078	33,97	0,000065	33,97	0,000078	33,97	0,000065	33,97	0,000085	33,97	0,000078
39,63	0,000092	39,63	0,000078	39,63	0,000092	39,63	0,000078	39,63	0,000092	39,63	0,000085
45,29	0,000105	45,29	0,000092	45,29	0,000105	45,29	0,000092	45,29	0,000118	45,29	0,000078
50,96	0,000118	50,96	0,000105	50,96	0,000118	50,96	0,000105	50,96	0,000137	50,96	0,000105
56,62	0,000124	56,62	0,000118	56,62	0,000137	56,62	0,000111	56,62	0,000157	56,62	0,000098
62,28	0,000137	62,28	0,000131	62,28	0,000150	62,28	0,000124	62,28	0,000176	62,28	0,000111
67,94	0,000150	67,94	0,000144	67,94	0,000163	67,94	0,000137	67,94	0,000190	67,94	0,000118
73,60	0,000170	73,60	0,000163	73,60	0,000170	73,60	0,000150	73,60	0,000209	73,60	0,000131
79,26	0,000183	79,26	0,000176	79,26	0,000190	79,26	0,000163	79,26	0,000222	79,26	0,000144
84,93	0,000196	84,93	0,000190	84,93	0,000203	84,93	0,000203	84,93	0,000242	84,93	0,000157
90,59	0,000209	90,59	0,000203	90,59	0,000216	90,59	0,000190	90,59	0,000261	90,59	0,000170
96,25	0,000222	96,25	0,000222	96,25	0,000229	96,25	0,000203	96,25	0,000275	96,25	0,000176
101,91	0,000235	101,91	0,000235	101,91	0,000242	101,91	0,000216	101,91	0,000294	101,91	0,000203
107,57	0,000248	107,57	0,000248	107,57	0,000255	107,57	0,000229	107,57	0,000314	107,57	0,000216
113,23	0,000268	113,23	0,000261	113,23	0,000275	113,23	0,000235	113,23	0,000333	113,23	0,000222
118,90	0,000281	118,90	0,000275	118,90	0,000281	118,90	0,000255	118,90	0,000346	118,90	0,000222
124,56	0,000294	124,56	0,000281	124,56	0,000294	124,56	0,000281	124,56	0,000365	124,56	0,000235
130,22	0,000307	130,22	0,000307	130,22	0,000314	130,22	0,000281	130,22	0,000386	130,22	0,000248
135,88	0,000327	135,88	0,000320	135,88	0,000327	135,88	0,000294	135,88	0,000399	135,88	0,000261
141,54	0,000340	141,54	0,000333	141,54	0,000340	141,54	0,000307	141,54	0,000418	141,54	0,000275
147,20	0,000353	147,20	0,000353	147,20	0,000359	147,20	0,000320	147,20	0,000438	147,20	0,000288
152,87	0,000366	152,87	0,000366	152,87	0,000366	152,87	0,000327	152,87	0,000457	152,87	0,000307
158,53	0,000386	158,53	0,000379	158,53	0,000386	158,53	0,000346	158,53	0,000471	158,53	0,000314
164,19	0,000399	164,19	0,000392	164,19	0,000392	164,19	0,000359	164,19	0,000490	164,19	0,000327
169,85	0,000412	169,85	0,000405	169,85	0,000405	169,85	0,000373	169,85	0,000503	169,85	0,000340
175,51	0,000431	175,51	0,000425	175,51	0,000425	175,51	0,000386	175,51	0,000523	175,51	0,000353
181,17	0,000444	181,17	0,000438	181,17	0,000444	181,17	0,000399	181,17	0,000536	181,17	0,000366
186,84	0,000458	186,84	0,000451	186,84	0,000451	186,84	0,000412	186,84	0,000556	186,84	0,000379
192,50	0,000471	192,50	0,000464	192,50	0,000471	192,50	0,000425	192,50	0,000575	192,50	0,000392
198,16	0,000490	198,16	0,000484	198,16	0,000484	198,16	0,000438	198,16	0,000595	198,16	0,000405
203,82	0,000503	203,82	0,000497	203,82	0,000497	203,82	0,000451	203,82	0,000608	203,82	0,000418
209,48	0,000516	209,48	0,000510	209,48	0,000510	209,48	0,000451	209,48	0,000627	209,48	0,000431
215,15	0,000529	215,15	0,000529	215,15	0,000523	215,15	0,000484	215,15	0,000647	215,15	0,000444
220,81	0,000549	220,81	0,000542	220,81	0,000536	220,81	0,000497	220,81	0,000660	220,81	0,000458
226,47	0,000562	226,47	0,000556	226,47	0,000556	226,47	0,000510	226,47	0,000680	226,47	0,000471
232,13	0,000575	232,13	0,000575	232,13	0,000569	232,13	0,000523	232,13	0,000699	232,13	0,000484
237,79	0,000588	237,79	0,000588	237,79	0,000588	237,79	0,000529	237,79	0,000719	237,79	0,000497
243,45	0,000601	243,45	0,000601	243,45	0,000601	243,45	0,000549	243,45	0,000739	243,45	0,000510
249,12	0,000621	249,12	0,000621	249,12	0,000614	249,12	0,000562	249,12	0,000752	249,12	0,000523
254,78	0,000634	254,78	0,000634	254,78	0,000627	254,78	0,000575	254,78	0,000771	254,78	0,000536
260,44	0,000654	260,44	0,000644	260,44	0,000647	260,44	0,000588	260,44	0,000784	260,44	0,000549
266,10	0,000667	266,10	0,000653	266,10	0,000660	266,10	0,000601	266,10	0,000800	266,10	0,000562
271,76	0,000680	271,76	0,000686	271,76	0,000680	271,76	0,000614	271,76	0,000824	271,76	0,000575
277,42	0,000693	277,42	0,000699	277,42	0,000693	277,42	0,000627	277,42	0,000843	277,42	0,000588
283,09	0,000712	283,09	0,000712	283,09	0,000712	283,09	0,000641	283,09	0,000863	283,09	0,000601
288,75	0,000732	288,75	0,000732	288,75	0,000725	288,75	0,000654	288,75	0,000876	288,75	0,000627
294,41	0,000745	294,41	0,000745	294,41	0,000739	294,41	0,000667	294,41	0,000895	294,41	0,000641
300,07	0,000765	300,07	0,000758	300,07	0,000758	300,07	0,000686	300,07	0,000915	300,07	0,000647
305,73	0,000778	305,73	0,000778	305,73	0,000771	305,73	0,000699	305,73	0,000935	305,73	0,000660
311,39	0,000791	311,39	0,000791	311,39	0,000791	311,39	0,000712	311,39	0,000948	311,39	0,000673
317,06	0,000811	317,06	0,000810	317,06	0,000804	317,06	0,000725	317,06	0,000967	317,06	0,000686
322,72	0,000824	322,72	0,000824	322,72	0,000824	322,72	0,000739	322,72	0,000980	322,72	0,000706
328,38	0,000843	328,38	0,000837	328,38	0,000837	328,38	0,000752	328,38	0,001000	328,38	0,000719
334,04	0,000856	334,04	0,000856	334,04	0,000856	334,04	0,000765	334,04	0,001013	334,04	0,000732
339,70	0,000869	339,70	0,000876	339,70	0,000869	339,70	0,000784	339,70	0,001033	339,70	0,000752
345,36	0,000882	345,36	0,000889	345,36	0,000889	345,36	0,000797	345,36	0,001052	345,36	0,000765
351,03	0,000902	351,03	0,000902	351,03	0,000908	351,03	0,000810	351,03	0,001072	351,03	0,000778
356,69	0,000922	356,69	0,000922	356,69	0,000922	356,69	0,000824	356,69	0,001085	356,69	0,000791
362,35	0,000935	362,35	0,000935	362,35	0,000935	362,35	0,000843	362,35	0,001105	362,35	0,000804
368,01	0,000954	368,01	0,000954	368,01	0,000954	368,01	0,000856	368,01	0,001118	368,01	0,000824
373,67	0,000974	373,67	0,000974	373,67	0,000974	373,67	0,000869	373,67	0,001137	373,67	0,000837
379,33	0,000990	379,33	0,000987	379,33	0,000987	379,33	0,000882	379,33	0,001157	379,33	0,000850
385,00	0,001000	385,00	0,001007	385,00	0,001007	385,00	0,000895	385,00	0,001170	385,00	0,000863
390,66	0,001013	390,66	0,001020	390,66	0,001020	390,66	0,000908	390,66	0,001190	390,66	0,000876
396,32	0,001033	396,32	0,001039	396,32	0,001046	396,32	0,000928	396,32	0,001203	396,32	0,000889
401,98	0,001052	401,98	0,001059	401,98	0,001059	401,98	0,000941	401,98	0,001216	401,98	0,000902
407,64	0,001065	407,64	0,001072	407,64	0,001078	407,64	0,000954	407,64	0,001230	407,64	0,000915
413,31	0,001085	413,31	0,001085	413,31	0,001092	413,31	0,000967	413,31	0,001255	413,31	0,000935
418,97	0,001098	418,97	0,001105	418,97	0,001111	418,97	0,000980	418,97	0,001268	418,97	0,000948
424,63	0,001118	424,63	0,001124	424,63	0,001124	424,63	0,000993	424,63	0,001288	424,63	0,000961
430,29	0,001131	430,29	0,001137	430,29	0,001144	430,29	0,001013	430,29	0,001307	430,29	0,000980
435,95	0,001150	435,95	0,001157	435,95	0,001163	435,95	0,001026	435,95	0,001320	435,95	0,000993
441,61	0,001170	441,61	0,001170	441,61	0,001176	441,61	0,001039	441,61	0,001333	441,61	0,001007
447,28	0,001190	447,28	0,001190	447,28	0,001196	447,28	0,001059	447,28	0,001353	447,28	0,001020
452,94	0,001203	452,94	0,001209	452,94	0,001216	452,94	0,001072	452,94	0,001366	452,94	0,001039
458,60	0,001222	458,60	0,001229	458,60	0,001235	458,60					

526.54	0.001458	526.54	0.001444	526.54	0.001464	526.54	0.001261	526.54	0.001582	526.54	0.001222
532.20	0.001484	532.20	0.001471	532.20	0.001484	532.20	0.001281	532.20	0.001601	532.20	0.001235
537.86	0.001503	537.86	0.001490	537.86	0.001510	537.86	0.001294	537.86	0.001621	537.86	0.001248
543.52	0.001529	543.52	0.001510	543.52	0.001529	543.52	0.001307	543.52	0.001634	543.52	0.001268
549.19	0.001549	549.19	0.001529	549.19	0.001549	549.19	0.001320	549.19	0.001654	549.19	0.001281
554.85	0.001575	554.85	0.001556	554.85	0.001575	554.85	0.001340	554.85	0.001673	554.85	0.001294
560.51	0.001601	560.51	0.001575	560.51	0.001595	560.51	0.001353	560.51	0.001686	560.51	0.001307
566.17	0.001621	566.17	0.001595	566.17	0.001621	566.17	0.001366	566.17	0.001706	566.17	0.001327
571.83	0.001647	571.83	0.001614	571.83	0.001654	571.83	0.001386	571.83	0.001725	571.83	0.001340
577.49	0.001673	577.49	0.001641	577.49	0.001673	577.49	0.001399	577.49	0.001739	577.49	0.001353
583.16	0.001699	583.16	0.001660	583.16	0.001699	583.16	0.001412	583.16	0.001758	583.16	0.001366
588.82	0.001732	588.82	0.001680	588.82	0.001725	588.82	0.001431	588.82	0.001771	588.82	0.001386
594.48	0.001758	594.48	0.001706	594.48	0.001752	594.48	0.001444	594.48	0.001791	594.48	0.001399
600.14	0.001784	600.14	0.001739	600.14	0.001784	600.14	0.001464	600.14	0.001810	600.14	0.001412
605.80	0.001817	605.80	0.001765	605.80	0.001810	605.80	0.001477	605.80	0.001830	605.80	0.001425
611.46	0.001850	611.46	0.001791	611.46	0.001850	611.46	0.001490	611.46	0.001843	611.46	0.001444
617.13	0.001876	617.13	0.001810	617.13	0.001882	617.13	0.001510	617.13	0.001863	617.13	0.001458
622.79	0.001915	622.79	0.001843	622.79	0.001915	622.79	0.001523	622.79	0.001882	622.79	0.001477
628.45	0.001954	628.45	0.001876	628.45	0.001954	628.45	0.001542	628.45	0.001902	628.45	0.001490
634.11	0.001993	634.11	0.001908	634.11	0.002000	634.11	0.001556	634.11	0.001922	634.11	0.001503
639.77	0.002046	639.77	0.001941	639.77	0.002059	639.77	0.001575	639.77	0.001941	639.77	0.001523
645.44	0.002105	645.44	0.001986	645.44	0.002170	645.44	0.001595	645.44	0.001961	645.44	0.001536
651.10	0.002183	651.10	0.002026	646.80	0.002197	651.10	0.001608	651.10	0.001980	651.10	0.001549
654.90	0.002236	656.76	0.002105	549.78	0.002253	656.76	0.001627	656.76	0.001993	656.76	0.001569
556.67	0.003170	662.42	0.002249			662.42	0.001647	662.42	0.002011	662.42	0.001588
		665.40	0.002264			668.08	0.001660	668.08	0.002023	668.08	0.001601
		665.40	0.002288			673.74	0.001680	673.74	0.002059	673.74	0.001621
						679.41	0.001699	679.41	0.002078	679.41	0.001634
						685.07	0.001719	685.07	0.002098	685.07	0.001654
						690.73	0.001739	690.73	0.002124	690.73	0.001673
						696.39	0.001752	696.39	0.002144	696.39	0.001686
						702.05	0.001778	702.05	0.002163	702.05	0.001706
						707.71	0.001797	707.71	0.002190	707.71	0.001725
						713.38	0.001817	713.38	0.002216	713.38	0.001745
						719.04	0.001837	719.04	0.002255	719.04	0.001764
						724.70	0.001863	724.70	0.002281	724.70	0.001778
						730.36	0.001889	730.36	0.002338	730.36	0.001797
						736.02	0.001908	736.02	0.002314	736.02	0.001817
						741.68	0.001941	741.68	0.002346	741.68	0.001837
						747.35	0.001961	747.35	0.002373	747.35	0.001856
						753.01	0.001993	753.01	0.002399	753.01	0.001876
						758.67	0.002007	758.67	0.002431	758.67	0.001895
						764.33	0.002020	764.33	0.002464	764.33	0.001922
						764.33	0.002081	769.99	0.002503	769.99	0.001941
						649.68	0.002222	775.65	0.002588	775.65	0.001961
								781.32	0.002699	781.32	0.001987
								786.98	0.002928	786.98	0.002013
								787.90	0.002965	792.64	0.002039
								669.72	0.003052	798.30	0.002065
										803.96	0.002085
										809.62	0.002118
										815.29	0.002157
										820.95	0.002209
										826.61	0.002255
										832.27	0.002272
										704.40	0.002307

K5

73		74		75		76		77		78	
gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.
0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000090	0.00	0.000000
5.66	0.000019	5.66	0.000020	5.66	0.000013	5.66	0.000013	5.66	0.000026	5.66	0.000020
11.32	0.000078	11.32	0.000039	11.32	0.000033	11.32	0.000026	11.32	0.000046	11.32	0.000033
16.99	0.000111	16.99	0.000052	16.99	0.000052	16.99	0.000033	16.99	0.000065	16.99	0.000052
22.65	0.000150	22.65	0.000072	22.65	0.000072	22.65	0.000039	22.65	0.000085	22.65	0.000072
28.31	0.000183	28.31	0.000092	28.31	0.000092	28.31	0.000046	28.31	0.000105	28.31	0.000092
33.97	0.000216	33.97	0.000111	33.97	0.000111	33.97	0.000052	33.97	0.000124	33.97	0.000105
39.63	0.000248	39.63	0.000137	39.63	0.000131	39.63	0.000059	39.63	0.000137	39.63	0.000124
45.29	0.000281	45.29	0.000157	45.29	0.000144	45.29	0.000065	45.29	0.000157	45.29	0.000137
50.96	0.000314	50.96	0.000176	50.96	0.000163	50.96	0.000078	50.96	0.000170	50.96	0.000157
56.62	0.000340	56.62	0.000203	56.62	0.000183	56.62	0.000085	56.62	0.000190	56.62	0.000170
62.28	0.000373	62.28	0.000222	62.28	0.000196	62.28	0.000092	62.28	0.000203	62.28	0.000183
67.94	0.000412	67.94	0.000242	67.94	0.000216	67.94	0.000098	67.94	0.000216	67.94	0.000196
73.60	0.000448	73.60	0.000268	73.60	0.000229	73.60	0.000111	73.60	0.000224	73.60	0.000209
79.26	0.000471	79.26	0.000294	79.26	0.000242	79.26	0.000118	79.26	0.000242	79.26	0.000222
84.93	0.000503	84.93	0.000314	84.93	0.000268	84.93	0.000124	84.93	0.000255	84.93	0.000242
90.59	0.000536	90.59	0.000333	90.59	0.000281	90.59	0.000137	90.59	0.000268	90.59	0.000255
96.25	0.000562	96.25	0.000359	96.25	0.000294	96.25	0.000144	96.25	0.000281	96.25	0.000268
101.91	0.000595	101.91	0.000379	101.91	0.000307	101.91	0.000157	101.91	0.000301	101.91	0.000281
107.57	0.000627	107.57	0.000399	107.57	0.000327	107.57	0.000163	107.57	0.000314	107.57	0.000294
113.23	0.000654	113.23	0.000425	113.23	0.000340	113.23	0.000176	113.23	0.000327	113.23	0.000314
118.90	0.000686	118.90	0.000444	118.90	0.000359	118.90	0.000183	118.90	0.000340	118.90	0.000327
124.56	0.000719	124.56	0.000464	124.56	0.000373	124.56	0.000196	124.56	0.000353	124.56	0.000340
130.22	0.000745	130.22	0.000490	130.22	0.000392	130.22	0.000203	130.22	0.000366	130.22	0.000353
135.88	0.000778	135.88	0.000510	135.88	0.000405	135.88	0.000216	135.88	0.000379	135.88	0.000366
141.54	0.000810	141.54	0.000529	141.54	0.000425	141.54	0.000222	141.54	0.000392	141.54	0.000379
147.20	0.000837	147.20	0.000549	147.20	0.000448	147.20	0.000229	147.20	0.000405	147.20	0.000392
152.87	0.000863	152.87	0.000575	152.87	0.000451	152.87	0.000242	152.87	0.000418	152.87	0.000412
158.53	0.000895	158.53	0.000601	158.53	0.000471	158.53	0.000255	158.53	0.000431	158.53	0.000425
164.19	0.000928	164.19	0.000627	164.19	0.000490	164.19	0.000268	164.19	0.000444	164.19	0.000438
169.85	0.000954	169.85	0.000647	169.85	0.000503	169.85	0.000275	169.85	0.000458	169.85	0.000451
175.51	0.000987	175.51	0.000667	175.51	0.000516	175.51	0.000288	175.51	0.000471	175.51	0.000464
181.17	0.001007	181.17	0.000693	181.17	0.000529	181.17	0.000301	181.17	0.000490	181.17	0.000477
186.84	0.001033	186.84	0.000712	186.84	0.000549	186.84	0.000307	186.84	0.000503	186.84	0.000497

192.50	0.001059	192.50	0.000732	192.50	0.000562	192.50	0.000320	192.50	0.000516	192.50	0.000510
198.16	0.001085	198.16	0.000758	198.16	0.000575	198.16	0.000327	198.16	0.000529	198.16	0.000523
203.82	0.001111	203.82	0.000778	203.82	0.000595	203.82	0.000340	203.82	0.000542	203.82	0.000536
209.48	0.001144	209.48	0.000804	209.48	0.000608	209.48	0.000353	209.48	0.000556	209.48	0.000549
215.15	0.001163	215.15	0.000830	215.15	0.000621	215.15	0.000366	215.15	0.000575	215.15	0.000562
220.81	0.001190	220.81	0.000850	220.81	0.000634	220.81	0.000373	220.81	0.000588	220.81	0.000575
226.47	0.001216	226.47	0.000876	226.47	0.000652	226.47	0.000386	226.47	0.000601	226.47	0.000595
232.13	0.001242	232.13	0.000895	232.13	0.000667	232.13	0.000399	232.13	0.000614	232.13	0.000608
237.79	0.001261	237.79	0.000922	237.79	0.000686	237.79	0.000412	237.79	0.000627	237.79	0.000621
243.45	0.001288	243.45	0.000941	243.45	0.000699	243.45	0.000425	243.45	0.000640	243.45	0.000634
249.12	0.001313	249.12	0.000961	249.12	0.000719	249.12	0.000431	249.12	0.000653	249.12	0.000647
254.78	0.001340	254.78	0.000986	254.78	0.000739	254.78	0.000444	254.78	0.000667	254.78	0.000660
260.44	0.001359	260.44	0.001007	260.44	0.000752	260.44	0.000458	260.44	0.000693	260.44	0.000673
266.10	0.001386	266.10	0.001026	266.10	0.000765	266.10	0.000471	266.10	0.000706	266.10	0.000693
271.76	0.001412	271.76	0.001046	271.76	0.000784	271.76	0.000484	271.76	0.000719	271.76	0.000706
277.42	0.001443	277.42	0.001065	277.42	0.000797	277.42	0.000490	277.42	0.000732	277.42	0.000719
283.09	0.001458	283.09	0.001085	283.09	0.000810	283.09	0.000503	283.09	0.000745	283.09	0.000732
288.75	0.001477	288.75	0.001111	288.75	0.000830	288.75	0.000516	288.75	0.000765	288.75	0.000745
294.41	0.001503	294.41	0.001131	294.41	0.000850	294.41	0.000529	294.41	0.000778	294.41	0.000765
300.07	0.001523	300.07	0.001150	300.07	0.000863	300.07	0.000536	300.07	0.000791	300.07	0.000778
305.73	0.001542	305.73	0.001176	305.73	0.000876	305.73	0.000549	305.73	0.000810	305.73	0.000791
311.39	0.001575	311.39	0.001196	311.39	0.000895	311.39	0.000562	311.39	0.000824	311.39	0.000804
317.06	0.001588	317.06	0.001216	317.06	0.000915	317.06	0.000575	317.06	0.000837	317.06	0.000824
322.72	0.001608	322.72	0.001235	322.72	0.000928	322.72	0.000588	322.72	0.000850	322.72	0.000837
328.38	0.001627	328.38	0.001261	328.38	0.000948	328.38	0.000601	328.38	0.000869	328.38	0.000850
334.04	0.001647	334.04	0.001281	334.04	0.000969	334.04	0.000614	334.04	0.000882	334.04	0.000869
339.70	0.001667	339.70	0.001310	339.70	0.000980	339.70	0.000627	339.70	0.000902	339.70	0.000882
345.36	0.001686	345.36	0.001320	345.36	0.000993	345.36	0.000634	345.36	0.000915	345.36	0.000895
351.03	0.001706	351.03	0.001346	351.03	0.001013	351.03	0.000647	351.03	0.000935	351.03	0.000908
356.69	0.001725	356.69	0.001366	356.69	0.001026	356.69	0.000660	356.69	0.000948	356.69	0.000928
362.35	0.001745	362.35	0.001386	362.35	0.001045	362.35	0.000673	362.35	0.000961	362.35	0.000941
368.01	0.001765	368.01	0.001412	368.01	0.001059	368.01	0.000686	368.01	0.000974	368.01	0.000954
373.67	0.001784	373.67	0.001431	373.67	0.001078	373.67	0.000699	373.67	0.000993	373.67	0.000967
379.33	0.001804	379.33	0.001451	379.33	0.001092	379.33	0.000712	379.33	0.001007	379.33	0.000980
385.00	0.001824	385.00	0.001477	385.00	0.001111	385.00	0.000725	385.00	0.001026	385.00	0.001000
390.66	0.001843	390.66	0.001497	390.66	0.001124	390.66	0.000739	390.66	0.001039	390.66	0.001013
396.32	0.001863	396.32	0.001523	396.32	0.001144	396.32	0.000752	396.32	0.001059	396.32	0.001033
401.98	0.001882	401.98	0.001549	401.98	0.001157	401.98	0.000765	401.98	0.001072	401.98	0.001046
407.64	0.001902	407.64	0.001569	407.64	0.001176	407.64	0.000778	407.64	0.001085	407.64	0.001059
413.31	0.001922	413.31	0.001595	413.31	0.001190	413.31	0.000784	413.31	0.001098	413.31	0.001072
418.97	0.001945	418.97	0.001614	418.97	0.001203	418.97	0.000797	418.97	0.001118	418.97	0.001085
424.63	0.001954	424.63	0.001641	424.63	0.001216	424.63	0.000810	424.63	0.001137	424.63	0.001098
430.29	0.001974	430.29	0.001660	430.29	0.001255	430.29	0.000824	430.29	0.001150	430.29	0.001111
435.95	0.001993	435.95	0.001686	435.95	0.001268	435.95	0.000837	435.95	0.001163	435.95	0.001131
441.61	0.002013	441.61	0.001712	441.61	0.001288	441.61	0.000850	441.61	0.001183	441.61	0.001144
447.28	0.002033	447.28	0.001739	447.28	0.001301	447.28	0.000863	447.28	0.001196	447.28	0.001157
452.94	0.002052	452.94	0.001765	452.94	0.001320	452.94	0.000876	452.94	0.001209	452.94	0.001176
458.60	0.002078	458.60	0.001791	458.60	0.001340	458.60	0.000889	458.60	0.001229	458.60	0.001190
464.26	0.002092	464.26	0.001817	464.26	0.001353	464.26	0.000902	464.26	0.001248	464.26	0.001203
469.92	0.002118	469.92	0.001843	469.92	0.001379	469.92	0.000915	469.92	0.001261	469.92	0.001216
475.58	0.002144	475.58	0.001869	475.58	0.001399	475.58	0.000928	475.58	0.001275	475.58	0.001242
481.25	0.002157	481.25	0.001902	481.25	0.001412	481.25	0.000941	481.25	0.001288	481.25	0.001261
486.91	0.002176	486.91	0.001935	486.91	0.001438	486.91	0.000954	486.91	0.001307	486.91	0.001261
492.57	0.002209	492.57	0.001961	492.57	0.001451	492.57	0.000967	492.57	0.001327	492.57	0.001275
498.23	0.002229	498.23	0.001987	498.23	0.001477	498.23	0.000980	498.23	0.001340	498.23	0.001294
503.89	0.002255	503.89	0.002020	503.89	0.001497	503.89	0.000993	503.89	0.001359	503.89	0.001307
509.55	0.002275	509.55	0.002059	509.55	0.001516	509.55	0.001007	509.55	0.001373	509.55	0.001320
515.22	0.002294	515.22	0.002092	515.22	0.001536	515.22	0.001020	515.22	0.001392	515.22	0.001333
520.88	0.002314	520.88	0.002118	520.88	0.001556	520.88	0.001033	520.88	0.001405	520.88	0.001353
526.54	0.002340	526.54	0.002157	526.54	0.001582	526.54	0.001046	526.54	0.001418	526.54	0.001366
532.20	0.002366	532.20	0.002196	532.20	0.001601	532.20	0.001059	532.20	0.001438	532.20	0.001386
537.86	0.002392	537.86	0.002242	537.86	0.001627	537.86	0.001072	537.86	0.001458	537.86	0.001399
543.52	0.002418	543.52	0.002281	543.52	0.001647	543.52	0.001085	543.52	0.001471	543.52	0.001412
549.19	0.002444	549.19	0.002320	549.19	0.001673	549.19	0.001098	549.19	0.001490	549.19	0.001425
554.85	0.002477	554.85	0.002373	554.85	0.001699	554.85	0.001111	554.85	0.001503	554.85	0.001444
560.51	0.002497	560.51	0.002418	560.51	0.001725	560.51	0.001124	560.51	0.001516	560.51	0.001458
566.17	0.002516	566.17	0.002477	566.17	0.001739	566.17	0.001137	566.17	0.001536	566.17	0.001477
571.83	0.002556	571.83	0.002542	571.83	0.001771	571.83	0.001150	571.83	0.001556	571.83	0.001490
577.49	0.002582	577.49	0.002627	577.49	0.001797	577.49	0.001163	577.49	0.001569	577.49	0.001503
583.16	0.002614	583.16	0.002660	583.16	0.001824	583.16	0.001176	583.16	0.001588	583.16	0.001523
588.82	0.002647	588.82	0.002683	588.82	0.001850	588.82	0.001190	588.82	0.001601	588.82	0.001542
594.48	0.002686	594.48	0.002781	594.48	0.001882	594.48	0.001196	594.48	0.001621	594.48	0.001556
600.14	0.002719	594.60	0.003290	600.14	0.001915	600.14	0.001209	600.14	0.001641	600.14	0.001575
605.80	0.002765	505.41	0.003641	605.80	0.001941	605.80	0.001222	605.80	0.001654	605.80	0.001588
611.46	0.002810			611.46	0.001980	611.46	0.001235	611.46	0.001673	611.46	0.001608
617.13	0.002856			617.13	0.002025	617.13	0.001248	617.13	0.001686	617.13	0.001621
622.79	0.002915			622.79	0.002105	622.79	0.001262	622.79	0.001712	622.79	0.001641
628.45	0.002967			628.45	0.002150	628.45	0.001281	628.45	0.001725	628.45	0.001660
634.11	0.003033			634.11	0.002203	634.11	0.001294	634.11	0.001745	634.11	0.001673
639.77	0.003118			639.77	0.002288	639.77	0.001307	639.77	0.001765	639.77	0.001693
645.44	0.003222			645.44	0.002399	645.44	0.001320	645.44	0.001784	645.44	0.001712
651.10	0.003303			651.10	0.002563	651.10	0.001333	651.10	0.001804	651.10	0.001725
651.10	0.003503			651.10	0.002569	651.10	0.001346	651.10	0.001824	651.10	0.001745
553.44	0.003609			662.42	0.002659	662.42	0.001359	662.4			

741,68	0,001556	741,68	0,002105	741,68	0,002039
747,35	0,001575	747,35	0,002124	747,35	0,002059
753,01	0,001595	753,01	0,002144	753,01	0,002078
758,67	0,001608	758,67	0,002163	758,67	0,002105
764,33	0,001627	764,33	0,002170	764,33	0,002124
769,99	0,001641	769,99	0,002170	769,99	0,002150
775,65	0,001667	775,65	0,002170	775,65	0,002170
781,32	0,001686	781,32	0,002170	781,32	0,002190
786,98	0,001706	786,98	0,002196	786,98	0,002222
790,80	0,001719	788,80	0,002222	792,64	0,002255
672,18	0,001961	670,48	0,004739	798,30	0,002333
				798,80	0,002340
				678,98	0,002368

K6

91		92		93		94		95		96	
gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.
0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000
5,66	0,000007	5,66	0,000007	5,66	0,000020	5,66	0,000020	5,66	0,000020	5,66	0,000007
11,32	0,000007	11,32	0,000007	11,32	0,000033	11,32	0,000033	11,32	0,000065	11,32	0,000013
16,99	0,000000	16,99	0,000007	16,99	0,000039	16,99	0,000052	16,99	0,000092	16,99	0,000026
22,65	0,000013	22,65	0,000013	22,65	0,000052	22,65	0,000065	22,65	0,000124	22,65	0,000046
28,31	0,000020	28,31	0,000026	28,31	0,000065	28,31	0,000098	28,31	0,000170	28,31	0,000065
33,97	0,000026	33,97	0,000033	33,97	0,000078	33,97	0,000098	33,97	0,000183	33,97	0,000092
39,63	0,000039	39,63	0,000052	39,63	0,000092	39,63	0,000111	39,63	0,000222	39,63	0,00105
45,29	0,000052	45,29	0,000065	45,29	0,000105	45,29	0,000131	45,29	0,000248	45,29	0,00131
50,96	0,000065	50,96	0,000078	50,96	0,000118	50,96	0,000150	50,96	0,000281	50,96	0,00159
56,62	0,000078	56,62	0,000098	56,62	0,000131	56,62	0,000163	56,62	0,000301	56,62	0,00163
62,28	0,000092	62,28	0,000111	62,28	0,000150	62,28	0,000176	62,28	0,000333	62,28	0,00190
67,94	0,000098	67,94	0,000124	67,94	0,000139	67,94	0,000196	67,94	0,000359	67,94	0,00203
73,60	0,000111	73,60	0,000144	73,60	0,000183	73,60	0,000209	73,60	0,000386	73,60	0,00222
79,26	0,000124	79,26	0,000157	79,26	0,000203	79,26	0,000222	79,26	0,000412	79,26	0,00242
84,93	0,000137	84,93	0,000176	84,93	0,000216	84,93	0,000242	84,93	0,000438	84,93	0,00261
90,59	0,000150	90,59	0,000190	90,59	0,000235	90,59	0,000261	90,59	0,000458	90,59	0,00275
96,25	0,000163	96,25	0,000203	96,25	0,000248	96,25	0,000281	96,25	0,000484	96,25	0,00294
101,91	0,000183	101,91	0,000222	101,91	0,000268	101,91	0,000294	101,91	0,000510	101,91	0,00314
107,57	0,000196	107,57	0,000235	107,57	0,000281	107,57	0,000314	107,57	0,000542	107,57	0,00337
113,23	0,000209	113,23	0,000255	113,23	0,000301	113,23	0,000327	113,23	0,000562	113,23	0,00346
118,90	0,000222	118,90	0,000268	118,90	0,000314	118,90	0,000346	118,90	0,000588	118,90	0,00359
124,56	0,000235	124,56	0,000288	124,56	0,000333	124,56	0,000359	124,56	0,000608	124,56	0,00379
130,22	0,000248	130,22	0,000307	130,22	0,000346	130,22	0,000379	130,22	0,000634	130,22	0,00392
135,88	0,000261	135,88	0,000320	135,88	0,000366	135,88	0,000392	135,88	0,000654	135,88	0,00412
141,54	0,000274	141,54	0,000340	141,54	0,000379	141,54	0,000412	141,54	0,000680	141,54	0,00425
147,20	0,000294	147,20	0,000357	147,20	0,000399	147,20	0,000425	147,20	0,000699	147,20	0,00438
152,87	0,000307	152,87	0,000373	152,87	0,000418	152,87	0,000438	152,87	0,000725	152,87	0,000458
158,53	0,000327	158,53	0,000392	158,53	0,000431	158,53	0,000458	158,53	0,000745	158,53	0,000477
164,19	0,000340	164,19	0,000412	164,19	0,000444	164,19	0,000471	164,19	0,000771	164,19	0,000490
169,85	0,000353	169,85	0,000431	169,85	0,000458	169,85	0,000490	169,85	0,000800	169,85	0,000510
175,51	0,000366	175,51	0,000444	175,51	0,000484	175,51	0,000503	175,51	0,000820	175,51	0,000523
181,17	0,000386	181,17	0,000458	181,17	0,000497	181,17	0,000523	181,17	0,000837	181,17	0,000536
186,84	0,000405	186,84	0,000477	186,84	0,000510	186,84	0,000536	186,84	0,000856	186,84	0,000549
192,50	0,000418	192,50	0,000497	192,50	0,000529	192,50	0,000549	192,50	0,000876	192,50	0,000569
198,16	0,000431	198,16	0,000510	198,16	0,000542	198,16	0,000562	198,16	0,000900	198,16	0,000582
203,82	0,000451	203,82	0,000529	203,82	0,000562	203,82	0,000575	203,82	0,000922	203,82	0,000601
209,48	0,000464	209,48	0,000549	209,48	0,000575	209,48	0,000595	209,48	0,000941	209,48	0,000614
215,15	0,000484	215,15	0,000569	215,15	0,000595	215,15	0,000608	215,15	0,000961	215,15	0,000627
220,81	0,000497	220,81	0,000588	220,81	0,000614	220,81	0,000627	220,81	0,000980	220,81	0,000647
226,47	0,000516	226,47	0,000608	226,47	0,000627	226,47	0,000661	226,47	0,001000	226,47	0,000660
232,13	0,000536	232,13	0,000621	232,13	0,000647	232,13	0,000660	232,13	0,001020	232,13	0,000680
237,79	0,000549	237,79	0,000641	237,79	0,000667	237,79	0,000673	237,79	0,001039	237,79	0,000693
243,45	0,000569	243,45	0,000660	243,45	0,000680	243,45	0,000686	243,45	0,001065	243,45	0,000712
249,12	0,000588	249,12	0,000680	249,12	0,000699	249,12	0,000706	249,12	0,001078	249,12	0,000725
254,78	0,000601	254,78	0,000693	254,78	0,000712	254,78	0,000725	254,78	0,001098	254,78	0,000745
260,44	0,000621	260,44	0,000712	260,44	0,000732	260,44	0,000739	260,44	0,001118	260,44	0,000758
266,10	0,000641	266,10	0,000732	266,10	0,000752	266,10	0,000752	266,10	0,001137	266,10	0,000771
271,76	0,000654	271,76	0,000752	271,76	0,000771	271,76	0,000771	271,76	0,001157	271,76	0,000784
277,42	0,000673	277,42	0,000771	277,42	0,000784	277,42	0,000791	277,42	0,001176	277,42	0,000804
283,09	0,000693	283,09	0,000791	283,09	0,000804	283,09	0,000804	283,09	0,001190	283,09	0,000824
288,75	0,000712	288,75	0,000810	288,75	0,000824	288,75	0,000817	288,75	0,001209	288,75	0,000837
294,41	0,000732	294,41	0,000830	294,41	0,000843	294,41	0,000837	294,41	0,001229	294,41	0,000856
300,07	0,000745	300,07	0,000856	300,07	0,000856	300,07	0,000850	300,07	0,001248	300,07	0,000869
305,73	0,000765	305,73	0,000876	305,73	0,000876	305,73	0,000869	305,73	0,001268	305,73	0,000882
311,39	0,000784	311,39	0,000895	311,39	0,000895	311,39	0,000882	311,39	0,001288	311,39	0,000895
317,06	0,000804	317,06	0,000915	317,06	0,000915	317,06	0,000902	317,06	0,001301	317,06	0,000908
322,72	0,000820	322,72	0,000935	322,72	0,000935	322,72	0,000922	322,72	0,001320	322,72	0,000928
328,38	0,000843	328,38	0,000954	328,38	0,000954	328,38	0,000935	328,38	0,001340	328,38	0,000941
334,04	0,000863	334,04	0,000974	334,04	0,000967	334,04	0,000948	334,04	0,001359	334,04	0,000961
339,70	0,000882	339,70	0,001000	339,70	0,000987	339,70	0,000961	339,70	0,001379	339,70	0,000974
345,36	0,000895	345,36	0,001013	345,36	0,001007	345,36	0,000974	345,36	0,001392	345,36	0,000987
351,03	0,000928	351,03	0,001039	351,03	0,001026	351,03	0,000987	351,03	0,001405	351,03	0,001000
356,69	0,000948	356,69	0,001059	356,69	0,001046	356,69	0,001007	356,69	0,001425	356,69	0,001020
362,35	0,000967	362,35	0,001085	362,35	0,001065	362,35	0,001020	362,35	0,001444	362,35	0,001033
368,01	0,000987	368,01	0,001098	368,01	0,001085	368,01	0,001039	368,01	0,001464	368,01	0,001052
373,67	0,001007	373,67	0,001124	373,67	0,001105	373,67	0,001052	373,67	0,001477	373,67	0,001065
379,33	0,001026	379,33	0,001144	379,33	0,001124	379,33	0,001065	379,33	0,001497	379,33	0,001078
385,00	0,001046	385,00	0,001170	385,00	0,001144	385,00	0,001085	385,00	0,001516	385,00	0,001092
390,66	0,001065	390,66	0,001190	390,66	0,001163	390,66	0,001098	390,66	0,001529	390,66	0,001111
396,32	0,001085	396,32	0,001209	396,32	0,001183	396,32	0,001118	396,32	0,001549	396,32	0,001124
401,98	0,001111	401,98	0,001235	401,98	0,001203	401,98	0,001131	401,98	0,001569	401,98	0,001144
407,64	0,001131	407,64	0,001255	407,64	0,001222	407,64	0,001144	407,64	0,001583	407,64	0,001157
413,31	0,001150	413,31	0,001281	413,31	0,001242	413,31	0,001157	413,31	0,001601	413,31	0,001170
418,97	0,001170	418,97	0,001301	418,97	0,001261	418,97	0,001176	418,97	0,001621		

435.95	0.001229	435.95	0.001379	435.95	0.001320	435.95	0.001222	435.95	0.001673	435.95	0.001229
441.61	0.001255	441.61	0.001399	441.61	0.001340	441.61	0.001235	441.61	0.001693	441.61	0.001248
447.28	0.001275	447.28	0.001425	447.28	0.001366	447.28	0.001255	447.28	0.001703	447.28	0.001267
452.94	0.001301	452.94	0.001451	452.94	0.001386	452.94	0.001268	452.94	0.001725	452.94	0.001275
458.60	0.001320	458.60	0.001477	458.60	0.001412	458.60	0.001281	458.60	0.001739	458.60	0.001294
464.26	0.001340	464.26	0.001503	464.26	0.001431	464.26	0.001294	464.26	0.001758	464.26	0.001307
469.92	0.001359	469.92	0.001529	469.92	0.001451	469.92	0.001314	469.92	0.001778	469.92	0.001320
475.58	0.001386	475.58	0.001562	475.58	0.001477	475.58	0.001327	475.58	0.001793	475.58	0.001332
481.25	0.001412	481.25	0.001588	481.25	0.001503	481.25	0.001346	481.25	0.001810	481.25	0.001353
486.91	0.001431	486.91	0.001621	486.91	0.001529	486.91	0.001359	486.91	0.001824	486.91	0.001366
492.57	0.001458	492.57	0.001654	492.57	0.001549	492.57	0.001373	492.57	0.001837	492.57	0.001379
498.23	0.001484	498.23	0.001686	498.23	0.001575	498.23	0.001386	498.23	0.001856	498.23	0.001399
503.89	0.001510	503.89	0.001719	503.89	0.001601	503.89	0.001399	503.89	0.001876	503.89	0.001412
509.55	0.001536	509.55	0.001752	509.55	0.001627	509.55	0.001418	509.55	0.001895	509.55	0.001425
515.22	0.001562	515.22	0.001791	515.22	0.001654	515.22	0.001438	515.22	0.001915	515.22	0.001444
520.88	0.001588	520.88	0.001824	520.88	0.001686	520.88	0.001451	520.88	0.001928	520.88	0.001458
526.54	0.001614	526.54	0.001856	526.54	0.001712	526.54	0.001464	526.54	0.001941	526.54	0.001477
532.20	0.001647	532.20	0.001895	532.20	0.001739	532.20	0.001477	532.20	0.001956	532.20	0.001490
537.86	0.001680	537.86	0.001935	537.86	0.001765	537.86	0.001497	537.86	0.001980	537.86	0.001510
543.52	0.001719	543.52	0.001980	543.52	0.001804	543.52	0.001510	543.52	0.001993	543.52	0.001523
549.19	0.001752	549.19	0.002033	549.19	0.001837	549.19	0.001529	549.19	0.002013	549.19	0.001542
554.85	0.001784	554.85	0.002078	554.85	0.001869	554.85	0.001542	554.85	0.002033	554.85	0.001556
560.51	0.001824	560.51	0.002131	560.51	0.001902	560.51	0.001562	560.51	0.002054	560.51	0.001575
566.17	0.001863	566.17	0.002183	566.17	0.001935	566.17	0.001575	566.17	0.002065	566.17	0.001588
571.83	0.001915	571.83	0.002261	571.83	0.001967	571.83	0.001588	571.83	0.002078	571.83	0.001608
577.49	0.001974	577.49	0.002353	577.49	0.002007	577.49	0.001608	577.49	0.002098	577.49	0.001621
583.16	0.002033	583.16	0.002438	583.16	0.002046	583.16	0.001621	583.16	0.002111	583.16	0.001637
588.82	0.002052	588.82	0.002582	588.82	0.002072	588.82	0.001641	588.82	0.002131	588.82	0.001654
594.48	0.002064	594.48	0.002586	594.48	0.002118	594.48	0.001660	594.48	0.002144	594.48	0.001673
503.48	0.002170	500.65	0.002876	600.14	0.002170	600.14	0.001680	600.14	0.002163	600.14	0.001693
		605.80	0.002222	605.80	0.002222	605.80	0.001693	605.80	0.002183	605.80	0.001712
		611.46	0.002281	611.46	0.002281	611.46	0.001706	611.46	0.002228	611.46	0.001725
		614.40	0.002312	614.40	0.002312	614.40	0.001725	614.40	0.002216	614.40	0.001739
		522.24	0.002346	622.79	0.002346	622.79	0.001745	622.79	0.002235	622.79	0.001765
		628.45		628.45	0.001758	628.45	0.001758	628.45	0.002255	628.45	0.001778
		634.11		634.11	0.001778	634.11	0.002275	634.11	0.002275	634.11	0.001797
		639.77		639.77	0.001791	639.77	0.002294	639.77	0.002294	639.77	0.001817
		645.44		645.44	0.001810	645.44	0.002314	645.44	0.002314	645.44	0.001830
		651.10		651.10	0.001824	651.10	0.002327	651.10	0.002327	651.10	0.001850
		656.76		656.76	0.001843	656.76	0.002346	656.76	0.002346	656.76	0.001869
		662.42		662.42	0.001856	662.42	0.002366	662.42	0.002366	662.42	0.001889
		668.08		668.08	0.001876	668.08	0.002379	668.08	0.002379	668.08	0.001901
		673.74		673.74	0.001895	673.74	0.002399	673.74	0.002399	673.74	0.001928
		679.41		679.41	0.001915	679.41	0.002418	679.41	0.002418	679.41	0.001948
		685.07		685.07	0.001935	685.07	0.002438	685.07	0.002438	685.07	0.001967
		690.73		690.73	0.001948	690.73	0.002458	690.73	0.002458	690.73	0.001987
		696.39		696.39	0.001974	696.39	0.002477	696.39	0.002477	696.39	0.002013
		702.05		702.05	0.001993	702.05	0.002497	702.05	0.002497	702.05	0.002039
		707.71		707.71	0.002013	707.71	0.002516	707.71	0.002516	707.71	0.002059
		713.38		713.38	0.002039	713.38	0.002536	713.38	0.002536	713.38	0.002078
		719.04		719.04	0.002059	719.04	0.002556	719.04	0.002556	719.04	0.002105
		724.70		724.70	0.002085	724.70	0.002575	724.70	0.002575	724.70	0.002131
		730.36		730.36	0.002111	730.36	0.002595	730.36	0.002595	730.36	0.002157
		736.02		736.02	0.002137	736.02	0.002621	736.02	0.002621	736.02	0.002183
		741.68		741.68	0.002170	741.68	0.002641	741.68	0.002641	741.68	0.002216
		747.35		747.35	0.002209	747.35	0.002667	747.35	0.002667	747.35	0.002242
		753.01		753.01	0.002261	753.01	0.002686	753.01	0.002686	753.01	0.002275
		758.67		758.67	0.002359	758.67	0.002712	758.67	0.002712	758.67	0.002307
		764.33		764.33	0.002399	764.33	0.002739	764.33	0.002739	764.33	0.002346
		769.99		769.99	0.002451	769.99	0.002765	769.99	0.002765	769.99	0.002379
		775.65		775.65	0.002490	775.65	0.002797	775.65	0.002797	775.65	0.002431
		777.60		777.60	0.002504	777.60	0.002824	777.60	0.002824	777.60	0.002484
		783.26		783.26	0.002544	783.26	0.002850	783.26	0.002850	783.26	0.002549
		788.92		788.92	0.002589	788.92	0.002885	788.92	0.002885	788.92	0.002606
		794.58		794.58	0.002639	794.58	0.002928	794.58	0.002928	794.58	0.002670
		800.24		800.24	0.002699	800.24	0.002978	800.24	0.002978	800.24	0.002744
		805.90		805.90	0.002761	805.90	0.003037	805.90	0.003037	805.90	0.002818
		811.56		811.56	0.002829	811.56	0.003106	811.56	0.003106	811.56	0.002892
		817.22		817.22	0.002903	817.22	0.003184	817.22	0.003184	817.22	0.002966
		822.88		822.88	0.002982	822.88	0.003271	822.88	0.003271	822.88	0.003040
		828.54		828.54	0.003066	828.54	0.003367	828.54	0.003367	828.54	0.003114
		834.20		834.20	0.003155	834.20	0.003471	834.20	0.003471	834.20	0.003188
		839.86		839.86	0.003249	839.86	0.003583	839.86	0.003583	839.86	0.003262
		845.52		845.52	0.003347	845.52	0.003703	845.52	0.003703	845.52	0.003336
		851.18		851.18	0.003450	851.18	0.003831	851.18	0.003831	851.18	0.003410
		856.84		856.84	0.003558	856.84	0.003967	856.84	0.003967	856.84	0.003484
		862.50		862.50	0.003670	862.50	0.004111	862.50	0.004111	862.50	0.003558
		868.16		868.16	0.003786	868.16	0.004263	868.16	0.004263	868.16	0.003632
		873.82		873.82	0.003906	873.82	0.004424	873.82	0.004424	873.82	0.003706
		879.48		879.48	0.004030	879.48	0.004593	879.48	0.004593	879.48	0.003780
		885.14		885.14	0.004158	885.14	0.004771	885.14	0.004771	885.14	0.003854
		890.80		890.80	0.004290	890.80	0.004958	890.80	0.004958	890.80	0.003928
		896.46		896.46	0.004426	896.46	0.005154	896.46	0.005154	896.46	0.004002
		902.12		902.12	0.004566	902.12	0.005359	902.12	0.005359	902.12	0.004076
		907.78		907.78	0.004710	907.78	0.005573	907.78	0.005573	907.78	0.004150
		913.44		913.44	0.004858	913.44	0.005796	913.44	0.005796	913.44	0.004224
		919.10		919.10	0.005010	919.10	0.006028	919.10	0.006028	919.10	0.004298
		924.76		924.76	0.005166	924.76	0.006269	924.76	0.006269	924.76	0.004372
		930.42		930.42	0.005326	930.42	0.006519	930.42	0.006519	930.42	0.004446
		936.08		936.08	0.005490	936.08	0.006777	936.08	0.006777	936.08	0.004520
		941.74		941.74	0.005658	941.74	0.007044	941.74	0.007044	941.74	0.004594
		947.40		947.40	0.005830	947.40	0.007319	947.40	0.007319	947.40	0.004668
		953.06		953.06	0.006006	953.06	0.007602	953.06	0.007602	953.06	0.004742

118.90	0.000353	118.90	0.000235	118.90	0.000425	118.90	0.000333	118.90	0.000268	118.90	0.000490
124.56	0.000366	124.56	0.000448	124.56	0.000444	124.56	0.000444	124.56	0.000281	124.56	0.000516
130.22	0.000386	130.22	0.000261	130.22	0.000458	130.22	0.000359	130.22	0.000294	130.22	0.000542
135.88	0.000405	135.88	0.000275	135.88	0.000477	135.88	0.000373	135.88	0.000307	135.88	0.000562
141.54	0.000418	141.54	0.000281	141.54	0.000503	141.54	0.000386	141.54	0.000320	141.54	0.000582
147.20	0.000438	147.20	0.000294	147.20	0.000523	147.20	0.000399	147.20	0.000333	147.20	0.000608
152.87	0.000451	152.87	0.000307	152.87	0.000542	152.87	0.000412	152.87	0.000412	152.87	0.000634
158.53	0.000471	158.53	0.000320	158.53	0.000562	158.53	0.000425	158.53	0.000359	158.53	0.000667
164.19	0.000484	164.19	0.000333	164.19	0.000575	164.19	0.000438	164.19	0.000373	164.19	0.000680
169.85	0.000503	169.85	0.000346	169.85	0.000601	169.85	0.000458	169.85	0.000386	169.85	0.000706
175.51	0.000523	175.51	0.000359	175.51	0.000621	175.51	0.000471	175.51	0.000412	175.51	0.000731
181.17	0.000536	181.17	0.000373	181.17	0.000641	181.17	0.000484	181.17	0.000412	181.17	0.000765
186.84	0.000556	186.84	0.000379	186.84	0.000654	186.84	0.000497	186.84	0.000425	186.84	0.000778
192.50	0.000575	192.50	0.000392	192.50	0.000673	192.50	0.000510	192.50	0.000438	192.50	0.000804
198.16	0.000595	198.16	0.000405	198.16	0.000693	198.16	0.000523	198.16	0.000451	198.16	0.000830
203.82	0.000608	203.82	0.000418	203.82	0.000719	203.82	0.000536	203.82	0.000464	203.82	0.000856
209.48	0.000627	209.48	0.000431	209.48	0.000739	209.48	0.000549	209.48	0.000484	209.48	0.000876
215.15	0.000641	215.15	0.000444	215.15	0.000758	215.15	0.000569	215.15	0.000497	215.15	0.000902
220.81	0.000660	220.81	0.000457	220.81	0.000778	220.81	0.000582	220.81	0.000510	220.81	0.000928
226.47	0.000680	226.47	0.000464	226.47	0.000797	226.47	0.000595	226.47	0.000523	226.47	0.000954
232.13	0.000699	232.13	0.000477	232.13	0.000817	232.13	0.000608	232.13	0.000536	232.13	0.000974
237.79	0.000719	237.79	0.000490	237.79	0.000837	237.79	0.000621	237.79	0.000549	237.79	0.001000
243.45	0.000739	243.45	0.000503	243.45	0.000856	243.45	0.000634	243.45	0.000569	243.45	0.001020
249.12	0.000758	249.12	0.000516	249.12	0.000876	249.12	0.000647	249.12	0.000582	249.12	0.001046
254.78	0.000778	254.78	0.000529	254.78	0.000895	254.78	0.000666	254.78	0.000595	254.78	0.001078
260.44	0.000791	260.44	0.000542	260.44	0.000915	260.44	0.000680	260.44	0.000608	260.44	0.001094
266.10	0.000810	266.10	0.000556	266.10	0.000941	266.10	0.000693	266.10	0.000621	266.10	0.001118
271.76	0.000830	271.76	0.000569	271.76	0.000961	271.76	0.000706	271.76	0.000634	271.76	0.001144
277.42	0.000850	277.42	0.000582	277.42	0.000980	277.42	0.000726	277.42	0.000647	277.42	0.001170
283.09	0.000869	283.09	0.000595	283.09	0.010000	283.09	0.000732	283.09	0.000660	283.09	0.001190
288.75	0.000889	288.75	0.000608	288.75	0.010020	288.75	0.000752	288.75	0.000673	288.75	0.001209
294.41	0.000908	294.41	0.000621	294.41	0.010109	294.41	0.000765	294.41	0.000693	294.41	0.001229
300.07	0.000928	300.07	0.000634	300.07	0.010165	300.07	0.000778	300.07	0.000706	300.07	0.001255
305.73	0.000948	305.73	0.000647	305.73	0.010185	305.73	0.000791	305.73	0.000719	305.73	0.001281
311.39	0.000967	311.39	0.000660	311.39	0.010145	311.39	0.000810	311.39	0.000732	311.39	0.001301
317.06	0.000987	317.06	0.000680	317.06	0.010064	317.06	0.000824	317.06	0.000752	317.06	0.001327
322.72	0.010007	322.72	0.000693	322.72	0.010114	322.72	0.000837	322.72	0.000765	322.72	0.001346
328.38	0.010026	328.38	0.000706	328.38	0.010170	328.38	0.000850	328.38	0.000778	328.38	0.001366
334.04	0.010052	334.04	0.000719	334.04	0.010190	334.04	0.000863	334.04	0.000791	334.04	0.001386
339.70	0.010072	339.70	0.000739	339.70	0.010209	339.70	0.000876	339.70	0.000804	339.70	0.001412
345.36	0.010092	345.36	0.000752	345.36	0.010129	345.36	0.000889	345.36	0.000824	345.36	0.001432
351.03	0.010111	351.03	0.000765	351.03	0.010185	351.03	0.000902	351.03	0.000837	351.03	0.001444
356.69	0.010131	356.69	0.000778	356.69	0.010125	356.69	0.000922	356.69	0.000850	356.69	0.001464
362.35	0.010150	362.35	0.000797	362.35	0.010194	362.35	0.000935	362.35	0.000863	362.35	0.001477
368.01	0.010176	368.01	0.000810	368.01	0.010134	368.01	0.000948	368.01	0.000876	368.01	0.001484
373.67	0.010196	373.67	0.000830	373.67	0.010140	373.67	0.000961	373.67	0.000895	373.67	0.001484
379.33	0.010216	379.33	0.000843	379.33	0.010195	379.33	0.000974	379.33	0.000908	379.33	0.001484
385.00	0.010235	385.00	0.000863	385.00	0.010136	385.00	0.000987	385.00	0.000922	385.00	0.001484
390.66	0.010261	390.66	0.000876	390.66	0.010140	390.66	0.010007	390.66	0.000941	390.66	0.001497
396.32	0.010288	396.32	0.000895	396.32	0.010125	396.32	0.010020	396.32	0.000954	396.32	0.001510
401.98	0.010307	401.98	0.000908	401.98	0.010151	401.98	0.010039	401.98	0.000967	401.98	0.001529
407.64	0.010327	407.64	0.000928	407.64	0.010177	407.64	0.010052	407.64	0.000980	407.64	0.001542
413.31	0.010353	413.31	0.000941	413.31	0.010150	413.31	0.010065	413.31	0.000993	413.31	0.001562
418.97	0.010373	418.97	0.000961	418.97	0.010129	418.97	0.010078	418.97	0.010007	418.97	0.001582
424.63	0.010399	424.63	0.000980	424.63	0.010149	424.63	0.010092	424.63	0.010026	424.63	0.001601
430.29	0.010418	430.29	0.010000	430.29	0.010175	430.29	0.010105	430.29	0.010039	430.29	0.001621
435.95	0.010444	435.95	0.010013	435.95	0.010185	435.95	0.010118	435.95	0.010052	435.95	0.001641
441.61	0.010471	441.61	0.010033	441.61	0.010164	441.61	0.010137	441.61	0.010072	441.61	0.001654
447.28	0.010497	447.28	0.010052	447.28	0.010160	447.28	0.010150	447.28	0.010085	447.28	0.001673
452.94	0.010523	452.94	0.010072	452.94	0.010166	452.94	0.010163	452.94	0.010098	452.94	0.001699
458.60	0.010542	458.60	0.010085	458.60	0.010179	458.60	0.010176	458.60	0.010111	458.60	0.001719
464.26	0.010575	464.26	0.010105	464.26	0.010175	464.26	0.010190	464.26	0.010124	464.26	0.001738
469.92	0.010608	469.92	0.010124	469.92	0.010178	469.92	0.010203	469.92	0.010144	469.92	0.001758
475.58	0.010634	475.58	0.010144	475.58	0.010184	475.58	0.010216	475.58	0.010157	475.58	0.001784
481.25	0.010667	481.25	0.010163	481.25	0.010187	481.25	0.010235	481.25	0.010170	481.25	0.001804
486.91	0.010693	486.91	0.010183	486.91	0.010189	486.91	0.010248	486.91	0.010183	486.91	0.001824
492.57	0.010725	492.57	0.010209	492.57	0.010202	492.57	0.010261	492.57	0.010198	492.57	0.001850
498.23	0.010758	498.23	0.010229	498.23	0.010215	498.23	0.010281	498.23	0.010209	498.23	0.001876
503.89	0.010797	503.89	0.010255	503.89	0.010194	503.89	0.010294	503.89	0.010229	503.89	0.001895
509.55	0.010837	509.55	0.010275	509.55	0.020207	509.55	0.010307	509.55	0.010242	509.55	0.001922
515.22	0.010869	515.22	0.010294	515.22	0.020252	515.22	0.010320	515.22	0.010261	515.22	0.001941
520.88	0.010908	520.88	0.010320	520.88	0.020285	520.88	0.010333	520.88	0.010275	520.88	0.001969
526.54	0.010948	526.54	0.010346	526.54	0.020231	526.54	0.010353	526.54	0.010288	526.54	0.001987
532.20	0.010987	532.20	0.010366	532.20	0.020276	532.20	0.010366	532.20	0.010301	532.20	0.002013
537.86	0.020046	537.86	0.010399	537.86	0.020222	537.86	0.010386	537.86	0.010314	537.86	0.002046
543.52	0.020085	543.52	0.010418	543.52	0.020275	543.52	0.010399	543.52	0.010333	543.52	0.002072
549.19	0.020137	549.19	0.010438	549.19	0.020233	549.19	0.010412	549.19	0.010346	549.19	0.002099
554.85	0.020190	554.85	0.010464	554.85	0.020299	554.85	0.010425	554.85	0.010359	554.85	0.002118
560.51	0.020255	560.51	0.010484	560.51	0.020258	560.51	0.010444	560.51	0.010379	560.51	0.002150
566.17	0.020320	566.17	0.010510	566.17	0.020210	566.17	0.010458	566.17	0.010392	566.17	0.002170
571.83	0.020399	571.83	0.010536	571.83	0.020214	571.83	0.010471	571.83	0.010405	571.83	0.002190
577.49	0.020477	577.49	0.010569	577.49	0.020276	577.49	0.010484	577.49	0.010418	577.49	0.002209
583.16	0.020538	583.16	0.010641	583.16	0.020289	583.16	0.01050				

668.08	0.001745	668.08	0.001673	668.08	0.002627
673.74	0.001765	673.74	0.001693	673.74	0.002654
679.41	0.001784	679.41	0.001706	679.41	0.002686
685.07	0.001797	685.07	0.001725	685.07	0.002719
690.73	0.001817	690.73	0.001739	690.73	0.002745
696.39	0.001837	696.39	0.001758	696.39	0.002771
702.05	0.001856	702.05	0.001778	702.05	0.002810
707.71	0.001876	707.71	0.001791	707.71	0.002837
713.38	0.001895	713.38	0.001810	713.38	0.002869
719.04	0.001915	719.04	0.001830	719.04	0.002902
724.70	0.001935	724.70	0.001851	724.70	0.002934
730.36	0.001954	730.36	0.001863	730.36	0.002980
736.02	0.001974	736.02	0.001882	736.02	0.003013
741.68	0.002000	741.68	0.001902	741.68	0.003052
747.35	0.002020	747.35	0.001922	747.35	0.003092
753.01	0.002039	753.01	0.001941	753.01	0.003131
758.67	0.002065	758.67	0.001961	758.67	0.003170
764.33	0.002092	764.33	0.001987	764.33	0.003216
769.99	0.002124	769.99	0.002007	769.99	0.003268
775.65	0.002163	775.65	0.002033	775.65	0.003320
781.32	0.002209	781.32	0.002059	781.32	0.003381
786.98	0.002268	786.98	0.002085	786.98	0.003462
788.90	0.002288	792.64	0.002118	665.47	0.005752
670.57	0.004190	798.30	0.002144		
		801.96	0.002190		
		807.16	0.002215		
		686.04	0.004059		

K8

127		128		129		130		131		132	
gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.
0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000
5.66	0.000020	5.66	0.000007	5.66	0.000020	5.66	0.000013	5.66	0.000013	5.66	0.000020
11.32	0.000033	11.32	0.000013	11.32	0.000039	11.32	0.000039	11.32	0.000046	11.32	0.000033
16.99	0.000046	16.99	0.000020	16.99	0.000059	16.99	0.000059	16.99	0.000065	16.99	0.000052
22.65	0.000059	22.65	0.000026	22.65	0.000072	22.65	0.000085	22.65	0.000098	22.65	0.000065
28.31	0.000078	28.31	0.000033	28.31	0.000092	28.31	0.000111	28.31	0.000118	28.31	0.000085
33.97	0.000092	33.97	0.000039	33.97	0.000105	33.97	0.000131	33.97	0.000137	33.97	0.000098
39.63	0.000105	39.63	0.000046	39.63	0.000124	39.63	0.000157	39.63	0.000157	39.63	0.000105
45.29	0.000124	45.29	0.000052	45.29	0.000144	45.29	0.000176	45.29	0.000170	45.29	0.000131
50.96	0.000137	50.96	0.000059	50.96	0.000163	50.96	0.000196	50.96	0.000190	50.96	0.000144
56.62	0.000150	56.62	0.000067	56.62	0.000183	56.62	0.000216	56.62	0.000203	56.62	0.000157
62.28	0.000170	62.28	0.000085	62.28	0.000196	62.28	0.000235	62.28	0.000235	62.28	0.000170
67.94	0.000183	67.94	0.000098	67.94	0.000216	67.94	0.000248	67.94	0.000229	67.94	0.000190
73.60	0.000203	73.60	0.000111	73.60	0.000235	73.60	0.000268	73.60	0.000242	73.60	0.000203
79.26	0.000216	79.26	0.000124	79.26	0.000248	79.26	0.000288	79.26	0.000255	79.26	0.000222
84.93	0.000229	84.93	0.000137	84.93	0.000268	84.93	0.000307	84.93	0.000268	84.93	0.000235
90.59	0.000248	90.59	0.000150	90.59	0.000285	90.59	0.000327	90.59	0.000281	90.59	0.000248
96.25	0.000261	96.25	0.000163	96.25	0.000307	96.25	0.000340	96.25	0.000294	96.25	0.000268
101.91	0.000281	101.91	0.000176	101.91	0.000327	101.91	0.000353	101.91	0.000307	101.91	0.000281
107.57	0.000294	107.57	0.000190	107.57	0.000340	107.57	0.000366	107.57	0.000327	107.57	0.000301
113.23	0.000307	113.23	0.000203	113.23	0.000359	113.23	0.000386	113.23	0.000340	113.23	0.000314
118.90	0.000327	118.90	0.000222	118.90	0.000379	118.90	0.000405	118.90	0.000353	118.90	0.000333
124.56	0.000340	124.56	0.000235	124.56	0.000399	124.56	0.000418	124.56	0.000366	124.56	0.000346
130.22	0.000359	130.22	0.000248	130.22	0.000418	130.22	0.000438	130.22	0.000379	130.22	0.000359
135.88	0.000373	135.88	0.000268	135.88	0.000438	135.88	0.000451	135.88	0.000392	135.88	0.000379
141.54	0.000392	141.54	0.000281	141.54	0.000451	141.54	0.000464	141.54	0.000405	141.54	0.000392
147.20	0.000405	147.20	0.000294	147.20	0.000471	147.20	0.000484	147.20	0.000418	147.20	0.000412
152.87	0.000425	152.87	0.000307	152.87	0.000490	152.87	0.000497	152.87	0.000438	152.87	0.000425
158.53	0.000438	158.53	0.000327	158.53	0.000510	158.53	0.000510	158.53	0.000451	158.53	0.000444
164.19	0.000451	164.19	0.000340	164.19	0.000523	164.19	0.000529	164.19	0.000464	164.19	0.000458
169.85	0.000471	169.85	0.000359	169.85	0.000536	169.85	0.000542	169.85	0.000477	169.85	0.000477
175.51	0.000490	175.51	0.000373	175.51	0.000556	175.51	0.000562	175.51	0.000497	175.51	0.000490
181.17	0.000503	181.17	0.000392	181.17	0.000575	181.17	0.000585	181.17	0.000510	181.17	0.000510
186.84	0.000523	186.84	0.000405	186.84	0.000595	186.84	0.000598	186.84	0.000523	186.84	0.000523
192.50	0.000536	192.50	0.000418	192.50	0.000608	192.50	0.000608	192.50	0.000542	192.50	0.000540
198.16	0.000556	198.16	0.000438	198.16	0.000627	198.16	0.000621	198.16	0.000556	198.16	0.000556
203.82	0.000575	203.82	0.000451	203.82	0.000647	203.82	0.000641	203.82	0.000569	203.82	0.000569
209.48	0.000588	209.48	0.000471	209.48	0.000667	209.48	0.000648	209.48	0.000588	209.48	0.000588
215.15	0.000608	215.15	0.000490	215.15	0.000686	215.15	0.000673	215.15	0.000601	215.15	0.000608
220.81	0.000627	220.81	0.000503	220.81	0.000699	220.81	0.000686	220.81	0.000614	220.81	0.000621
226.47	0.000641	226.47	0.000523	226.47	0.000719	226.47	0.000699	226.47	0.000634	226.47	0.000641
232.13	0.000660	232.13	0.000536	232.13	0.000739	232.13	0.000719	232.13	0.000647	232.13	0.000647
237.79	0.000673	237.79	0.000556	237.79	0.000758	237.79	0.000739	237.79	0.000667	237.79	0.000673
243.45	0.000693	243.45	0.000575	243.45	0.000778	243.45	0.000752	243.45	0.000680	243.45	0.000686
249.12	0.000712	249.12	0.000588	249.12	0.000797	249.12	0.000771	249.12	0.000693	249.12	0.000706
254.78	0.000739	254.78	0.000608	254.78	0.000817	254.78	0.000784	254.78	0.000712	254.78	0.000725
260.44	0.000752	260.44	0.000627	260.44	0.000837	260.44	0.000797	260.44	0.000732	260.44	0.000745
266.10	0.000765	266.10	0.000641	266.10	0.000856	266.10	0.000817	266.10	0.000745	266.10	0.000758
271.76	0.000784	271.76	0.000660	271.76	0.000869	271.76	0.000830	271.76	0.000765	271.76	0.000778
277.42	0.000804	277.42	0.000680	277.42	0.000885	277.42	0.000850	277.42	0.000778	277.42	0.000797
283.09	0.000824	283.09	0.000699	283.09	0.000915	283.09	0.000869	283.09	0.000797	283.09	0.000810
288.75	0.000843	288.75	0.000719	288.75	0.000935	288.75	0.000882	288.75	0.000810	288.75	0.000830
294.41	0.000863	294.41	0.000732	294.41	0.000961	294.41	0.000905	294.41	0.000830	294.41	0.000850
300.07	0.000876	300.07	0.000752	300.07	0.000974	300.07	0.000915	300.07	0.000850	300.07	0.000863
305.73	0.000895	305.73	0.000771	305.73	0.000993	305.73	0.000935	305.73	0.000863	305.73	0.000876
311.39	0.000915	311.39	0.000791	311.39	0.001013	311.39	0.000948	311.39	0.000882	311.39	0.000895
317.06	0.000935	317.06	0.000810	317.06	0.001039	317.06	0.000967	317.06	0.000902	317.06	0.000915
322.72	0.000954	322.72	0.000830	322.72	0.001059	322.72	0.000980	322.72	0.000915	322.72	0.000935
328.38	0.000974	328.38	0.000850	328.38	0.001078	328.38	0.000993	328.38	0.000935	328.38	0.000948
334.04	0.000993	334.04	0.000863	334.04	0.001098	334.04	0.001013	334.04	0.000954	334.04	0.000967
339.70	0.001013	339.70	0.000882	339.70	0.001124	339.70	0.001033	339.70	0.000967	339.70	0.000987
345.36	0.001033	345.36	0.000902	345.36	0.001144	345.36	0.001046	345.36	0.000987	345.36	0.001000
351.03	0.001052	351.03	0.000922	351.03	0.001163	351.03	0.001059	351.03	0.001000	351.03	0.001020

356.69	0.001072	356.69	0.000981	356.69	0.001183	356.69	0.001078	356.69	0.001020	356.69	0.001039
362.35	0.001992	362.35	0.000991	362.35	0.001201	362.35	0.001098	362.35	0.001033	362.35	0.001059
368.01	0.001111	368.01	0.000980	368.01	0.001229	368.01	0.001111	368.01	0.001059	368.01	0.001078
373.67	0.001137	373.67	0.001000	373.67	0.001255	373.67	0.001124	373.67	0.001072	373.67	0.001092
379.33	0.001157	379.33	0.001020	379.33	0.001275	379.33	0.001144	379.33	0.001092	379.33	0.001111
385.00	0.001176	385.00	0.001046	385.00	0.001301	385.00	0.001163	385.00	0.001111	385.00	0.001131
390.66	0.001196	390.66	0.001065	390.66	0.001320	390.66	0.001176	390.66	0.001124	390.66	0.001150
396.32	0.001216	396.32	0.001078	396.32	0.001346	396.32	0.001196	396.32	0.001144	396.32	0.001163
401.98	0.001242	401.98	0.001098	401.98	0.001373	401.98	0.001209	401.98	0.001163	401.98	0.001183
407.64	0.001261	407.64	0.001124	407.64	0.001392	407.64	0.001229	407.64	0.001183	407.64	0.001203
413.31	0.001281	413.31	0.001144	413.31	0.001418	413.31	0.001242	413.31	0.001196	413.31	0.001216
418.97	0.001307	418.97	0.001163	418.97	0.001444	418.97	0.001261	418.97	0.001216	418.97	0.001235
424.63	0.001327	424.63	0.001183	424.63	0.001471	424.63	0.001275	424.63	0.001235	424.63	0.001255
430.29	0.001353	430.29	0.001203	430.29	0.001497	430.29	0.001294	430.29	0.001248	430.29	0.001275
435.95	0.001373	435.95	0.001229	435.95	0.001523	435.95	0.001314	435.95	0.001268	435.95	0.001294
441.61	0.001399	441.61	0.001248	441.61	0.001549	441.61	0.001327	441.61	0.001288	441.61	0.001314
447.28	0.001425	447.28	0.001275	447.28	0.001575	447.28	0.001340	447.28	0.001307	447.28	0.001327
452.94	0.001451	452.94	0.001294	452.94	0.001608	452.94	0.001359	452.94	0.001320	452.94	0.001346
458.60	0.001477	458.60	0.001320	458.60	0.001641	458.60	0.001379	458.60	0.001340	458.60	0.001366
464.26	0.001503	464.26	0.001346	464.26	0.001667	464.26	0.001392	464.26	0.001359	464.26	0.001386
469.92	0.001523	469.92	0.001366	469.92	0.001699	469.92	0.001412	469.92	0.001379	469.92	0.001405
475.58	0.001556	475.58	0.001392	475.58	0.001732	475.58	0.001431	475.58	0.001392	475.58	0.001425
481.25	0.001588	481.25	0.001418	481.25	0.001765	481.25	0.001444	481.25	0.001412	481.25	0.001438
486.91	0.001621	486.91	0.001444	486.91	0.001797	486.91	0.001464	486.91	0.001431	486.91	0.001458
492.57	0.001654	492.57	0.001464	492.57	0.001830	492.57	0.001477	492.57	0.001451	492.57	0.001477
498.23	0.001680	498.23	0.001490	498.23	0.001863	498.23	0.001497	498.23	0.001471	498.23	0.001497
503.89	0.001712	503.89	0.001516	503.89	0.001902	503.89	0.001516	503.89	0.001486	503.89	0.001516
509.55	0.001745	509.55	0.001542	509.55	0.001935	509.55	0.001536	509.55	0.001510	509.55	0.001536
515.22	0.001784	515.22	0.001575	515.22	0.001980	515.22	0.001549	515.22	0.001529	515.22	0.001556
520.88	0.001817	520.88	0.001608	520.88	0.002013	520.88	0.001569	520.88	0.001542	520.88	0.001575
526.54	0.001843	526.54	0.001634	526.54	0.002059	526.54	0.001588	526.54	0.001562	526.54	0.001601
532.20	0.001889	532.20	0.001667	532.20	0.002105	532.20	0.001601	532.20	0.001582	532.20	0.001634
537.86	0.001928	537.86	0.001699	537.86	0.002144	537.86	0.001621	537.86	0.001601	537.86	0.001641
543.52	0.001974	543.52	0.002203	543.52	0.002203	543.52	0.001641	543.52	0.001621	543.52	0.001667
549.19	0.002020	549.19	0.002255	549.19	0.002255	549.19	0.001660	549.19	0.001647	549.19	0.001686
554.85	0.002065	554.85	0.001804	554.85	0.002314	554.85	0.001680	554.85	0.001667	554.85	0.001706
560.51	0.002111	560.51	0.001843	560.51	0.002379	560.51	0.001699	560.51	0.001686	560.51	0.001732
566.17	0.002170	566.17	0.001876	566.17	0.002451	566.17	0.001712	566.17	0.001706	566.17	0.001752
571.83	0.002222	571.83	0.001915	571.83	0.002523	571.83	0.001732	571.83	0.001725	571.83	0.001765
577.49	0.002294	577.49	0.002014	577.49	0.002614	577.49	0.001752	577.49	0.001745	577.49	0.001791
583.16	0.002366	583.16	0.001993	583.16	0.002745	583.16	0.001771	583.16	0.001765	583.16	0.001810
588.82	0.002444	588.82	0.002052	588.82	0.002797	588.82	0.001791	588.82	0.001784	588.82	0.001837
594.48	0.002588	592.70	0.002075	497.59	0.003418	594.48	0.001810	594.48	0.001810	594.48	0.001863
599.50	0.002716	503.80	0.002085			600.14	0.001830	600.14	0.001830	600.14	0.001882
509.58	0.003595					605.80	0.001850	605.80	0.001856	605.80	0.001908
						611.46	0.001869	611.46	0.001876	611.46	0.001928
						617.13	0.001882	617.13	0.001882	617.13	0.001954
						622.79	0.001908	622.79	0.001922	622.79	0.001980
						628.45	0.001928	628.45	0.001941	628.45	0.002007
						634.11	0.001948	634.11	0.001961	634.11	0.002033
						639.77	0.001967	639.77	0.001987	639.77	0.002059
						645.44	0.001987	645.44	0.002007	645.44	0.002085
						651.10	0.002007	651.10	0.002033	651.10	0.002105
						656.76	0.002026	656.76	0.002059	656.76	0.002137
						662.42	0.002052	662.42	0.002078	662.42	0.002163
						668.08	0.002072	668.08	0.002105	668.08	0.002190
						673.74	0.002098	673.74	0.002131	673.74	0.002222
						679.41	0.002118	679.41	0.002163	679.41	0.002255
						685.07	0.002144	685.07	0.002190	685.07	0.002288
						690.73	0.002170	690.73	0.002216	690.73	0.002320
						696.39	0.002190	696.39	0.002242	696.39	0.002353
						702.05	0.002216	702.05	0.002275	702.05	0.002392
						707.71	0.002248	707.71	0.002301	707.71	0.002425
						713.38	0.002275	713.38	0.002333	713.38	0.002458
						719.04	0.002301	719.04	0.002359	719.04	0.002497
						724.70	0.002320	724.70	0.002379	724.70	0.002542
						730.36	0.002353	730.36	0.002425	730.36	0.002588
						736.02	0.002379	730.36	0.002425	736.02	0.002634
						741.68	0.002412	620.81	0.002601	741.68	0.002693
						747.35	0.002438			747.35	0.002765
						753.01	0.002516			748.90	0.002784
						753.01	0.002516			636.57	0.003412
						640.06	0.002666				

K9

145		146		147		148		149		150	
gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.
0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000
5.66	0.000013	5.66	0.000020	5.66	0.000033	5.66	0.000020	5.66	0.000033	5.66	0.000033
11.32	0.000026	11.32	0.000046	11.32	0.000052	11.32	0.000033	11.32	0.000059	11.32	0.000046
16.99	0.000033	16.99	0.000072	16.99	0.000072	16.99	0.000052	16.99	0.000085	16.99	0.000059
22.65	0.000046	22.65	0.000092	22.65	0.000092	22.65	0.000078	22.65	0.000111	22.65	0.000065
28.31	0.000065	28.31	0.000118	28.31	0.000111	28.31	0.000098	28.31	0.000137	28.31	0.000078
33.97	0.000078	33.97	0.000137	33.97	0.000137	33.97	0.000111	33.97	0.000163	33.97	0.000092
39.63	0.000092	39.63	0.000157	39.63	0.000157	39.63	0.000124	39.63	0.000183	39.63	0.000108
45.29	0.000105	45.29	0.000176	45.29	0.000176	45.29	0.000137	45.29	0.000203	45.29	0.000111
50.96	0.000118	50.96	0.000196	50.96	0.000196	50.96	0.000150	50.96	0.000229	50.96	0.000124
56.62	0.000131	56.62	0.000216	56.62	0.000216	56.62	0.000170	56.62	0.000248	56.62	0.000131
62.28	0.000150	62.28	0.000235	62.28	0.000242	62.28	0.000183	62.28	0.000268	62.28	0.000144
67.94	0.000163	67.94	0.000248	67.94	0.000261	67.94	0.000196	67.94	0.000288	67.94	0.000157
73.60	0.000176	73.60	0.000268	73.60	0.000288	73.60	0.000209	73.60	0.000307	73.60	0.000170
79.26	0.000190	79.26	0.000288	79.26	0.000307	79.26	0.000222	79.26	0.000327	79.26	0.000183
84.93	0.000203	84.93	0.000301	84.93	0.000327	84.93	0.000235	84.93	0.000346	84.93	0.000196
90.59	0.000216	90.59	0.000320	90.59	0.000346	90.59	0.000248	90.59	0.000366	90.59	0.000209

96.25	0.000235	96.25	0.000333	96.25	0.000373	96.25	0.000261	96.25	0.000386	96.25	0.000222
101.91	0.000248	101.91	0.000353	101.91	0.000392	101.91	0.000275	101.91	0.000405	101.91	0.000235
107.57	0.000268	107.57	0.000373	107.57	0.000412	107.57	0.000298	107.57	0.000425	107.57	0.000248
113.23	0.000281	113.23	0.000386	113.23	0.000431	113.23	0.000301	113.23	0.000438	113.23	0.000261
118.90	0.000294	118.90	0.000399	118.90	0.000451	118.90	0.000314	118.90	0.000458	118.90	0.000275
124.56	0.000307	124.56	0.000418	124.56	0.000471	124.56	0.000327	124.56	0.000477	124.56	0.000294
130.22	0.000320	130.22	0.000433	130.22	0.000490	130.22	0.000340	130.22	0.000490	130.22	0.000307
135.88	0.000340	135.88	0.000444	135.88	0.000510	135.88	0.000353	135.88	0.000510	135.88	0.000320
141.54	0.000353	141.54	0.000458	141.54	0.000529	141.54	0.000366	141.54	0.000529	141.54	0.000340
147.20	0.000366	147.20	0.000477	147.20	0.000542	147.20	0.000386	147.20	0.000542	147.20	0.000353
152.87	0.000386	152.87	0.000497	152.87	0.000562	152.87	0.000399	152.87	0.000562	152.87	0.000366
158.53	0.000399	158.53	0.000512	158.53	0.000581	158.53	0.000412	158.53	0.000581	158.53	0.000386
164.19	0.000412	164.19	0.000523	164.19	0.000601	164.19	0.000425	164.19	0.000595	164.19	0.000399
169.85	0.000425	169.85	0.000536	169.85	0.000621	169.85	0.000438	169.85	0.000614	169.85	0.000412
175.51	0.000438	175.51	0.000556	175.51	0.000634	175.51	0.000451	175.51	0.000634	175.51	0.000425
181.17	0.000458	181.17	0.000569	181.17	0.000654	181.17	0.000464	181.17	0.000647	181.17	0.000438
186.84	0.000471	186.84	0.000588	186.84	0.000673	186.84	0.000477	186.84	0.000666	186.84	0.000458
192.50	0.000490	192.50	0.000601	192.50	0.000693	192.50	0.000490	192.50	0.000680	192.50	0.000471
198.16	0.000503	198.16	0.000621	198.16	0.000712	198.16	0.000510	198.16	0.000699	198.16	0.000490
203.82	0.000516	203.82	0.000634	203.82	0.000725	203.82	0.000523	203.82	0.000712	203.82	0.000503
209.48	0.000529	209.48	0.000647	209.48	0.000745	209.48	0.000536	209.48	0.000725	209.48	0.000516
215.15	0.000542	215.15	0.000667	215.15	0.000765	215.15	0.000549	215.15	0.000752	215.15	0.000529
220.81	0.000562	220.81	0.000680	220.81	0.000778	220.81	0.000562	220.81	0.000765	220.81	0.000542
226.47	0.000575	226.47	0.000699	226.47	0.000797	226.47	0.000582	226.47	0.000784	226.47	0.000562
232.13	0.000595	232.13	0.000719	232.13	0.000817	232.13	0.000595	232.13	0.000804	232.13	0.000575
237.79	0.000608	237.79	0.000732	237.79	0.000830	237.79	0.000608	237.79	0.000817	237.79	0.000595
243.45	0.000621	243.45	0.000752	243.45	0.000843	243.45	0.000621	243.45	0.000830	243.45	0.000608
249.12	0.000634	249.12	0.000765	249.12	0.000869	249.12	0.000634	249.12	0.000858	249.12	0.000621
254.78	0.000654	254.78	0.000784	254.78	0.000882	254.78	0.000647	254.78	0.000869	254.78	0.000634
260.44	0.000667	260.44	0.000797	260.44	0.000895	260.44	0.000667	260.44	0.000889	260.44	0.000654
266.10	0.000680	266.10	0.000817	266.10	0.000915	266.10	0.000680	266.10	0.000902	266.10	0.000667
271.76	0.000699	271.76	0.000837	271.76	0.000929	271.76	0.000699	271.76	0.000915	271.76	0.000680
277.42	0.000712	277.42	0.000850	277.42	0.000948	277.42	0.000706	277.42	0.000941	277.42	0.000699
283.09	0.000732	283.09	0.000869	283.09	0.000967	283.09	0.000725	283.09	0.000967	283.09	0.000712
288.75	0.000745	288.75	0.000882	288.75	0.000980	288.75	0.000739	288.75	0.000974	288.75	0.000732
294.41	0.000758	294.41	0.000902	294.41	0.010003	294.41	0.000758	294.41	0.000987	294.41	0.000745
300.07	0.000778	300.07	0.000922	300.07	0.010103	300.07	0.000778	300.07	0.010007	300.07	0.000758
305.73	0.000797	305.73	0.000935	305.73	0.010133	305.73	0.000784	305.73	0.010102	305.73	0.000778
311.39	0.000810	311.39	0.000954	311.39	0.010146	311.39	0.000797	311.39	0.010109	311.39	0.000797
317.06	0.000824	317.06	0.000967	317.06	0.010165	317.06	0.000810	317.06	0.010159	317.06	0.000810
322.72	0.000843	322.72	0.000987	322.72	0.010178	322.72	0.000824	322.72	0.010172	322.72	0.000824
328.38	0.000863	328.38	0.010100	328.38	0.010188	328.38	0.000843	328.38	0.010152	328.38	0.000843
334.04	0.000876	334.04	0.010120	334.04	0.010111	334.04	0.000856	334.04	0.010105	334.04	0.000843
339.70	0.000895	339.70	0.010139	339.70	0.010131	339.70	0.000869	339.70	0.010114	339.70	0.000856
345.36	0.000908	345.36	0.010152	345.36	0.010150	345.36	0.000882	345.36	0.010137	345.36	0.000869
351.03	0.000928	351.03	0.010172	351.03	0.010163	351.03	0.000902	351.03	0.010152	351.03	0.000895
356.69	0.000941	356.69	0.010185	356.69	0.010176	356.69	0.000915	356.69	0.010176	356.69	0.000908
362.35	0.000961	362.35	0.010195	362.35	0.010196	362.35	0.000935	362.35	0.010190	362.35	0.000908
368.01	0.000974	368.01	0.010124	368.01	0.010209	368.01	0.000948	368.01	0.010203	368.01	0.000928
373.67	0.000993	373.67	0.010144	373.67	0.010229	373.67	0.000961	373.67	0.010222	373.67	0.000941
379.33	0.010078	379.33	0.010163	379.33	0.010248	379.33	0.000974	379.33	0.010237	379.33	0.000961
385.00	0.010096	385.00	0.010176	385.00	0.010261	385.00	0.000987	385.00	0.010255	385.00	0.000974
390.66	0.010146	390.66	0.010196	390.66	0.010281	390.66	0.010077	390.66	0.010275	390.66	0.000987
396.32	0.010165	396.32	0.010209	396.32	0.010301	396.32	0.010209	396.32	0.010288	396.32	0.000993
401.98	0.010178	401.98	0.010229	401.98	0.010314	401.98	0.010313	401.98	0.010301	401.98	0.010209
407.64	0.010198	407.64	0.010242	407.64	0.010326	407.64	0.010326	407.64	0.010326	407.64	0.010198
413.31	0.010218	413.31	0.010268	413.31	0.010353	413.31	0.010365	413.31	0.010333	413.31	0.010218
418.97	0.010211	418.97	0.010288	418.97	0.010373	418.97	0.010378	418.97	0.010353	418.97	0.010268
424.63	0.010150	424.63	0.010307	424.63	0.010386	424.63	0.010392	424.63	0.010366	424.63	0.010307
430.29	0.010170	430.29	0.010327	430.29	0.010405	430.29	0.010311	430.29	0.010386	430.29	0.010307
435.95	0.010190	435.95	0.010346	435.95	0.010425	435.95	0.010124	435.95	0.010405	435.95	0.010311
441.61	0.010203	441.61	0.010366	441.61	0.010444	441.61	0.010337	441.61	0.010418	441.61	0.010203
447.28	0.010222	447.28	0.010386	447.28	0.010464	447.28	0.010357	447.28	0.010431	447.28	0.010317
452.94	0.010242	452.94	0.010405	452.94	0.010484	452.94	0.010370	452.94	0.010451	452.94	0.010357
458.60	0.010261	458.60	0.010425	458.60	0.010503	458.60	0.010390	458.60	0.010471	458.60	0.010370
464.26	0.010281	464.26	0.010444	464.26	0.010523	464.26	0.010203	464.26	0.010490	464.26	0.010386
469.92	0.010301	469.92	0.010464	469.92	0.010542	469.92	0.010216	469.92	0.010503	469.92	0.010405
475.58	0.010320	475.58	0.010484	475.58	0.010562	475.58	0.010235	475.58	0.010516	475.58	0.010425
481.25	0.010340	481.25	0.010503	481.25	0.010582	481.25	0.010248	481.25	0.010536	481.25	0.010469
486.91	0.010366	486.91	0.010523	486.91	0.010608	486.91	0.010261	486.91	0.010556	486.91	0.010492
492.57	0.010392	492.57	0.010549	492.57	0.010627	492.57	0.010272	492.57	0.010577	492.57	0.010523
498.23	0.010405	498.23	0.010569	498.23	0.010645	498.23	0.010294	498.23	0.010588	498.23	0.010549
503.89	0.010425	503.89	0.010595	503.89	0.010673	503.89	0.010307	503.89	0.010608	503.89	0.010577
509.55	0.010451	509.55	0.010614	509.55	0.010699	509.55	0.010320	509.55	0.010621	509.55	0.010595
515.22	0.010477	515.22	0.010634	515.22	0.010719	515.22	0.010333	515.22	0.010641	515.22	0.010621
520.88	0.010497	520.88	0.010654	520.88	0.010745	520.88	0.010353	520.88	0.010654	520.88	0.010641
526.54	0.010523	526.54	0.010686	526.54	0.010771	526.54	0.010373	526.54	0.010680	526.54	0.010654
532.20	0.010542	532.20	0.010706	532.20	0.010797	532.20	0.010386	532.20	0.010699	532.20	0.010680
537.86	0.010569	537.86	0.010725	537.86	0.010824	537.86	0.010399	537.86	0.010712	537.86	0.010699
543.52	0.010595	543.52	0.010752	543.52	0.010850	543.52	0.010418	543.52	0.010732	543.52	0.010712
549.19	0.010621	549.19	0.010778	549.19	0.010876	549.19	0.010431	549.19	0.010752	549.19	0.010732
554.85	0.010647	554.85	0.010804	554.85	0.010902	554.85	0.010444	554.85	0.010765	554.85	0.010752
560.51	0.010673	560.51	0.010830	560.51	0.010935	560.51	0.010464				

645.44 0.002418 540.94 0.005301 645.44 0.001719 645.44 0.002085 645.44 0.001699
 645.80 0.002425 651.10 0.001739 651.10 0.002111 651.10 0.002111 651.10 0.001719
 548.93 0.003980 656.76 0.001758 656.76 0.002144 656.76 0.002144 656.76 0.001739

662.42 0.001778 662.42 0.002163 662.42 0.001758
 668.68 0.001797 668.68 0.002190 668.68 0.001771
 673.74 0.001817 673.74 0.002222 673.74 0.001791
 679.41 0.001837 679.41 0.002248 679.41 0.001810
 685.07 0.001856 685.07 0.002275 685.07 0.001830
 690.73 0.001876 690.73 0.002301 690.73 0.001850
 696.39 0.001902 696.39 0.002327 696.39 0.001876
 702.05 0.001922 702.05 0.002359 702.05 0.001895
 707.71 0.001941 707.71 0.002392 707.71 0.001915
 713.38 0.001967 708.40 0.002396 713.38 0.001941
 719.04 0.001987 719.04 0.002426 719.04 0.001961
 724.70 0.002013 724.70 0.002457 724.70 0.001987
 730.36 0.002039 730.36 0.002486 730.36 0.002013
 736.02 0.002065 736.02 0.002515 736.02 0.002039
 741.68 0.002098 741.68 0.002544 741.68 0.002065
 747.35 0.002124 747.35 0.002573 747.35 0.002091
 753.01 0.002157 753.01 0.002602 753.01 0.002117
 758.67 0.002190 758.67 0.002631 758.67 0.002143
 764.33 0.002242 764.33 0.002680 764.33 0.002183
 768.80 0.002281 768.80 0.002729 768.80 0.002197
 653.31 0.004196 653.31 0.002203

K10

163		164		165		166		167		168	
gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.	gerilme (kg/cm ²)	birim deform.
0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000
5.66	0.000020	5.66	0.000013	5.66	0.000013	5.66	0.000020	5.66	0.000020	5.66	0.000026
11.32	0.000046	11.32	0.000026	11.32	0.000020	11.32	0.000033	11.32	0.000039	11.32	0.000052
16.99	0.000065	16.99	0.000039	16.99	0.000026	16.99	0.000039	16.99	0.000052	16.99	0.000072
22.65	0.000085	22.65	0.000046	22.65	0.000033	22.65	0.000046	22.65	0.000072	22.65	0.000092
28.31	0.000105	28.31	0.000052	28.31	0.000039	28.31	0.000059	28.31	0.000085	28.31	0.000111
33.97	0.000124	33.97	0.000059	33.97	0.000052	33.97	0.000072	33.97	0.000098	33.97	0.000124
39.63	0.000137	39.63	0.000065	39.63	0.000059	39.63	0.000078	39.63	0.000105	39.63	0.000144
45.29	0.000157	45.29	0.000072	45.29	0.000072	45.29	0.000092	45.29	0.000118	45.29	0.000157
50.96	0.000176	50.96	0.000078	50.96	0.000085	50.96	0.000105	50.96	0.000131	50.96	0.000176
56.62	0.000196	56.62	0.000085	56.62	0.000105	56.62	0.000124	56.62	0.000144	56.62	0.000190
62.28	0.000209	62.28	0.000092	62.28	0.000118	62.28	0.000137	62.28	0.000157	62.28	0.000203
67.94	0.000229	67.94	0.000098	67.94	0.000131	67.94	0.000150	67.94	0.000170	67.94	0.000222
73.60	0.000248	73.60	0.000111	73.60	0.000144	73.60	0.000170	73.60	0.000183	73.60	0.000235
79.26	0.000268	79.26	0.000124	79.26	0.000163	79.26	0.000183	79.26	0.000196	79.26	0.000248
84.93	0.000288	84.93	0.000131	84.93	0.000176	84.93	0.000196	84.93	0.000209	84.93	0.000268
90.59	0.000301	90.59	0.000144	90.59	0.000196	90.59	0.000209	90.59	0.000222	90.59	0.000281
96.25	0.000320	96.25	0.000157	96.25	0.000209	96.25	0.000222	96.25	0.000229	96.25	0.000294
101.91	0.000340	101.91	0.000163	101.91	0.000222	101.91	0.000242	101.91	0.000242	101.91	0.000314
107.57	0.000353	107.57	0.000176	107.57	0.000242	107.57	0.000255	107.57	0.000255	107.57	0.000327
113.23	0.000373	113.23	0.000190	113.23	0.000261	113.23	0.000268	113.23	0.000268	113.23	0.000340
118.90	0.000392	118.90	0.000203	118.90	0.000275	118.90	0.000281	118.90	0.000281	118.90	0.000353
124.56	0.000412	124.56	0.000216	124.56	0.000288	124.56	0.000301	124.56	0.000294	124.56	0.000366
130.22	0.000425	130.22	0.000229	130.22	0.000307	130.22	0.000314	130.22	0.000307	130.22	0.000378
135.88	0.000444	135.88	0.000242	135.88	0.000327	135.88	0.000327	135.88	0.000320	135.88	0.000399
141.54	0.000464	141.54	0.000255	141.54	0.000340	141.54	0.000340	141.54	0.000333	141.54	0.000412
147.20	0.000484	147.20	0.000268	147.20	0.000359	147.20	0.000359	147.20	0.000346	147.20	0.000425
152.87	0.000503	152.87	0.000281	152.87	0.000379	152.87	0.000373	152.87	0.000359	152.87	0.000438
158.53	0.000516	158.53	0.000294	158.53	0.000399	158.53	0.000386	158.53	0.000373	158.53	0.000451
164.19	0.000536	164.19	0.000307	164.19	0.000412	164.19	0.000399	164.19	0.000386	164.19	0.000464
169.85	0.000556	169.85	0.000320	169.85	0.000431	169.85	0.000418	169.85	0.000399	169.85	0.000484
175.51	0.000575	175.51	0.000333	175.51	0.000444	175.51	0.000431	175.51	0.000412	175.51	0.000497
181.17	0.000595	181.17	0.000346	181.17	0.000464	181.17	0.000444	181.17	0.000425	181.17	0.000510
186.84	0.000614	186.84	0.000366	186.84	0.000484	186.84	0.000458	186.84	0.000438	186.84	0.000529
192.50	0.000634	192.50	0.000379	192.50	0.000503	192.50	0.000477	192.50	0.000451	192.50	0.000542
198.16	0.000647	198.16	0.000392	198.16	0.000523	198.16	0.000490	198.16	0.000464	198.16	0.000556
203.82	0.000667	203.82	0.000412	203.82	0.000542	203.82	0.000503	203.82	0.000477	203.82	0.000569
209.48	0.000686	209.48	0.000425	209.48	0.000562	209.48	0.000523	209.48	0.000490	209.48	0.000582
215.15	0.000706	215.15	0.000438	215.15	0.000575	215.15	0.000536	215.15	0.000510	215.15	0.000601
220.81	0.000725	220.81	0.000458	220.81	0.000595	220.81	0.000549	220.81	0.000523	220.81	0.000614
226.47	0.000745	226.47	0.000471	226.47	0.000614	226.47	0.000562	226.47	0.000536	226.47	0.000627
232.13	0.000765	232.13	0.000484	232.13	0.000634	232.13	0.000582	232.13	0.000549	232.13	0.000641
237.79	0.000784	237.79	0.000503	237.79	0.000654	237.79	0.000595	237.79	0.000562	237.79	0.000660
243.45	0.000804	243.45	0.000523	243.45	0.000673	243.45	0.000608	243.45	0.000575	243.45	0.000673
249.12	0.000824	249.12	0.000536	249.12	0.000693	249.12	0.000621	249.12	0.000588	249.12	0.000686
254.78	0.000843	254.78	0.000556	254.78	0.000712	254.78	0.000634	254.78	0.000601	254.78	0.000699
260.44	0.000863	260.44	0.000569	260.44	0.000731	260.44	0.000654	260.44	0.000621	260.44	0.000712
266.10	0.000882	266.10	0.000588	266.10	0.000758	266.10	0.000667	266.10	0.000634	266.10	0.000732
271.76	0.000902	271.76	0.000608	271.76	0.000778	271.76	0.000680	271.76	0.000647	271.76	0.000745
277.42	0.000928	277.42	0.000621	277.42	0.000797	277.42	0.000699	277.42	0.000660	277.42	0.000758
283.09	0.000948	283.09	0.000641	283.09	0.000817	283.09	0.000712	283.09	0.000673	283.09	0.000778
288.75	0.000967	288.75	0.000660	288.75	0.000837	288.75	0.000725	288.75	0.000693	288.75	0.000791
294.41	0.000987	294.41	0.000673	294.41	0.000856	294.41	0.000739	294.41	0.000706	294.41	0.000804
300.07	0.001007	300.07	0.000693	300.07	0.000876	300.07	0.000752	300.07	0.000719	300.07	0.000824
305.73	0.001033	305.73	0.000706	305.73	0.000895	305.73	0.000771	305.73	0.000732	305.73	0.000837
311.39	0.001052	311.39	0.000725	311.39	0.000922	311.39	0.000784	311.39	0.000745	311.39	0.000850
317.06	0.001072	317.06	0.000745	317.06	0.000941	317.06	0.000797	317.06	0.000758	317.06	0.000869
322.72	0.001092	322.72	0.000765	322.72	0.000961	322.72	0.000817	322.72	0.000778	322.72	0.000882
328.38	0.001118	328.38	0.000784	328.38	0.000989	328.38	0.000830	328.38	0.000791	328.38	0.000902
334.04	0.001137	334.04	0.000804	334.04	0.001009	334.04	0.000843	334.04	0.000810	334.04	0.000915
339.70	0.001163	339.70	0.000824	339.70	0.001028	339.70	0.000863	339.70	0.000824	339.70	0.000928
345.36	0.001183	345.36	0.000843	345.36	0.001048	345.36	0.000876	345.36	0.000837	345.36	0.000941
351.03	0.001203	351.03	0.000863	351.03	0.001072	351.03	0.000889	351.03	0.000850	351.03	0.000954
356.69	0.001222	356.69	0.000882	356.69	0.001092	356.69	0.000902	356.69	0.000863	356.69	0.000974
362.35	0.001248	362.35	0.000902	362.35	0.001118	362.35	0.000922	362.35	0.000882	362.35	0.000987
368.01	0.001268	368.01	0.000922	368.01	0.001137	368.01	0.000935	368.01	0.000895	368.01	0.001000

373.67	0.001294	373.67	0.000941	373.67	0.001163	373.67	0.000948	373.67	0.000915	373.67	0.001020
379.33	0.001314	379.33	0.001003	379.33	0.001183	379.33	0.000967	379.33	0.000928	379.33	0.001031
385.00	0.001340	385.00	0.000980	385.00	0.001203	385.00	0.000980	385.00	0.000941	385.00	0.001052
390.66	0.001366	390.66	0.001007	390.66	0.001229	390.66	0.000993	390.66	0.000961	390.66	0.001065
396.32	0.001392	396.32	0.001033	396.32	0.001255	396.32	0.001013	396.32	0.000974	396.32	0.001078
401.98	0.001412	401.98	0.001052	401.98	0.001281	401.98	0.001033	401.98	0.000986	401.98	0.001098
407.64	0.001438	407.64	0.001065	407.64	0.001301	407.64	0.001046	407.64	0.001007	407.64	0.001111
413.31	0.001464	413.31	0.001092	413.31	0.001320	413.31	0.001059	413.31	0.001020	413.31	0.001131
418.97	0.001490	418.97	0.001111	418.97	0.001346	418.97	0.001072	418.97	0.001039	418.97	0.001150
424.63	0.001516	424.63	0.001131	424.63	0.001379	424.63	0.001085	424.63	0.001052	424.63	0.001163
430.29	0.001542	430.29	0.001157	430.29	0.001399	430.29	0.001098	430.29	0.001068	430.29	0.001183
435.95	0.001569	435.95	0.001176	435.95	0.001425	435.95	0.001118	435.95	0.001078	435.95	0.001190
441.61	0.001601	441.61	0.001203	441.61	0.001451	441.61	0.001131	441.61	0.001098	441.61	0.001203
447.28	0.001627	447.28	0.001222	447.28	0.001477	447.28	0.001144	447.28	0.001111	447.28	0.001222
452.94	0.001654	452.94	0.001248	452.94	0.001510	452.94	0.001163	452.94	0.001131	452.94	0.001235
458.60	0.001686	458.60	0.001275	458.60	0.001536	458.60	0.001176	458.60	0.001144	458.60	0.001261
464.26	0.001719	464.26	0.001294	464.26	0.001569	464.26	0.001196	464.26	0.001157	464.26	0.001275
469.92	0.001745	469.92	0.001320	469.92	0.001595	469.92	0.001209	469.92	0.001170	469.92	0.001288
475.58	0.001784	475.58	0.001346	475.58	0.001627	475.58	0.001222	475.58	0.001190	475.58	0.001301
481.25	0.001810	481.25	0.001373	481.25	0.001660	481.25	0.001242	481.25	0.001203	481.25	0.001314
486.91	0.001837	486.91	0.001399	486.91	0.001686	486.91	0.001255	486.91	0.001222	486.91	0.001333
492.57	0.001876	492.57	0.001425	492.57	0.001719	492.57	0.001268	492.57	0.001235	492.57	0.001353
498.23	0.001908	498.23	0.001451	498.23	0.001752	498.23	0.001287	498.23	0.001255	498.23	0.001366
503.89	0.001941	503.89	0.001484	503.89	0.001791	503.89	0.001308	503.89	0.001268	503.89	0.001386
509.55	0.001980	509.55	0.001510	509.55	0.001830	509.55	0.001320	509.55	0.001288	509.55	0.001401
515.22	0.002026	515.22	0.001536	515.22	0.001863	515.22	0.001333	515.22	0.001301	515.22	0.001418
520.88	0.002059	520.88	0.001569	520.88	0.001895	520.88	0.001353	520.88	0.001320	520.88	0.001438
526.54	0.002098	526.54	0.001601	526.54	0.001941	526.54	0.001366	526.54	0.001333	526.54	0.001451
532.20	0.002137	532.20	0.001634	532.20	0.001987	532.20	0.001386	532.20	0.001353	532.20	0.001464
537.86	0.002183	537.86	0.001667	537.86	0.002039	537.86	0.001399	537.86	0.001366	537.86	0.001483
543.52	0.002239	543.52	0.001706	543.52	0.002065	543.52	0.001412	543.52	0.001386	543.52	0.001503
549.19	0.002275	549.19	0.001739	549.19	0.002124	549.19	0.001431	549.19	0.001399	549.19	0.001516
554.85	0.002327	554.85	0.001778	554.85	0.002176	554.85	0.001451	554.85	0.001418	554.85	0.001536
560.51	0.002379	560.51	0.001817	560.51	0.002235	560.51	0.001464	560.51	0.001431	560.51	0.001556
566.17	0.002431	566.17	0.001850	566.17	0.002288	566.17	0.001477	566.17	0.001451	566.17	0.001576
571.83	0.002484	571.83	0.001889	571.83	0.002346	571.83	0.001497	571.83	0.001464	571.83	0.001588
577.49	0.002549	577.49	0.001935	577.49	0.002412	577.49	0.001517	577.49	0.001484	577.49	0.001608
583.16	0.002614	583.16	0.001987	583.16	0.002471	583.16	0.001529	583.16	0.001503	583.16	0.001621
588.82	0.002686	588.82	0.002033	588.82	0.002569	588.82	0.001542	588.82	0.001516	588.82	0.001641
594.48	0.002771	594.48	0.002078	594.48	0.002654	594.48	0.001562	594.48	0.001536	594.48	0.001660
600.14	0.002869	600.14	0.002144	600.14	0.002791	600.14	0.001582	600.14	0.001549	600.14	0.001680
605.80	0.002980	605.80	0.002203	605.80	0.002848	605.80	0.001601	605.80	0.001569	605.80	0.001699
611.46	0.003131	611.46	0.002288	611.46	0.003595	611.46	0.001621	611.46	0.001588	611.46	0.001719
617.13	0.003399	617.13	0.002386	617.13	0.001634	617.13	0.001634	617.13	0.001608	617.13	0.001739
617.30	0.003407	622.79	0.002536	622.79	0.001654	622.79	0.001627	622.79	0.001627	622.79	0.001758
624.71	0.003582	626.20	0.002627	626.20	0.001673	626.20	0.001673	626.20	0.001647	626.20	0.001778
		632.27	0.003555	632.27	0.001693	634.11	0.001693	634.11	0.001660	634.11	0.001797
				639.77	0.001722	639.77	0.001722	639.77	0.001680	639.77	0.001817
				645.44	0.001755	645.44	0.001755	645.44	0.001706	645.44	0.001837
				651.10	0.001745	651.10	0.001725	651.10	0.001725	651.10	0.001856
				656.76	0.001785	656.76	0.001785	656.76	0.001739	656.76	0.001876
				662.42	0.001784	662.42	0.001758	662.42	0.001758	662.42	0.001895
				668.08	0.001810	668.08	0.001778	668.08	0.001778	668.08	0.001915
				673.74	0.001830	673.74	0.001797	673.74	0.001797	673.74	0.001935
				679.41	0.001850	679.41	0.001824	679.41	0.001824	679.41	0.001961
				685.07	0.001869	685.07	0.001843	685.07	0.001843	685.07	0.001980
				690.73	0.001895	690.73	0.001856	690.73	0.001856	690.73	0.002007
				696.39	0.001915	696.39	0.001876	696.39	0.001876	696.39	0.002026
				702.05	0.001935	702.05	0.001902	702.05	0.001902	702.05	0.002046
				707.71	0.001954	707.71	0.001922	707.71	0.001922	707.71	0.002072
				713.38	0.001980	713.38	0.001948	713.38	0.001948	713.38	0.002098
				719.04	0.002000	719.04	0.001967	719.04	0.001967	719.04	0.002124
				724.70	0.002026	724.70	0.001993	724.70	0.001993	724.70	0.002150
				730.36	0.002046	730.36	0.002013	730.36	0.002013	730.36	0.002170
				736.02	0.002078	736.02	0.002039	736.02	0.002039	736.02	0.002196
				741.68	0.002098	741.68	0.002052	741.68	0.002052	741.68	0.002222
				747.35	0.002118	747.35	0.002065	747.35	0.002065	747.35	0.002255
				753.01	0.002144	753.01	0.002078	753.01	0.002078	753.01	0.002281
				758.67	0.002163	755.70	0.002084	755.70	0.002084	758.67	0.002307
				764.33	0.002190	764.33	0.002190	764.33	0.002190	764.33	0.002340
				769.99	0.002222	769.99	0.002222	769.99	0.002222	769.99	0.002366
				775.65	0.002255	775.65	0.002255	775.65	0.002255	775.65	0.002392
				781.32	0.002288	781.32	0.002288	781.32	0.002288	781.32	0.002425
				786.98	0.002314	786.98	0.002314	786.98	0.002314	786.98	0.002458
				792.64	0.002353	792.64	0.002353	792.64	0.002353	792.64	0.002484
				798.30	0.002386	798.30	0.002386	798.30	0.002386	798.30	0.002513
				803.96	0.002418	803.96	0.002418	803.96	0.002418	803.96	0.002510
				809.62	0.002458	809.62	0.002458	809.62	0.002458	809.62	0.002518
				815.28	0.002477	815.28	0.002477	815.28	0.002477	815.28	0.002518
				820.94	0.002496	820.94	0.002496	820.94	0.002496	820.94	0.002518

K11

181		182		183		184		185		186	
gerilme	birim	gerilme	birim	gerilme	birim	gerilme	birim	gerilme	birim	gerilme	birim
(kg/cm ²)	deform.	(kg/cm ²)	deform.	(kg/cm ²)	deform.	(kg/cm ²)	deform.	(kg/cm ²)	deform.	(kg/cm ²)	deform.
0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000
5.66	0.000026	5.66	0.000033	5.66	0.000020	5.66	0.000020	5.66	0.000020	5.66	0.000007
11.32	0.000046	11.32	0.000065	11.32	0.000039	11.32	0.000033	11.32	0.000033	11.32	0.000007
16.99	0.000065	16.99	0.000085	16.99	0.000065	16.99	0.000046	16.99	0.000046	16.99	0.000013
22.65	0.000072	22.65	0.000111	22.65	0.000092	22.65	0.000059	22.65	0.000052	22.65	0.000020
28.31	0.000085	28.31	0.000137	28.31	0.000111	28.31	0.000072	28.31	0.000065	28.31	0.000033
33.97	0.000092	33.97	0.000163	33.97	0.000137	33.97	0.000085	33.97	0.000078	33.97	0.000046
39.63	0.000098	39.63	0.000190	39.6							

56.62	0.000124	56.62	0.000255	56.62	0.000209	56.62	0.000137	56.62	0.000124	56.62	0.000105
62.28	0.000131	62.28	0.000288	62.28	0.000229	62.28	0.000150	62.28	0.000137	62.28	0.000118
67.94	0.000144	67.94	0.000307	67.94	0.000248	67.94	0.000163	67.94	0.000150	67.94	0.000131
73.60	0.000150	73.60	0.000333	73.60	0.000261	73.60	0.000183	73.60	0.000163	73.60	0.000144
79.26	0.000163	79.26	0.000359	79.26	0.000281	79.26	0.000196	79.26	0.000176	79.26	0.000163
84.93	0.000176	84.93	0.000379	84.93	0.000301	84.93	0.000209	84.93	0.000183	84.93	0.000176
90.59	0.000190	90.59	0.000405	90.59	0.000320	90.59	0.000222	90.59	0.000202	90.59	0.000190
96.25	0.000203	96.25	0.000444	96.25	0.000340	96.25	0.000235	96.25	0.000209	96.25	0.000203
101.91	0.000209	101.91	0.000458	101.91	0.000353	101.91	0.000248	101.91	0.000222	101.91	0.000222
107.57	0.000222	107.57	0.000484	107.57	0.000373	107.57	0.000261	107.57	0.000235	107.57	0.000222
113.23	0.000235	113.23	0.000503	113.23	0.000392	113.23	0.000278	113.23	0.000255	113.23	0.000235
118.90	0.000244	118.90	0.000529	118.90	0.000412	118.90	0.000288	118.90	0.000275	118.90	0.000255
124.56	0.000261	124.56	0.000549	124.56	0.000431	124.56	0.000301	124.56	0.000298	124.56	0.000275
130.22	0.000268	130.22	0.000569	130.22	0.000444	130.22	0.000314	130.22	0.000314	130.22	0.000288
135.88	0.000281	135.88	0.000595	135.88	0.000464	135.88	0.000327	135.88	0.000329	135.88	0.000301
141.54	0.000294	141.54	0.000621	141.54	0.000484	141.54	0.000340	141.54	0.000337	141.54	0.000320
147.20	0.000307	147.20	0.000641	147.20	0.000497	147.20	0.000359	147.20	0.000344	147.20	0.000333
152.87	0.000320	152.87	0.000667	152.87	0.000523	152.87	0.000373	152.87	0.000357	152.87	0.000346
158.53	0.000333	158.53	0.000699	158.53	0.000536	158.53	0.000386	158.53	0.000369	158.53	0.000359
164.19	0.000346	164.19	0.000719	164.19	0.000556	164.19	0.000399	164.19	0.000383	164.19	0.000373
169.85	0.000359	169.85	0.000739	169.85	0.000575	169.85	0.000412	169.85	0.000396	169.85	0.000392
175.51	0.000379	175.51	0.000765	175.51	0.000595	175.51	0.000425	175.51	0.000419	175.51	0.000405
181.17	0.000392	181.17	0.000778	181.17	0.000614	181.17	0.000438	181.17	0.000438	181.17	0.000418
186.84	0.000405	186.84	0.000804	186.84	0.000627	186.84	0.000451	186.84	0.000439	186.84	0.000441
192.50	0.000418	192.50	0.000830	192.50	0.000647	192.50	0.000464	192.50	0.000442	192.50	0.000444
198.16	0.000431	198.16	0.000856	198.16	0.000672	198.16	0.000477	198.16	0.000459	198.16	0.000456
203.82	0.000444	203.82	0.000889	203.82	0.000690	203.82	0.000490	203.82	0.000471	203.82	0.000477
209.48	0.000458	209.48	0.000889	209.48	0.000699	209.48	0.000503	209.48	0.000484	209.48	0.000490
215.15	0.000471	215.15	0.000908	215.15	0.000719	215.15	0.000516	215.15	0.000498	215.15	0.000503
220.81	0.000490	220.81	0.000939	220.81	0.000739	220.81	0.000529	220.81	0.000511	220.81	0.000516
226.47	0.000504	226.47	0.000964	226.47	0.000765	226.47	0.000549	226.47	0.000529	226.47	0.000529
232.13	0.000523	232.13	0.000990	232.13	0.000771	232.13	0.000562	232.13	0.000549	232.13	0.000542
237.79	0.000536	237.79	0.001000	237.79	0.000791	237.79	0.000575	237.79	0.000551	237.79	0.000562
243.45	0.000549	243.45	0.001020	243.45	0.000810	243.45	0.000588	243.45	0.000562	243.45	0.000575
249.12	0.000562	249.12	0.001039	249.12	0.000830	249.12	0.000601	249.12	0.000575	249.12	0.000588
254.78	0.000575	254.78	0.001052	254.78	0.000856	254.78	0.000614	254.78	0.000588	254.78	0.000601
260.44	0.000595	260.44	0.001078	260.44	0.000876	260.44	0.000627	260.44	0.000601	260.44	0.000621
266.10	0.000608	266.10	0.001098	266.10	0.000895	266.10	0.000641	266.10	0.000609	266.10	0.000634
271.76	0.000627	271.76	0.001118	271.76	0.000908	271.76	0.000660	271.76	0.000621	271.76	0.000647
277.42	0.000641	277.42	0.001137	277.42	0.000928	277.42	0.000673	277.42	0.000634	277.42	0.000660
283.09	0.000654	283.09	0.001157	283.09	0.000954	283.09	0.000686	283.09	0.000647	283.09	0.000673
288.75	0.000673	288.75	0.001183	288.75	0.000974	288.75	0.000699	288.75	0.000660	288.75	0.000686
294.41	0.000686	294.41	0.001203	294.41	0.000987	294.41	0.000712	294.41	0.000673	294.41	0.000699
300.07	0.000700	300.07	0.001222	300.07	0.001000	300.07	0.000725	300.07	0.000686	300.07	0.000712
305.73	0.000719	305.73	0.001235	305.73	0.001026	305.73	0.000739	305.73	0.000699	305.73	0.000725
311.39	0.000739	311.39	0.001255	311.39	0.001046	311.39	0.000752	311.39	0.000712	311.39	0.000739
317.06	0.000752	317.06	0.001275	317.06	0.001065	317.06	0.000765	317.06	0.000725	317.06	0.000752
322.72	0.000771	322.72	0.001294	322.72	0.001085	322.72	0.000784	322.72	0.000739	322.72	0.000765
328.38	0.000784	328.38	0.001320	328.38	0.001105	328.38	0.000797	328.38	0.000752	328.38	0.000784
334.04	0.000804	334.04	0.001340	334.04	0.001124	334.04	0.000810	334.04	0.000765	334.04	0.000804
339.70	0.000824	339.70	0.001359	339.70	0.001144	339.70	0.000824	339.70	0.000778	339.70	0.000816
345.36	0.000843	345.36	0.001386	345.36	0.001163	345.36	0.000837	345.36	0.000791	345.36	0.000830
351.03	0.000856	351.03	0.001405	351.03	0.001183	351.03	0.000856	351.03	0.000804	351.03	0.000843
356.69	0.000869	356.69	0.001425	356.69	0.001203	356.69	0.000869	356.69	0.000816	356.69	0.000869
362.35	0.000889	362.35	0.001444	362.35	0.001222	362.35	0.000882	362.35	0.000829	362.35	0.000889
368.01	0.000902	368.01	0.001464	368.01	0.001242	368.01	0.000895	368.01	0.000843	368.01	0.000902
373.67	0.000922	373.67	0.001484	373.67	0.001261	373.67	0.000908	373.67	0.000856	373.67	0.000922
379.33	0.000941	379.33	0.001510	379.33	0.001281	379.33	0.000922	379.33	0.000870	379.33	0.000941
385.00	0.000961	385.00	0.001529	385.00	0.001301	385.00	0.000935	385.00	0.000884	385.00	0.000928
390.66	0.000974	390.66	0.001556	390.66	0.001320	390.66	0.000948	390.66	0.000900	390.66	0.000941
396.32	0.001000	396.32	0.001575	396.32	0.001340	396.32	0.000961	396.32	0.000913	396.32	0.000954
401.98	0.001013	401.98	0.001595	401.98	0.001359	401.98	0.000974	401.98	0.000926	401.98	0.000967
407.64	0.001026	407.64	0.001621	407.64	0.001386	407.64	0.000987	407.64	0.000939	407.64	0.000987
413.31	0.001046	413.31	0.001641	413.31	0.001405	413.31	0.001000	413.31	0.000952	413.31	0.001000
418.97	0.001065	418.97	0.001667	418.97	0.001425	418.97	0.001013	418.97	0.000965	418.97	0.001013
424.63	0.001085	424.63	0.001686	424.63	0.001444	424.63	0.001026	424.63	0.000978	424.63	0.001026
430.29	0.001105	430.29	0.001712	430.29	0.001464	430.29	0.001039	430.29	0.000992	430.29	0.001039
435.95	0.001118	435.95	0.001745	435.95	0.001490	435.95	0.001052	435.95	0.001005	435.95	0.001059
441.61	0.001137	441.61	0.001771	441.61	0.001510	441.61	0.001065	441.61	0.001018	441.61	0.001072
447.28	0.001157	447.28	0.001791	447.28	0.001536	447.28	0.001078	447.28	0.001031	447.28	0.001085
452.94	0.001176	452.94	0.001810	452.94	0.001556	452.94	0.001092	452.94	0.001044	452.94	0.001097
458.60	0.001196	458.60	0.001843	458.60	0.001575	458.60	0.001105	458.60	0.001057	458.60	0.001118
464.26	0.001209	464.26	0.001863	464.26	0.001601	464.26	0.001118	464.26	0.001070	464.26	0.001131
469.92	0.001229	469.92	0.001889	469.92	0.001627	469.92	0.001131	469.92	0.001083	469.92	0.001144
475.58	0.001248	475.58	0.001915	475.58	0.001647	475.58	0.001144	475.58	0.001096	475.58	0.001157
481.25	0.001268	481.25	0.001941	481.25	0.001673	481.25	0.001157	481.25	0.001109	481.25	0.001170
486.91	0.001288	486.91	0.001967	486.91	0.001693	486.91	0.001170	486.91	0.001122	486.91	0.001183
492.57	0.001307	492.57	0.001993	492.57	0.001719	492.57	0.001183	492.57	0.001135	492.57	0.001196
498.23	0.001327	498.23	0.002026	498.23	0.001745	498.23	0.001196	498.23	0.001148	498.23	0.001209
503.89	0.001346	503.89	0.002059	503.89	0.001765	503.89	0.001209	503.89	0.001161	503.89	0.001222
509.55	0.001366	509.55	0.002085	509.55	0.001791	509.55	0.001222	509.55	0.001174	509.55	0.001235
515.22	0.001392	515.22	0.002118	515.22	0.001817	515.22	0.001235	515.22	0.001187	515.22	0.001255
520.88	0.001412	520.88	0.002144	520.88	0.001843	520.88	0.001248	520.88	0.001200	520.88	0.00126

605,80	0,001850	605,80	0,002719	605,80	0,002307	605,80	0,001444	605,80	0,001301	605,80	0,001477
611,46	0,001895	611,46	0,002771	611,46	0,002340	611,46	0,001458	611,46	0,001314	611,46	0,001497
617,13	0,001941	617,13	0,002844	617,13	0,002373	617,13	0,001471	617,13	0,001327	617,13	0,001516
622,79	0,002013	622,79	0,002882	622,79	0,002425	622,79	0,001484	622,79	0,001340	622,79	0,001523
628,45	0,002118	628,45	0,002941	628,45	0,002464	628,45	0,001497	628,45	0,001353	628,45	0,001542
634,11	0,002207	634,11	0,003007	634,11	0,002510	634,11	0,001510	634,11	0,001366	634,11	0,001556
634,90	0,002334	639,77	0,003072	639,77	0,002556	639,77	0,001523	639,77	0,001379	639,77	0,001575
539,67	0,004542	645,44	0,003137	645,44	0,002616	645,44	0,001544	645,44	0,001395	645,44	0,001588
		651,10	0,003222	651,10	0,002647	651,10	0,001549	651,10	0,001399	651,10	0,001610
		656,76	0,003327	656,76	0,002706	656,76	0,001562	656,76	0,001412	656,76	0,001614
		662,42	0,003425	662,42	0,002765	662,42	0,001582	662,42	0,001425	662,42	0,001624
		668,08	0,003542	668,08	0,002837	668,08	0,001595	668,08	0,001438	668,08	0,001647
		673,74	0,003732	673,74	0,002916	673,74	0,001608	673,74	0,001451	673,74	0,001660
		679,41	0,003895	679,41	0,003007	679,41	0,001621	679,41	0,001471	679,41	0,001680
		685,07	0,004183	682,70	0,003060	685,07	0,001641	685,07	0,001484	685,07	0,001693
		686,20	0,004241	580,30	0,003582	690,73	0,001654	690,73	0,001497	690,73	0,001712
		583,27	0,004542			696,39	0,001667	696,39	0,001510	696,39	0,001732
						702,05	0,001680	702,05	0,001516	702,05	0,001745
						707,71	0,001693	707,71	0,001529	707,71	0,001765
						713,38	0,001712	713,38	0,001542	713,38	0,001778
						719,04	0,001725	719,04	0,001556	719,04	0,001791
						724,70	0,001739	724,70	0,001575	724,70	0,001810
						730,36	0,001752	730,36	0,001588	730,36	0,001830
						736,02	0,001771	736,02	0,001601	736,02	0,001843
						741,68	0,001784	741,68	0,001614	741,68	0,001863
						747,35	0,001804	747,35	0,001627	747,35	0,001882
						753,01	0,001817	753,01	0,001641	753,01	0,001902
						758,67	0,001830	758,67	0,001654	758,67	0,001922
						764,33	0,001843	764,33	0,001673	764,33	0,001935
						769,99	0,001863	769,99	0,001686	769,99	0,001961
						775,65	0,001882	775,65	0,001699	775,65	0,001980
						781,32	0,001895	781,32	0,001712	781,32	0,002000
						786,98	0,001915	786,98	0,001725	786,98	0,002020
						792,64	0,001928	792,64	0,001739	792,64	0,002039
						798,30	0,001948	798,30	0,001752	798,30	0,002059
						803,96	0,001961	803,96	0,001765	803,96	0,002078
						809,62	0,001980	809,62	0,001788	809,62	0,002105
						815,29	0,002000	815,29	0,001797	815,29	0,002131
						820,95	0,002020	820,95	0,001810	820,95	0,002157
						826,61	0,002039	826,61	0,001830	826,61	0,002183
						832,27	0,002059	832,27	0,001856	832,27	0,002203
						837,93	0,002078	837,93	0,001882	837,93	0,002225
						843,60	0,002105	839,80	0,001917	843,60	0,002268
						849,26	0,002124	713,83	0,003739	849,26	0,002301
						854,92	0,002144			854,92	0,002346
						860,58	0,002176			860,58	0,002392
						866,24	0,002203			866,24	0,002451
						871,90	0,002242			871,90	0,002510
						877,57	0,002275			877,57	0,002601
						883,23	0,002307			883,23	0,002765
						888,89	0,002366			885,00	0,002816
						894,55	0,002413			752,25	0,005935
						759,39	0,004131				

K12

199		200		201		202		203		204	
gerilme (kg/cm ²)	birim deform	gerilme (kg/cm ²)	birim deform	gerilme (kg/cm ²)	birim deform	gerilme (kg/cm ²)	birim deform	gerilme (kg/cm ²)	birim deform	gerilme (kg/cm ²)	birim deform
0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000	0,00	0,000000
5,66	0,000007	5,66	0,000013	5,66	0,000020	5,66	0,000027	5,66	0,000020	5,66	0,000020
11,32	0,000013	11,32	0,000026	11,32	0,000046	11,32	0,000013	11,32	0,000013	11,32	0,000013
16,99	0,000020	16,99	0,000039	16,99	0,000059	16,99	0,000020	16,99	0,000052	16,99	0,000052
22,65	0,000026	22,65	0,000046	22,65	0,000078	22,65	0,000026	22,65	0,000078	22,65	0,000065
28,31	0,000033	28,31	0,000052	28,31	0,000092	28,31	0,000033	28,31	0,000105	28,31	0,000078
33,97	0,000039	33,97	0,000059	33,97	0,00105	33,97	0,000039	33,97	0,000144	33,97	0,000092
39,63	0,000046	39,63	0,000065	39,63	0,001124	39,63	0,000052	39,63	0,000176	39,63	0,000105
45,29	0,000052	45,29	0,000072	45,29	0,001137	45,29	0,000059	45,29	0,000203	45,29	0,000118
50,96	0,000065	50,96	0,000085	50,96	0,001150	50,96	0,000072	50,96	0,000229	50,96	0,000131
56,62	0,000078	56,62	0,000092	56,62	0,001170	56,62	0,000078	56,62	0,000248	56,62	0,000144
62,28	0,000092	62,28	0,000105	62,28	0,001183	62,28	0,000085	62,28	0,000265	62,28	0,000157
67,94	0,000105	67,94	0,000111	67,94	0,001196	67,94	0,000098	67,94	0,000294	67,94	0,000183
73,60	0,000111	73,60	0,000124	73,60	0,000209	73,60	0,000111	73,60	0,000314	73,60	0,000196
79,26	0,000124	79,26	0,000137	79,26	0,000229	79,26	0,000118	79,26	0,000340	79,26	0,000209
84,93	0,000137	84,93	0,000150	84,93	0,000242	84,93	0,000131	84,93	0,000359	84,93	0,000222
90,59	0,000150	90,59	0,000163	90,59	0,000261	90,59	0,000144	90,59	0,000379	90,59	0,000235
96,25	0,000170	96,25	0,000170	96,25	0,000275	96,25	0,000157	96,25	0,000405	96,25	0,000255
101,91	0,000183	101,91	0,000183	101,91	0,000294	101,91	0,000170	101,91	0,000418	101,91	0,000268
107,57	0,000196	107,57	0,000196	107,57	0,000307	107,57	0,000176	107,57	0,000438	107,57	0,000281
113,23	0,000209	113,23	0,000209	113,23	0,000320	113,23	0,000190	113,23	0,000458	113,23	0,000301
118,90	0,000222	118,90	0,000216	118,90	0,000340	118,90	0,000203	118,90	0,000477	118,90	0,000314
124,56	0,000235	124,56	0,000229	124,56	0,000353	124,56	0,000216	124,56	0,000497	124,56	0,000327
130,22	0,000248	130,22	0,000248	130,22	0,000373	130,22	0,000229	130,22	0,000516	130,22	0,000340
135,88	0,000261	135,88	0,000255	135,88	0,000386	135,88	0,000235	135,88	0,000529	135,88	0,000359
141,54	0,000275	141,54	0,000268	141,54	0,000405	141,54	0,000248	141,54	0,000549	141,54	0,000373
147,20	0,000288	147,20	0,000281	147,20	0,000418	147,20	0,000261	147,20	0,000562	147,20	0,000386
152,87	0,000301	152,87	0,000294	152,87	0,000438	152,87	0,000275	152,87	0,000582	152,87	0,000405
158,53	0,000320	158,53	0,000307	158,53	0,000451	158,53	0,000288	158,53	0,000595	158,53	0,000418
164,19	0,000333	164,19	0,000320	164,19	0,000471	164,19	0,000301	164,19	0,000608	164,19	0,000431
169,85	0,000346	169,85	0,000333	169,85	0,000484	169,85	0,000314	169,85	0,000627	169,85	0,000451
175,51	0,000359	175,51	0,000346	175,51	0,000503	175,51	0,000327	175,51	0,000647	175,51	0,000464
181,17	0,000379	181,17	0,000359	181,17	0,000523	181,17	0,000340	181,17	0,000664	181,17	0,000477
186,84	0,000392	186,84	0,000379	186,84	0,000536	186,84	0,000353	186,84	0,000673	186,84	0,000497
192,50	0,000405	192,50	0,000392	192,50	0,000549	192,50	0,000373	192,50	0,000686	192,50	0,000510
198,16	0,000418	198,16	0,000405	198,16	0,000569	198,16	0,000386	198,16	0,000699	198,16	0,000523
203,82	0,000431	203,82	0,000425	203,82	0,000588	203,82	0,000399	203,82	0,000712	203,82	0,000536

209.48	0.000451	209.48	0.000451	209.48	0.000601	209.48	0.000412	209.48	0.000712	209.48	0.000556
215.15	0.000464	215.15	0.000464	215.15	0.000621	215.15	0.000425	215.15	0.000745	215.15	0.000569
220.81	0.000477	220.81	0.000477	220.81	0.000641	220.81	0.000444	220.81	0.000758	220.81	0.000582
226.47	0.000497	226.47	0.000484	226.47	0.000654	226.47	0.000458	226.47	0.000771	226.47	0.000601
232.13	0.000510	232.13	0.000497	232.13	0.000673	232.13	0.000471	232.13	0.000784	232.13	0.000614
237.79	0.000529	237.79	0.000516	237.79	0.000693	237.79	0.000484	237.79	0.000797	237.79	0.000627
243.45	0.000546	243.45	0.000534	243.45	0.000706	243.45	0.000497	243.45	0.000810	243.45	0.000641
249.12	0.000556	249.12	0.000549	249.12	0.000725	249.12	0.000510	249.12	0.000824	249.12	0.000660
254.78	0.000569	254.78	0.000562	254.78	0.000745	254.78	0.000523	254.78	0.000837	254.78	0.000673
260.44	0.000588	260.44	0.000580	260.44	0.000765	260.44	0.000542	260.44	0.000850	260.44	0.000693
266.10	0.000608	266.10	0.000601	266.10	0.000777	266.10	0.000556	266.10	0.000863	266.10	0.000706
271.76	0.000621	271.76	0.000614	271.76	0.000797	271.76	0.000569	271.76	0.000876	271.76	0.000725
277.42	0.000634	277.42	0.000634	277.42	0.000817	277.42	0.000588	277.42	0.000895	277.42	0.000739
283.09	0.000654	283.09	0.000647	283.09	0.000837	283.09	0.000601	283.09	0.000908	283.09	0.000752
288.75	0.000673	288.75	0.000666	288.75	0.000856	288.75	0.000614	288.75	0.000922	288.75	0.000771
294.41	0.000688	294.41	0.000680	294.41	0.000869	294.41	0.000627	294.41	0.000935	294.41	0.000784
300.07	0.000699	300.07	0.000699	300.07	0.000889	300.07	0.000641	300.07	0.000948	300.07	0.000797
305.73	0.000719	305.73	0.000719	305.73	0.000908	305.73	0.000660	305.73	0.000961	305.73	0.000817
311.39	0.000732	311.39	0.000732	311.39	0.000928	311.39	0.000673	311.39	0.000974	311.39	0.000830
317.06	0.000752	317.06	0.000752	317.06	0.000948	317.06	0.000686	317.06	0.000987	317.06	0.000850
322.72	0.000765	322.72	0.000771	322.72	0.000967	322.72	0.000699	322.72	0.010007	322.72	0.000863
328.38	0.000784	328.38	0.000791	328.38	0.000980	328.38	0.000719	328.38	0.010020	328.38	0.000876
334.04	0.000804	334.04	0.000804	334.04	0.010000	334.04	0.000732	334.04	0.010033	334.04	0.000895
339.70	0.000824	339.70	0.000824	339.70	0.010020	339.70	0.000745	339.70	0.010046	339.70	0.000908
345.36	0.000837	345.36	0.000843	345.36	0.010046	345.36	0.000758	345.36	0.010059	345.36	0.000928
351.03	0.000856	351.03	0.000856	351.03	0.010059	351.03	0.000771	351.03	0.010072	351.03	0.000941
356.69	0.000869	356.69	0.000882	356.69	0.010078	356.69	0.000791	356.69	0.010085	356.69	0.000961
362.35	0.000889	362.35	0.000902	362.35	0.010105	362.35	0.000804	362.35	0.010098	362.35	0.000974
368.01	0.000908	368.01	0.000922	368.01	0.010124	368.01	0.000817	368.01	0.010111	368.01	0.000987
373.67	0.000928	373.67	0.000941	373.67	0.010137	373.67	0.000837	373.67	0.010131	373.67	0.010007
379.33	0.000941	379.33	0.000961	379.33	0.010157	379.33	0.000850	379.33	0.010144	379.33	0.010020
385.00	0.000961	385.00	0.000980	385.00	0.010176	385.00	0.000863	385.00	0.010157	385.00	0.010033
390.66	0.000980	390.66	0.010000	390.66	0.010190	390.66	0.000882	390.66	0.010170	390.66	0.010059
396.32	0.000993	396.32	0.010013	396.32	0.010209	396.32	0.000895	396.32	0.010183	396.32	0.010072
401.98	0.010013	401.98	0.010039	401.98	0.010229	401.98	0.000915	401.98	0.010196	401.98	0.010085
407.64	0.010033	407.64	0.010052	407.64	0.010255	407.64	0.000928	407.64	0.010209	407.64	0.010105
413.31	0.010052	413.31	0.010072	413.31	0.010275	413.31	0.000941	413.31	0.010229	413.31	0.010124
418.97	0.010072	418.97	0.010092	418.97	0.010294	418.97	0.000954	418.97	0.010242	418.97	0.010137
424.63	0.010085	424.63	0.010111	424.63	0.010314	424.63	0.000967	424.63	0.010255	424.63	0.010157
430.29	0.010105	430.29	0.010131	430.29	0.010333	430.29	0.000987	430.29	0.010268	430.29	0.010170
435.95	0.010124	435.95	0.010150	435.95	0.010353	435.95	0.010000	435.95	0.010288	435.95	0.010183
441.61	0.010144	441.61	0.010170	441.61	0.010373	441.61	0.010013	441.61	0.010301	441.61	0.010209
447.28	0.010163	447.28	0.010190	447.28	0.010399	447.28	0.010033	447.28	0.010314	447.28	0.010222
452.94	0.010176	452.94	0.010209	452.94	0.010418	452.94	0.010046	452.94	0.010327	452.94	0.010242
458.60	0.010196	458.60	0.010229	458.60	0.010438	458.60	0.010059	458.60	0.010340	458.60	0.010261
464.26	0.010212	464.26	0.010248	464.26	0.010458	464.26	0.010078	464.26	0.010353	464.26	0.010275
469.92	0.010235	469.92	0.010268	469.92	0.010484	469.92	0.010092	469.92	0.010373	469.92	0.010294
475.58	0.010255	475.58	0.010288	475.58	0.010510	475.58	0.010105	475.58	0.010386	475.58	0.010314
481.25	0.010275	481.25	0.010307	481.25	0.010529	481.25	0.010124	481.25	0.010399	481.25	0.010327
486.91	0.010294	486.91	0.010327	486.91	0.010556	486.91	0.010137	486.91	0.010412	486.91	0.010346
492.57	0.010314	492.57	0.010353	492.57	0.010575	492.57	0.010157	492.57	0.010425	492.57	0.010367
498.23	0.010333	498.23	0.010373	498.23	0.010601	498.23	0.010170	498.23	0.010444	498.23	0.010386
503.89	0.010353	503.89	0.010392	503.89	0.010621	503.89	0.010183	503.89	0.010458	503.89	0.010399
509.55	0.010373	509.55	0.010418	509.55	0.010647	509.55	0.010203	509.55	0.010471	509.55	0.010418
515.22	0.010392	515.22	0.010438	515.22	0.010680	515.22	0.010216	515.22	0.010484	515.22	0.010438
520.88	0.010412	520.88	0.010458	520.88	0.010699	520.88	0.010235	520.88	0.010503	520.88	0.010458
526.54	0.010438	526.54	0.010484	526.54	0.010725	526.54	0.010248	526.54	0.010516	526.54	0.010477
532.20	0.010458	532.20	0.010510	532.20	0.010752	532.20	0.010261	532.20	0.010529	532.20	0.010490
537.86	0.010484	537.86	0.010529	537.86	0.010778	537.86	0.010281	537.86	0.010542	537.86	0.010510
543.52	0.010503	543.52	0.010549	543.52	0.010804	543.52	0.010301	543.52	0.010556	543.52	0.010523
549.19	0.010523	549.19	0.010575	549.19	0.010830	549.19	0.010314	549.19	0.010575	549.19	0.010549
554.85	0.010549	554.85	0.010601	554.85	0.010863	554.85	0.010327	554.85	0.010588	554.85	0.010569
560.51	0.010569	560.51	0.010627	560.51	0.010889	560.51	0.010346	560.51	0.010601	560.51	0.010582
566.17	0.010595	566.17	0.010647	566.17	0.010915	566.17	0.010359	566.17	0.010614	566.17	0.010601
571.83	0.010621	571.83	0.010680	571.83	0.010948	571.83	0.010379	571.83	0.010627	571.83	0.010614
577.49	0.010647	577.49	0.010706	577.49	0.010980	577.49	0.010392	577.49	0.010641	577.49	0.010634
583.16	0.010667	583.16	0.010732	583.16	0.020007	583.16	0.010412	583.16	0.010658	583.16	0.010654
588.82	0.010689	588.82	0.010758	588.82	0.020039	588.82	0.010425	588.82	0.010673	588.82	0.010673
594.48	0.010719	594.48	0.010791	594.48	0.020072	594.48	0.010444	594.48	0.010693	594.48	0.010686
600.14	0.010745	600.14	0.010824	600.14	0.020111	600.14	0.010464	600.14	0.010706	600.14	0.010706
605.80	0.010771	605.80	0.010850	605.80	0.020144	605.80	0.010477	605.80	0.010719	605.80	0.010725
611.46	0.010804	611.46	0.010882	611.46	0.020183	611.46	0.010497	611.46	0.010739	611.46	0.010745
617.13	0.010830	617.13	0.010922	617.13	0.020222	617.13	0.010510	617.13	0.010752	617.13	0.010765
622.79	0.010856	622.79	0.010954	622.79	0.020261	622.79	0.010529	622.79	0.010765	622.79	0.010784
628.45	0.010889	628.45	0.010987	628.45	0.020307	628.45	0.010549	628.45	0.010784	628.45	0.010804
634.11	0.010928	634.11	0.020268	634.11	0.020353	634.11	0.010562	634.11	0.010797	634.11	0.010817
639.77	0.010961	639.77	0.020265	639.77	0.020392	639.77	0.010582	639.77	0.010810	639.77	0.010837
645.44	0.010993	645.44	0.020205	645.44	0.020451	645.44	0.010601	645.44	0.010830	645.44	0.010856
651.10	0.020203	651.10	0.020244	651.10	0.020503	651.10	0.010614	651.10	0.010843	651.10	0.010876
656.76	0.020278	656.76	0.020296	656.76	0.020562	656.76	0.010634	656.76	0.010856	656.76	0.010895
662.42	0.020214	662.42	0.020268	662.42	0.020621	662.42	0.010654	662.42	0.010876	662.42	0.010915
668.08	0.020270	668.08	0.020240	668.08	0.020673	668.08	0.010673	668.08	0.010889	668.08	0.010935
673.74	0.020235	673.74	0.020241	673.74	0.020725	673.74	0.01069				

396.32	0.001065	396.32	0.001118	396.32	0.001399	396.32	0.000830	396.32	0.000974	396.32	0.000850
401.98	0.001088	401.98	0.001144	401.98	0.001411	401.98	0.000843	401.98	0.000993	401.98	0.000863
407.64	0.001098	407.64	0.001163	407.64	0.001438	407.64	0.000856	407.64	0.001007	407.64	0.000876
413.31	0.001118	413.31	0.001183	413.31	0.001458	413.31	0.000869	413.31	0.001020	413.31	0.000889
418.97	0.001137	418.97	0.001203	418.97	0.001477	418.97	0.000882	418.97	0.001039	418.97	0.000908
424.63	0.001157	424.63	0.001222	424.63	0.001497	424.63	0.000895	424.63	0.001052	424.63	0.000922
430.29	0.001170	430.29	0.001242	430.29	0.001512	430.29	0.000902	430.29	0.001065	430.29	0.000935
435.95	0.001190	435.95	0.001268	435.95	0.001542	435.95	0.000915	435.95	0.001078	435.95	0.000948
441.61	0.001203	441.61	0.001288	441.61	0.001562	441.61	0.000928	441.61	0.001098	441.61	0.000961
447.28	0.001222	447.28	0.001307	447.28	0.001582	447.28	0.000941	447.28	0.001111	447.28	0.000970
452.94	0.001242	452.94	0.001327	452.94	0.001601	452.94	0.000954	452.94	0.001131	452.94	0.000993
458.60	0.001261	458.60	0.001353	458.60	0.001621	458.60	0.000967	458.60	0.001144	458.60	0.001007
464.26	0.001281	464.26	0.001373	464.26	0.001641	464.26	0.000980	464.26	0.001157	464.26	0.001020
469.92	0.001294	469.92	0.001393	469.92	0.001660	469.92	0.000993	469.92	0.001176	469.92	0.001033
475.58	0.001314	475.58	0.001418	475.58	0.001686	475.58	0.001007	475.58	0.001190	475.58	0.001052
481.25	0.001333	481.25	0.001438	481.25	0.001706	481.25	0.001020	481.25	0.001203	481.25	0.001065
486.91	0.001353	486.91	0.001464	486.91	0.001732	486.91	0.001033	486.91	0.001222	486.91	0.001078
492.57	0.001379	492.57	0.001490	492.57	0.001752	492.57	0.001046	492.57	0.001235	492.57	0.001092
498.23	0.001399	498.23	0.001516	498.23	0.001778	498.23	0.001059	498.23	0.001255	498.23	0.001105
503.89	0.001418	503.89	0.001542	503.89	0.001804	503.89	0.001072	503.89	0.001268	503.89	0.001124
509.55	0.001438	509.55	0.001569	509.55	0.001824	509.55	0.001085	509.55	0.001288	509.55	0.001137
515.22	0.001458	515.22	0.001588	515.22	0.001843	515.22	0.001098	515.22	0.001301	515.22	0.001150
520.88	0.001477	520.88	0.001614	520.88	0.001869	520.88	0.001111	520.88	0.001320	520.88	0.001170
526.54	0.001497	526.54	0.001641	526.54	0.001895	526.54	0.001124	526.54	0.001333	526.54	0.001183
532.20	0.001523	532.20	0.001673	532.20	0.001922	532.20	0.001137	532.20	0.001353	532.20	0.001203
537.86	0.001542	537.86	0.001699	537.86	0.001942	537.86	0.001150	537.86	0.001373	537.86	0.001216
543.52	0.001569	543.52	0.001725	543.52	0.001967	543.52	0.001163	543.52	0.001386	543.52	0.001235
549.19	0.001595	549.19	0.001752	549.19	0.001993	549.19	0.001176	549.19	0.001399	549.19	0.001248
554.85	0.001614	554.85	0.001784	554.85	0.002026	554.85	0.001190	554.85	0.001418	554.85	0.001268
560.51	0.001641	560.51	0.001810	560.51	0.002052	560.51	0.001203	560.51	0.001438	560.51	0.001281
566.17	0.001667	566.17	0.001843	566.17	0.002078	566.17	0.001216	566.17	0.001451	566.17	0.001294
571.83	0.001693	571.83	0.001869	571.83	0.002105	571.83	0.001235	571.83	0.001471	571.83	0.001314
577.49	0.001719	577.49	0.001902	577.49	0.002131	577.49	0.001248	577.49	0.001490	577.49	0.001327
583.16	0.001739	583.16	0.001935	583.16	0.002157	583.16	0.001261	583.16	0.001503	583.16	0.001346
588.82	0.001771	588.82	0.001967	588.82	0.002190	588.82	0.001281	588.82	0.001523	588.82	0.001366
594.48	0.001804	594.48	0.002007	594.48	0.002222	594.48	0.001294	594.48	0.001542	594.48	0.001386
600.14	0.001830	600.14	0.002039	600.14	0.002255	600.14	0.001307	600.14	0.001562	600.14	0.001404
605.80	0.001863	605.80	0.002072	605.80	0.002288	605.80	0.001320	605.80	0.001582	605.80	0.001438
611.46	0.001895	611.46	0.002111	611.46	0.002320	611.46	0.001340	611.46	0.001601	611.46	0.001464
617.13	0.001935	617.13	0.002150	617.13	0.002353	617.13	0.001353	617.13	0.001614	617.13	0.001490
622.79	0.001974	622.79	0.002190	622.79	0.002386	622.79	0.001373	622.79	0.001634	622.79	0.001516
628.45	0.002007	628.45	0.002248	628.45	0.002418	628.45	0.001386	628.45	0.001654	628.45	0.001542
634.11	0.002052	634.11	0.002288	634.11	0.002458	634.11	0.001405	634.11	0.001673	634.11	0.001575
639.77	0.002098	639.77	0.002333	639.77	0.002497	639.77	0.001418	639.77	0.001693	639.77	0.001611
645.44	0.002150	645.44	0.002386	645.44	0.002542	645.44	0.001438	645.44	0.001712	645.44	0.001627
651.10	0.002222	651.10	0.002438	651.10	0.002588	651.10	0.001451	651.10	0.001732	651.10	0.001647
656.76	0.002301	656.76	0.002497	656.76	0.002647	656.76	0.001471	656.76	0.001751	656.76	0.001676
662.42	0.002392	662.42	0.002556	662.42	0.002699	662.42	0.001490	662.42	0.001765	662.42	0.001712
668.08	0.002549	668.08	0.002621	668.08	0.002758	668.08	0.001510	668.08	0.001784	668.08	0.001752
673.74	0.002784	673.74	0.002693	673.74	0.002817	673.74	0.001523	673.74	0.001797	673.74	0.001778
679.40	0.002799	679.41	0.002778	679.41	0.002876	679.41	0.001542	679.41	0.001817	679.41	0.001817
572.99	0.0006536	685.07	0.002895	685.07	0.002915	685.07	0.001562	685.07	0.001802	685.07	0.001843
		690.73	0.003046	689.80	0.002984	690.73	0.001582	690.73	0.001843	690.73	0.001876
		696.39	0.003412	586.33	0.005869	696.39	0.001601	696.39	0.001863	696.39	0.001915
		697.20	0.003464			702.05	0.001621	702.05	0.001876	702.05	0.001948
		592.62	0.0006536			707.71	0.001634	707.71	0.001889	707.71	0.001980
						713.38	0.001654	713.38	0.001902	713.38	0.002016
						719.04	0.001673	719.04	0.001908	719.04	0.002065
						724.70	0.001699	724.70	0.001915	724.70	0.002111
						730.36	0.001719	730.36	0.001922	730.36	0.002157
						736.02	0.001752	736.02	0.001922	736.02	0.002255
						741.68	0.001778	741.68	0.001922	739.90	0.002271
						747.35	0.001810	747.35	0.001922	628.92	0.002288
						753.01	0.001863	753.01	0.001941		
						758.67	0.002059	758.67	0.001954		
						764.33	0.002196	758.80	0.001955		
						769.99	0.002333	644.98	0.002451		
						774.90	0.002452				
						658.67	0.002654				

K14

215		236		237		238		239		240	
gerlme (kg/cm ²)	birim deform.	gerlme (kg/cm ²)	birim deform.	gerlme (kg/cm ²)	birim deform.	gerlme (kg/cm ²)	birim deform.	gerlme (kg/cm ²)	birim deform.	gerlme (kg/cm ²)	birim deform.
0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000	0.00	0.000000
5.66	0.000026	5.66	0.000007	5.66	0.000013	5.66	0.000020	5.66	0.000020	5.66	0.000020
11.32	0.000046	11.32	0.000013	11.32	0.000026	11.32	0.000052	11.32	0.000059	11.32	0.000039
16.99	0.000072	16.99	0.000020	16.99	0.000046	16.99	0.000072	16.99	0.000105	16.99	0.000052
22.65	0.000085	22.65	0.000039	22.65	0.000059	22.65	0.000098	22.65	0.000137	22.65	0.000072
28.31	0.000105	28.31	0.000052	28.31	0.000078	28.31	0.000118	28.31	0.000157	28.31	0.000085
33.97	0.000118	33.97	0.000059	33.97	0.000105	33.97	0.000137	33.97	0.000183	33.97	0.000105
39.63	0.000131	39.63	0.000072	39.63	0.000111	39.63	0.000157	39.63	0.000209	39.63	0.000124
45.29	0.000144	45.29	0.000085	45.29	0.000131	45.29	0.000176	45.29	0.000229	45.29	0.000144
50.96	0.000157	50.96	0.000098	50.96	0.000150	50.96	0.000196	50.96	0.000248	50.96	0.000157
56.62	0.000176	56.62	0.000111	56.62	0.000163	56.62	0.000216	56.62	0.000268	56.62	0.000176
62.28	0.000190	62.28	0.000141	62.28	0.000183	62.28	0.000235	62.28	0.000288	62.28	0.000190
67.94	0.000203	67.94	0.000150	67.94	0.000196	67.94	0.000255	67.94	0.000307	67.94	0.000209
73.60	0.000216	73.60	0.000170	73.60	0.000216	73.60	0.000268	73.60	0.000327	73.60	0.000229
79.26	0.000235	79.26	0.000183	79.26	0.000235	79.26	0.000288	79.26	0.000346	79.26	0.000242
84.93	0.000255	84.93	0.000196	84.93	0.000255	84.93	0.000314	84.93	0.000366	84.93	0.000261
90.59	0.000268	90.59	0.000216	90.59	0.000275	90.59	0.000337	90.59	0.000379	90.59	0.000281
96.25	0.000288	96.25	0.000235	96.25	0.000288	96.25	0.0				

K9

151		152		153		154		155		156	
yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)
0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
50	0,0320	50	0,0300	50	0,0300	50	0,0120	50	0,0240	50	0,0140
100	0,0560	100	0,0420	100	0,0660	100	0,0220	100	0,0520	100	0,0220
150	0,0860	150	0,0580	150	0,0940	150	0,0340	150	0,0600	150	0,0320
200	0,1100	200	0,0700	200	0,1060	200	0,0460	200	0,0740	200	0,0420
250	0,1300	250	0,0820	250	0,1180	250	0,0560	250	0,0840	250	0,0500
300	0,1480	300	0,0940	300	0,1340	300	0,0700	300	0,0960	300	0,0600
350	0,1660	350	0,1040	350	0,1480	350	0,0760	350	0,1040	350	0,0680
400	0,1760	400	0,1140	400	0,1660	400	0,0860	400	0,1140	400	0,0760
450	0,1860	450	0,1220	450	0,1760	450	0,0960	450	0,1220	450	0,0840
500	0,1940	500	0,1320	500	0,1880	500	0,1040	500	0,1300	500	0,0900
550	0,2040	550	0,1380	550	0,1960	550	0,1100	550	0,1360	550	0,0980
600	0,2100	600	0,1460	600	0,2060	600	0,1160	600	0,1440	600	0,1040
650	0,2180	650	0,1520	650	0,2120	650	0,1240	650	0,1520	650	0,1100
700	0,2260	700	0,1600	700	0,2200	700	0,1300	700	0,1600	700	0,1160
750	0,2320	750	0,1660	750	0,2260	750	0,1360	750	0,1660	750	0,1220
800	0,2380	800	0,1720	800	0,2340	800	0,1420	800	0,1720	800	0,1300
850	0,2440	850	0,1800	850	0,2400	850	0,1480	850	0,1780	850	0,1360
900	0,2500	900	0,1840	900	0,2460	900	0,1540	900	0,1820	900	0,1420
950	0,2560	950	0,1920	950	0,2520	950	0,1600	950	0,1900	950	0,1480
1000	0,2640	1000	0,1980	1000	0,2560	1000	0,1640	1000	0,1960	1000	0,1500
1050	0,2680	1050	0,2040	1050	0,2640	1050	0,1700	1050	0,2000	1050	0,1560
1100	0,2740	1100	0,2100	1100	0,2700	1100	0,1760	1100	0,2040	1100	0,1600
1150	0,2800	1150	0,2180	1150	0,2760	1150	0,1800	1150	0,2100	1150	0,1660
1200	0,2880	1200	0,2240	1200	0,2820	1200	0,1860	1200	0,2160	1200	0,1700
1250	0,2940	1250	0,2320	1250	0,2880	1250	0,1900	1250	0,2200	1250	0,1740
1300	0,3000	1316	0,2426	1300	0,2940	1300	0,1940	1300	0,2240	1300	0,1780
1350	0,3080	1118,6	0,3420	1349	0,2999	1350	0,2000	1350	0,2300	1350	0,1820
1400	0,4520			1146,65	0,3900	1400	0,2060	1400	0,2360	1400	0,1880
1450	0,4740					1450	0,2100	1450	0,2400	1450	0,1900
1500	0,5060					1500	0,2140	1500	0,2460	1500	0,1960
1550	0,5300					1550	0,2180	1550	0,2520	1550	0,2000
1600	0,5660					1600	0,2240	1600	0,2600	1600	0,2040
1650	0,6440					1650	0,2300	1650	0,2660	1650	0,2080
1700	0,7300					1700	0,2340	1700	0,2700	1700	0,2120
1744	0,8057					1739	0,2371	1750	0,2780	1741	0,2153
1482,4	3,1300					1478,15	0,6340	1798	0,2857	1479,85	0,6400
								1528,3	2,4780		

K10

169		170		171		172		173		174	
yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)
0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
50	0,0120	50	0,0440	50	0,0180	50	0,0300	50	0,0320	50	0,0240
100	0,0360	100	0,0560	100	0,0300	100	0,0480	100	0,0520	100	0,0360
150	0,0540	150	0,0720	150	0,0440	150	0,0640	150	0,0720	150	0,0460
200	0,0680	200	0,0900	200	0,0600	200	0,0740	200	0,0880	200	0,0660
250	0,0780	250	0,1000	250	0,0720	250	0,0860	250	0,1060	250	0,0800
300	0,0960	300	0,1120	300	0,0840	300	0,0980	300	0,1260	300	0,0940
350	0,1060	350	0,1240	350	0,0940	350	0,1060	350	0,1380	350	0,1060
400	0,1160	400	0,1360	400	0,1000	400	0,1140	400	0,1560	400	0,1180
450	0,1280	450	0,1460	450	0,1100	450	0,1240	450	0,1720	450	0,1240
500	0,1360	500	0,1560	500	0,1200	500	0,1300	500	0,1980	500	0,1340
550	0,1440	550	0,1620	550	0,1280	550	0,1380	550	0,2180	550	0,1420
600	0,1520	600	0,1720	600	0,1360	600	0,1460	600	0,2340	600	0,1500
650	0,1600	650	0,1800	650	0,1440	650	0,1520	650	0,2460	650	0,1580
700	0,1680	700	0,1880	700	0,1500	700	0,1580	700	0,2580	700	0,1640
750	0,1760	750	0,1960	750	0,1580	750	0,1640	750	0,2720	750	0,1720
800	0,1820	800	0,2040	800	0,1660	800	0,1700	800	0,2820	800	0,1780
850	0,1920	850	0,2120	850	0,1760	850	0,1760	850	0,2940	850	0,1840
900	0,1980	900	0,2180	900	0,1800	900	0,1820	900	0,3020	900	0,1920
950	0,2080	950	0,2300	950	0,1860	950	0,1880	950	0,3120	950	0,1980
1000	0,2280	1000	0,3600	1000	0,2000	1000	0,1920	1000	0,3200	1000	0,2020
1050	0,3380	1050	0,3980	1050	0,2700	1050	0,1980	1050	0,3280	1050	0,2080
1100	0,3860	1100	0,4380	1100	0,2940	1100	0,2040	1100	0,3380	1100	0,2140
1150	0,4320	1150	0,4940	1150	0,3200	1150	0,2080	1150	0,3460	1150	0,2180
1200	0,4840	1200	0,5640	1200	0,3460	1200	0,2140	1200	0,3540	1200	0,2260
1250	0,5440	1250	0,6500	1250	0,3880	1250	0,2200	1250	0,3580	1250	0,2300
1340	0,6520	1300	0,7600	1300	0,9300	1300	0,2280	1300	0,3620	1300	0,2360
1139	2,3440	1344	0,8568	1350	1,0800	1350	0,2320	1350	0,3700	1350	0,2420
		1142,4	2,3600	1400	1,1180	1400	0,2360	1400	0,3760	1400	0,2480
				1498	1,1925	1450	0,2420	1450	0,3820	1450	0,2560
				1273,3	2,4000	1500	0,2480	1500	0,3880	1500	0,2600
						1550	0,2520	1550	0,3960	1550	0,2660
						1600	0,2580	1600	0,4000	1600	0,2720
						1650	0,2640	1650	0,4080	1650	0,2780
						1700	0,2700	1700	0,4140	1700	0,2840
						1750	0,2740	1750	0,4180	1750	0,2900
						1800	0,2800	1792	0,4214	1800	0,2960
						1850	0,2840	1523,2	1,6200	1828	0,2994
						1900	0,2900			1553,8	1,4600
						1911	0,2913				
						1624,35	1,4800				

K11											
187		188		189		190		191		192	
yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)
0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
50	0,0160	50	0,0240	50	0,0340	50	0,0420	50	0,0180	50	0,0720
100	0,0300	100	0,0480	100	0,0480	100	0,0600	100	0,0360	100	0,1120
150	0,0460	150	0,0680	150	0,0660	150	0,0760	150	0,0540	150	0,1400
200	0,0560	200	0,0840	200	0,0860	200	0,0980	200	0,0680	200	0,1640
250	0,0640	250	0,0980	250	0,0960	250	0,1120	250	0,0820	250	0,1860
300	0,0780	300	0,1140	300	0,1100	300	0,1220	300	0,0920	300	0,2080
350	0,0860	350	0,1260	350	0,1200	350	0,1340	350	0,1020	350	0,2260
400	0,0960	400	0,1380	400	0,1300	400	0,1460	400	0,1140	400	0,2420
450	0,1040	450	0,1500	450	0,1380	450	0,1560	450	0,1220	450	0,2520
500	0,1100	500	0,1600	500	0,1460	500	0,1660	500	0,1300	500	0,2600
550	0,1180	550	0,1680	550	0,1540	550	0,1740	550	0,1380	550	0,2720
600	0,1240	600	0,1760	600	0,1620	600	0,1820	600	0,1460	600	0,2800
650	0,1320	650	0,1860	650	0,1680	650	0,1900	650	0,1540	650	0,2920
700	0,1380	700	0,1940	700	0,1760	700	0,1960	700	0,1600	700	0,3040
750	0,1460	750	0,2020	750	0,1820	750	0,2020	750	0,1660	750	0,3100
800	0,1500	800	0,2080	800	0,1880	800	0,2100	800	0,1740	800	0,3200
850	0,1560	850	0,2140	850	0,1940	850	0,2140	850	0,1800	850	0,3260
900	0,1640	900	0,2200	900	0,2020	900	0,2200	900	0,1860	900	0,3340
950	0,1700	950	0,2280	950	0,2080	950	0,2260	950	0,1900	950	0,3420
1000	0,1760	1000	0,2340	1000	0,2120	1000	0,2320	1000	0,1980	1000	0,3500
1050	0,1800	1050	0,2400	1050	0,2200	1050	0,2360	1050	0,2020	1050	0,3580
1100	0,1860	1100	0,2460	1100	0,2260	1100	0,2420	1100	0,2080	1100	0,3640
1150	0,1900	1150	0,2520	1150	0,2340	1150	0,2460	1150	0,2160	1150	0,3700
1200	0,1980	1200	0,2580	1200	0,2400	1200	0,2520	1200	0,2220	1200	0,3760
1250	0,2040	1250	0,2640	1250	0,2480	1250	0,2560	1250	0,2260	1250	0,3820
1300	0,2100	1300	0,2700	1287	0,2539	1300	0,2600	1300	0,2320	1300	0,3880
1350	0,2140	1350	0,2760	1093,95	2,6480	1350	0,2660	1350	0,2380	1350	0,3940
1400	0,2260	1400	0,2820			1400	0,2740	1400	0,2420	1400	0,4000
1450	0,2900	1450	0,2900			1450	0,2780	1450	0,2480	1450	0,4060
1500	0,3260	1469	0,2930			1500	0,2820	1500	0,2540	1500	0,4100
1550	0,4400	1248,65	1,6900			1550	0,2880	1550	0,2600	1550	0,4160
1571	0,4879					1600	0,2940	1600	0,2640	1600	0,4220
1335,35	1,6400					1650	0,2980	1650	0,2680	1625	0,4250
						1700	0,3060	1700	0,2740	1381,25	1,4200
						1750	0,3120	1706	0,2747		
						1786	0,3163	1450,1	1,1800		
						1518,1	1,1000				

K12											
205		206		207		208		209		210	
yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)
0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
50	0,0160	50	0,0220	50	0,0420	50	0,0140	50	0,0140	50	0,0200
100	0,0300	100	0,0360	100	0,0540	100	0,0260	100	0,0260	100	0,0360
150	0,0440	150	0,0520	150	0,0760	150	0,0420	150	0,0400	150	0,0480
200	0,0560	200	0,0680	200	0,0920	200	0,0560	200	0,0500	200	0,0620
250	0,0680	250	0,0820	250	0,1080	250	0,0680	250	0,0620	250	0,0720
300	0,0780	300	0,0960	300	0,1240	300	0,0800	300	0,0720	300	0,0820
350	0,0860	350	0,1080	350	0,1380	350	0,0920	350	0,0820	350	0,0940
400	0,0980	400	0,1220	400	0,1500	400	0,1000	400	0,0900	400	0,1020
450	0,1060	450	0,1340	450	0,1900	450	0,1120	450	0,0980	450	0,1140
500	0,1140	500	0,1460	500	0,2040	500	0,1200	500	0,1060	500	0,1220
550	0,1240	550	0,1640	550	0,2140	550	0,1300	550	0,1140	550	0,1320
600	0,1300	600	0,1720	600	0,2240	600	0,1380	600	0,1180	600	0,1420
650	0,1380	650	0,1840	650	0,2340	650	0,1480	650	0,1260	650	0,1500
700	0,1460	700	0,1940	700	0,2440	700	0,1560	700	0,1340	700	0,1580
750	0,1520	750	0,2040	750	0,2540	750	0,1640	750	0,1400	750	0,1660
800	0,1580	800	0,2120	800	0,2620	800	0,1740	800	0,1460	800	0,1740
850	0,1640	850	0,2220	850	0,2700	850	0,1840	850	0,1520	850	0,1820
900	0,1700	900	0,2300	900	0,2760	900	0,1920	900	0,1580	900	0,1880
950	0,1760	950	0,2400	950	0,2840	950	0,2000	950	0,1640	950	0,1960
1000	0,1820	1000	0,2460	1000	0,2900	1000	0,2080	1000	0,1700	1000	0,2020
1050	0,1860	1050	0,2560	1050	0,2960	1050	0,2160	1050	0,1740	1050	0,2080
1100	0,1920	1100	0,2660	1100	0,3020	1100	0,2240	1100	0,1780	1100	0,2160
1150	0,2000	1150	0,2860	1150	0,3080	1150	0,2340	1150	0,1840	1150	0,2220
1200	0,2040	1200	0,2920	1200	0,3140	1200	0,2440	1200	0,1900	1200	0,2280
1250	0,2100	1250	0,3000	1250	0,3200	1250	0,2540	1250	0,1960	1250	0,2360
1300	0,2140	1300	0,3060	1300	0,3280	1300	0,2600	1300	0,1980	1300	0,2420
1350	0,2200	1350	0,3140	1350	0,3320	1350	0,2680	1350	0,2040	1350	0,2460
1400	0,2260	1400	0,3200	1400	0,3380	1400	0,2780	1400	0,2080	1400	0,2540
1450	0,2320	1450	0,3260	1450	0,3440	1450	0,2860	1450	0,2140	1450	0,2600
1500	0,2360	1500	0,3340	1500	0,3500	1500	0,2940	1500	0,2180	1500	0,2660
1550	0,2420	1550	0,3420	1550	0,3560	1550	0,3040	1550	0,2220	1550	0,2720
1600	0,2480	1575	0,3460	1600	0,3600	1600	0,3120	1600	0,2260	1600	0,2780
1675	0,2570	1338,75	1,9420	1650	0,3680	1650	0,3180	1650	0,2300	1650	0,2820
1423,75	1,5600			1700	0,3720	1700	0,3240	1700	0,2360	1700	0,2880
				1750	0,3800	1750	0,3300	1750	0,2380	1750	0,2960
				1800	0,3840	1800	0,3360	1800	0,2440	1800	0,3020
				1844	0,38752	1850	0,3420	1850	0,2480	1850	0,3080
				1567,4	1,1800	1900	0,3480	1900	0,2560	1900	0,3140
						1950	0,3540	1950	0,2580	1950	0,3220
						2000	0,3600	2000	0,2620	1998	0,32968
						2034	0,36408	2050	0,2680	1698,3	0,7200
						1728,9	0,5600	2100	0,2720		
								2111	0,27288		
								1794,35	2,2600		

K13											
223		224		225		226		227		228	
yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)
0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
50	0,0620	50	0,0220	50	0,0260	50	0,0160	50	0,0220	50	0,0140
100	0,0720	100	0,0360	100	0,0440	100	0,0360	100	0,0380	100	0,0260
150	0,0860	150	0,0500	150	0,0640	150	0,0540	150	0,0540	150	0,0400
200	0,1000	200	0,0620	200	0,0820	200	0,0680	200	0,0660	200	0,0540
250	0,1120	250	0,0760	250	0,0980	250	0,0800	250	0,0780	250	0,0660
300	0,1260	300	0,0880	300	0,1140	300	0,0940	300	0,0920	300	0,0780
350	0,1400	350	0,0960	350	0,1300	350	0,1060	350	0,1000	350	0,0880
400	0,1500	400	0,1060	400	0,1520	400	0,1180	400	0,1120	400	0,0980
450	0,1600	450	0,1140	450	0,1640	450	0,1320	450	0,1200	450	0,1100
500	0,1680	500	0,1220	500	0,1800	500	0,1440	500	0,1280	500	0,1160
550	0,1780	550	0,1300	550	0,1900	550	0,1560	550	0,1360	550	0,1260
600	0,1860	600	0,1360	600	0,2000	600	0,2100	600	0,1440	600	0,1340
650	0,1940	650	0,1420	650	0,2040	650	0,2220	650	0,1520	650	0,1420
700	0,2020	700	0,1500	700	0,2100	700	0,2300	700	0,1580	700	0,1500
750	0,2080	750	0,1540	750	0,2180	750	0,2380	750	0,1620	750	0,1580
800	0,2140	800	0,1600	800	0,2240	800	0,2460	800	0,1700	800	0,1640
850	0,2200	850	0,1660	850	0,2300	850	0,2540	850	0,1760	850	0,1720
900	0,2260	900	0,1700	900	0,2360	900	0,2620	900	0,1820	900	0,1780
950	0,2320	950	0,1780	950	0,2420	950	0,2660	950	0,1880	950	0,1840
1000	0,2360	1000	0,1840	1000	0,2460	1000	0,2720	1000	0,1940	1000	0,1900
1050	0,2420	1050	0,1900	1050	0,2540	1050	0,2820	1050	0,2000	1050	0,1960
1100	0,2480	1100	0,1940	1100	0,2620	1100	0,2860	1100	0,2040	1100	0,2000
1150	0,2540	1150	0,1980	1150	0,2660	1150	0,2900	1150	0,2080	1150	0,2060
1200	0,2580	1200	0,2040	1200	0,2720	1200	0,2980	1200	0,2140	1200	0,2120
1250	0,2660	1250	0,2100	1250	0,2800	1250	0,3020	1250	0,2180	1250	0,2180
1300	0,2700	1300	0,2140	1300	0,2840	1300	0,3080	1300	0,2240	1300	0,2220
1350	0,2760	1350	0,2200	1350	0,2900	1350	0,3140	1350	0,2280	1350	0,2280
1400	0,2820	1400	0,2280	1400	0,2940	1400	0,3180	1400	0,2320	1400	0,2340
1450	0,2880	1450	0,3400	1450	0,3020	1450	0,3240	1450	0,2380	1450	0,2380
1500	0,2940	1500	0,3620	1500	0,3080	1500	0,3260	1500	0,2420	1500	0,2440
1550	0,3640	1550	0,3860	1550	0,3200	1550	0,3320	1550	0,2460	1550	0,2500
1600	0,3820	1600	0,4220	1600	0,3840	1600	0,3380	1600	0,2520	1600	0,2540
1650	0,4220	1650	0,4580	1650	0,3960	1650	0,3420	1650	0,2580	1650	0,2580
1700	0,4360	1700	0,4920	1700	0,4080	1700	0,3480	1700	0,2600	1700	0,2620
1750	0,4520	1750	0,5840	1750	0,4220	1750	0,3540	1750	0,2660	1750	0,2740
1800	0,4680	1800	0,9800	1800	0,4420	1800	0,3580	1800	0,2720	1800	0,4580
1850	0,6180	1850	1,3800	1850	0,4560	1850	0,3620	1851	0,2781	1850	0,4940
1900	0,7460	1876	1,588	1900	0,5760	1900	0,3660	1573,35	3,2600	1900	0,6760
1950	0,9300	1594,6	3,3800	1950	0,6660	1950	0,3720			1953	0,8689
2000	1,1300			2000	0,7220	2000	0,4660			1660,05	2,8800
2005	1,15			2050	0,7660	2050	0,4960				
1704,25	3,7300			2100	0,8760	2100	0,5180				
				2150	0,9920	2150	0,5400				
				2200	1,0640	2200	0,5700				
				2250	1,1440	2250	0,6720				
				2300	1,2360	2300	0,8340				
				2388	1,3979	2350	0,9600				
				2029,8	2,8400	2400	1,1200				
						2450	1,3700				
						2484	1,5400				
						2111,4	2,9700				

K14											
241		242		243		244		245		246	
yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)	yük (kg)	sehim (mm)
0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
50	0,0260	50	0,0460	50	0,0140	50	0,0280	50	0,0160	50	0,0060
100	0,0480	100	0,0640	100	0,0260	100	0,0420	100	0,0280	100	0,0160
150	0,0720	150	0,0820	150	0,0400	150	0,0560	150	0,0420	150	0,0260
200	0,0900	200	0,0940	200	0,0520	200	0,0720	200	0,0520	200	0,0360
250	0,1060	250	0,1100	250	0,0640	250	0,0840	250	0,0620	250	0,0420
300	0,1160	300	0,1200	300	0,0760	300	0,0940	300	0,0720	300	0,0500
350	0,1260	350	0,1320	350	0,0880	350	0,1080	350	0,0800	350	0,0580
400	0,1380	400	0,1420	400	0,0980	400	0,1180	400	0,0880	400	0,0660
450	0,1460	450	0,1520	450	0,1080	450	0,1320	450	0,0960	450	0,0740
500	0,1560	500	0,1580	500	0,1160	500	0,1440	500	0,1020	500	0,0800
550	0,1640	550	0,1660	550	0,1260	550	0,1540	550	0,1120	550	0,0860
600	0,1700	600	0,1740	600	0,1320	600	0,1660	600	0,1180	600	0,0940
650	0,1760	650	0,1820	650	0,1400	650	0,1780	650	0,1260	650	0,1020
700	0,1840	700	0,1900	700	0,1480	700	0,1860	700	0,1340	700	0,1080
750	0,1900	750	0,1960	750	0,1540	750	0,1960	750	0,1400	750	0,1160
800	0,1960	800	0,2040	800	0,1600	800	0,2060	800	0,1480	800	0,1220
850	0,2020	850	0,2100	850	0,1700	850	0,2140	850	0,1560	850	0,1280
900	0,2080	900	0,2160	900	0,1740	900	0,2220	900	0,1620	900	0,1380
950	0,2140	950	0,2220	950	0,1820	950	0,2320	950	0,1680	950	0,1420
1000	0,2220	1000	0,2300	1000	0,1880	1000	0,2380	1000	0,1740	1000	0,1480
1050	0,2260	1050	0,2360	1050	0,1940	1050	0,2480	1050	0,1780	1050	0,1560
1100	0,2340	1100	0,2440	1100	0,2000	1100	0,2580	1100	0,1840	1100	0,1620
1150	0,2400	1150	0,2500	1150	0,2080	1150	0,2660	1150	0,1900	1150	0,1680
1200	0,2520	1200	0,2580	1200	0,2160	1200	0,2740	1200	0,1960	1200	0,1740
1250	0,3560	1250	0,3760	1250	0,2240	1250	0,2820	1250	0,2040	1250	0,1800
1300	0,3860	1300	0,4040	1300	0,2580	1300	0,2900	1300	0,2080	1300	0,1840
1350	0,4080	1350	0,4320	1350	0,2800	1350	0,2960	1350	0,2140	1350	0,1900
1400	0,4380	1400	0,4560	1400	0,2920	1400	0,3020	1400	0,2200	1400	0,1960
1450	0,4840	1450	0,4920	1450	0,3120	1450	0,3100	1450	0,2260	1450	0,2020
1500	0,5440	1500	0,5260	1500	0,3520	1500	0,3160	1500	0,2320	1500	0,2080
1550	0,6120	1550	0,5640	1550	0,3740	1550	0,3240	1550	0,2380	1550	0,2140
1600	0,6880	1600	0,6060	1600	0,4320	1600	0,3320	1600	0,2440	1600	0,2180
1650	0,7600	1650	0,6500	1650	0,4700	1650	0,3380	1650	0,2500	1650	0,2240
1700	0,9480	1700	0,6980	1700	0,4980	1700	0,3440	1700	0,3520	1700	0,2300

1731	1,06456	1750	0,7640	1750	0,5980	1750	0,3500	1750	0,3840	1750	0,2360
1471,35	3,3400	1800	0,8320	1800	0,6420	1800	0,3560	1800	0,4200	1788	0,24056
		1850	0,9220	1850	0,7800	1850	0,3640	1850	0,4480	1519,8	0,4400
		1900	1,0380	1900	0,9200	1900	0,3740	1900	0,4820		
		1916	1,07512	1934	1,0152	1950	0,3820	1950	0,5220		
		1628,6	3,8380	1643,9	3,3200	2000	0,3880	2000	0,7340		
						2022	0,39064	2050	0,8620		
						1718,7	2,4000	2087	0,95672		
								1773,95	1,2600		



Ek-III

	K1					
örnek no	13	14	15	16	17	18
yarma yükü (kg)	30200	33920	28690	28420	30360	35080
	K2					
örnek no	31	32	33	34	35	36
yarma yükü (kg)	32850	37330	31250	35750	32400	37020
	K3					
örnek no	49	50	51	52	53	54
yarma yükü (kg)	36440	31810	33780	31930	38890	36950
	K4					
örnek no	67	68	69	70	71	72
yarma yükü (kg)	35710	36450	35560	34150	37400	35820
	K5					
örnek no	85	86	87	88	89	90
yarma yükü (kg)	34330	36900	34360	35490	41850	40230
	K6					
örnek no	103	104	105	106	107	108
yarma yükü (kg)	31700	36700	34720	41850	42900	37720
	K7					
örnek no	121	122	123	124	125	126
yarma yükü (kg)	35040	38710	35870	44800	44650	42220
	K8					
örnek no	139	140	141	142	143	144
yarma yükü (kg)	34700	35780	34880	42460	44510	48100
	K9					
örnek no	157	158	159	160	161	162
yarma yükü (kg)	47970	49850	43870	43680	45750	46240
	K10					
örnek no	175	176	177	178	179	180
yarma yükü (kg)	45250	46270	45590	57010	51410	54410
	K11					
örnek no	193	194	195	196	197	198
yarma yükü (kg)	40620	40200	42340	57190	60510	47810
	K12					
örnek no	211	212	213	214	215	216
yarma yükü (kg)	48090	44480	45650	49970	54370	52530
	K13					
örnek no	229	230	231	232	233	234
yarma yükü (kg)	70430	54570	62590	70060	60740	65030
	K14					
örnek no	247	248	249	250	251	252
yarma yükü (kg)	53340	57200	50580	60560	55280	62150