

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KUTU PROFİL ANA KİRİŞLİ KOMPOZİT
TAŞIYICININ ANALİZİ**

Evren ERBAŞ

Kasım, 2009

İZMİR

KUTU PROFİL ANA KİRİŞLİ KOMPOZİT TAŞIYICININ ANALİZİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Makina Mühendisliği Bölümü, Konstrüksiyon İmalat Anabilim Dalı

Evren ERBAŞ

Kasım, 2009

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

EVREN ERBAŞ, tarafından PROF. DR. MİNE DEMİRSOY yönetiminde hazırlanan “KUTU PROFİL ANA KİRİŞLİ KOMPOZİT TAŞIYICININ ANALİZİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mine DEMİRSOY

Danışman

Doç. Dr. Melih BELEVİ

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Meriç AYDOĞAN

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım süresince bana her konuda destek olan Sayın danıőmanım Prof. Dr. Mine DEMİRSOY'a, deneysel çalışma aőamalarında ilgi ve desteğinden dolayı Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Titreşim ve Ses Laboratuvarı Araőtırma Görevlisi Sayın Dr. Levent MALGACA'ya, deneysel çalışmalar sırasında kullanılan taşıyıcı kirişlerin imalatını üstlenen ARMAPLAST Polyester San. Ve Tic. Ltd. Őti'ne, yüksek lisans ve tez süresince her türlü teknik ve maddi desteğini esirgemeyen Sayın Kerem ÖZDEVECİLER'e ve KEREM MAKİNE Kalıp San. Tic. Őti'ne ve tüm çalıőanlarına, son olarak eğitim hayatım boyunca her türlü maddi ve manevi desteği sağlayan sevgili aileme teőekkürlerimi sunarım.

Evren ERBAŞ

KUTU PROFİL ANA KİRİŞLİ KOMPOZİT TAŞIYICININ ANALİZİ

ÖZ

Kompozitler son yıllarda kullanımı giderek yaygınlaşan özellikle uzay, uçak ve otomotiv sanayileri gibi hafiflik, sağlamlık oranının yüksek olarak sağlanması şart olan sektörlerde kullanımı artan mühendislik malzemeleridir. Kompozitlerin çelikten hafif, alüminyumdan sağlam ve korozyona dayanıklı olduğunun belirtilmesi, malzemelerin önemini gün geçtikçe arttırmaktadır.

Bu projenin amacı, pultrüzyon yöntemiyle üretilmiş CTP profiller ile kontraplak malzemenin, civata-somun bağlantısıyla birleştirilmesinden oluşan kutu profilin kren ana taşıyıcı kirişi olarak kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır. Bağlantı noktaları basit mafsallı sabit uzunluktaki kutu profilin, belirlenen faydalı yüklerde ve hareket yükleri altında nümerik ve deneysel olarak dinamik eğilme gerilmeleri tespit edilmiştir.

Yapılan nümerik çalışmalarda kirişler Unigraphics (Versiyon 3.0) programında modellenmiştir. Sonlu eleman modellemesi AnsysWorkbench (Versiyon 11.0) programında gerçekleştirilmiş, oluşturulan sistemin dinamik yükler altındaki davranışı RecurDyn (Versiyon 7.0) programında belirlenmiştir. Bu çalışmada kirişlerde meydana gelen emniyetli sehim oranı dikkate alınmış olup, emniyetli sehim oranı “kiriş uzunluğu bölüntü 1000” olarak belirlenmiştir.

Kullanılan CTP profiller EN13706’da EN23 olarak sınıflandırılmış E-camı fiber ve polyester resinden imal edilmiştir. Kontraplak malzeme olarak, sınıf değerleri F 50’ye 30, E100’e 70 olan, fenol formaldehit tutkalı ile üretilmiş olan su kontraplağı tercih edilmiştir. Yapılan nümerik ve deneysel analizlerden elde edilen değerler sonuç bölümünde belirtilmiştir.

Anahtar Sözcükler: CTP Profiller, Su Kontrplağı Pultrüzyon, Köprülü Kren, Dinamik Analiz.

ANALYSIS OF BRIDGE CRAIN WITH COMPOSITE BOX BEAM MAIN FRAME

ABSTRACT

In recent years, composites, an engineering material, have been used widely in space, plane and automotive industries, which require high ratio of light resistance. Composites are becoming more important day by day, because composites are lighter than steel, more resistant than aluminum and also have higher corrosion resistance.

The aim of this project is to find out, employability of the box beams as a main frame in overhead crane which are made of pultruded “Double T” glass fiber reinforced profile, marin plywood and connected with screw and screw pin. In numeric and experimental studies, dynamic shear stresses of beams are tried to be findout, under defined motion load, for the simply supported box beam configuration.

In numeric studies, beams have been modeled in Unigraphics (Version 3.0). AnsysWorkbench (Version 11.0) has been used in finite element modeling and behaviors of this system has been monitored under RecurDyn (Version 7.0) At this study results of secure elasticity ratio on beams were noted and determined as “length of beam per 1000”.

At this research, CTP profiles are classified as EN23 under EN13706 category and E-glass was made of fiber and polyester. As plywood material classification, values F 50 per 30 E100 per 70, marin plywood, which was produced by phenol formaldehyde glue, was preferred. Results from numeric and experimental analysis can be found at the conclusion of this study.

Keywords: Glass Fiber Reinforced Profiles, Marin Plywood, Pultrusion, Overhead Crane, Dynamic Analysis.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
BÖLÜM İKİ- CAM TAKVİYELİ PLASTİKLER(CTP)	6
2.1 Cam Elyaf Takviyeli (CTP) Nedir?.....	6
2.2 Matrisler	8
2.2.1. Yoğun Olarak Kullanılan Matrisler ve Genel Özellikleri.....	8
2.2.1.1 Polyester.....	8
2.2.1.2 Epoksiler	8
2.2.1.3 Vinil Ester	9
2.2.1.4 Bismaleimid	9
2.2.1.5 Fenolikler	9
2.2.1.6 Silikon	9
2.2.1.7 Cynate Ester	9
2.3 Kuvvetlendirici Elyaf lar	10
2.3.1 Cam Elyafı	10
2.3.2 Karbon Elyafı ve Üretim Süreci	12

2.3.3 Aramid Elyafı Ve Dezavantajları	13
2.4 Kompozitlerin Üretim Yöntemleri	14
2.4.1 Elle Yatırma	14
2.4.2 Püskürtme	14
2.4.3 Elyaf Sarma	15
2.4.4 Reçine Transfer Kalıplama RTM / Reçine Enjeksiyonu	16
2.4.5 Profil Çekme / Pultrüzyon	17
2.4.6 Hazır Kalıplama	18
2.4.7 Hazır Kalıplama Pestili	19
2.4.8 Hazır Kalıplama Hamuru	19
2.4.9 Vakum Bonding	20
2.4.10 Otoklav	20
2.4.11 Preslenebilir Takviyeli Termoplastik	21
2.5 Ctp'nin Kullanım Alanları	21
2.5.1 İnşaat Sektöründe Uygulama Örnekleri	21
2.5.2 Otomotiv ve Nakliye Sektöründe Uygulama Örnekleri	22
2.5.3 Elektrik Sektöründe Uygulama Örnekleri	23
2.5.4 Savunma Sanayi ve Havacılık Sektörü Uygulamaları	23
BÖLÜM ÜÇ- ODUN KOMPOZİTLERİ VE KONTRAPLAKLAR.....	24
3.1 Odun Kompoziti ve Kontraplak Tanımı	24

3.2 Odun Kompozitlerinin Sınıflandırılması.....	25
3.3 Levha Ürünleri.....	26
3.3.1 Kontrplak	26
3.3.1.2 Su Kontraplağı:	28

BÖLÜM DÖRT- KÖPRÜLÜ KRENLER VE KÖPRÜLÜ KREN KONSTRÜKSİYON HESAPLARI.....31

4.1 Köprülü Krenler ve Kren Mekanizmaları.....	31
4.1.1 Monoray Krenler:	32
4.1.2 Çift Kirişli Köprülü Krenler:	33
4.2 Kren Hesabında Sisteme Etkiyen Yükler	34
4.2.1 Esas (ana) Yükler:.....	34
4.2.2 Düşey Hareketlerden Gelen Yükler:.....	34
4.2.3 Yatay Hareketlerden Gelen Yükler	35
4.2.4 Hava Şartlarından Meydana Gelen Yükler	35
4.3 Yükleme Durumu Grupları.....	35
4.3.1. Yükleme Durumu H	36
4.3.2. Yükleme Durumu Hz.....	36
4.3.3. İlave Kuvvetler	36
4.4 Genel Emniyet Gerilme Değerleri.....	37
4.5 Taşıyıcı Elemanların Yük Durumuna Göre Eğilme Gerilmeleri.....	37
4.6 Kren Hesabındaki Katsayılar.....	38

4.6.1 Kren Yük Katsayısı \square	38
4.6.2 Kaldırma Yükü Katsayısı ψ	38
4.7 Kutu Kiriş Hesapları.....	41
4.7.1 Kiriş Momentleri Ve Gerilmeleri	42
4.7.1.1 Ana Kuvvetlerden Meydana Gelen.....	42
4.7.2 Sehim Hesabı	44

BÖLÜM BEŞ- CTP PROFİLLERİN TASARIM, İMALAT VE MONTAJI... 46

5.1 CTP Profillerin Tasarımı	46
5.1.1 CTP Kutu Profillerin Modellenmesi.....	49
5.1.2 CTP Kutu Profillerin İmalat ve Montajı	52
5.2 Araba Tasarımı ve İmalatı	54
5.2.1 Araba Teknik Değerleri	55
5.2.2 Tel Halat Mukavemet Hesabı	55
5.2.3 Tel Halat Tambur Mukavemet Hesabı.....	56
5.2.4 Tel Halat Makarası Mukavemet Hesabı	58
5.2.5 Denge Makarası Mukavemet Hesabı.....	58
5.2.6 Kanca Seçimi	59
5.2.7 Kaldırma Motoru ve Fren Momenti Hesabı	60
5.2.8 Araba Yürütme Sistemi Tekerlek Çapı Hesabı	62
5.2.9 Araba Yürütme Sistemi Motor Güç Hesabı.....	64

5.3 Kren Montajı	65
BÖLÜM ALTI- DENEYSEL VE NÜMERİK ANALİZLER.....	68
6.1 Simulasyonun Oluşturulması.....	68
6.1.1 Modelin Basitleştirilmesi ve Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması	69
6.1.2 Sonlu Eleman Modelinin Oluşturulması	71
6.1.3 Kirişlerin Recurdyn V7.0 R1 Programına Alınması.....	72
6.1.4 Ölçüm Alınacak Noktalara Probların Yerleştirilmesi.....	74
6.1.5 Simulasyon Değerlerinin Girilmesi	75
6.2 Nümerik Analiz Sonuçları.....	75
6.2.1 Ch1'den Alınan Nümerik Ölçüm Değerleri.....	75
6.2.2 Ch2'den Alınan Nümerik Ölçüm Değerleri.....	77
6.2.3 Ch3'den Alınan Nümerik Ölçüm Değerleri.....	79
6.2.4 Ch4'den Alınan Nümerik Ölçüm Değerleri.....	81
6.2.5 Ch5'den Alınan Nümerik Ölçüm Değerleri.....	83
6.3 Deneysel Dinamik Gerilme Analizi	85
6.3.1 Deneysel Gerilme Değerlerinin Alınması.....	89
6.3.1.1 Ch1'den Alınan Deneysel Ölçüm Değerleri	90
6.3.1.2 Ch2' den Alınan Deneysel Ölçüm Değerleri	92
6.3.1.3 Ch3'den Alınan Deneysel Ölçüm Değerleri	94
6.3.1.4 Ch4'den Alınan Deneysel Ölçüm Değerleri	96
6.3.1.5 Ch5'den Alınan Deneysel Ölçüm Değerleri	98

6.4 Nümerik ve Deneysel Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	100
6.4.1 Ch1’den Alınan Deneysel ve Nümerik Sonuçların Karşılaştırılması	100
6.4.2 Ch2’den Alınan Deneysel ve Nümerik Sonuçların Karşılaştırılması	101
6.4.3 Ch3’den Alınan Deneysel ve Nümerik Sonuçların Karşılaştırılması	102
6.4.4 Ch4’den Alınan Deneysel ve Nümerik Sonuçların Karşılaştırılması	103
6.4.5 Ch5’den Alınan Deneysel ve Nümerik Sonuçların Karşılaştırılması	104
6.5 Lazer İle Alınan Deneysel Sehim Değerlerinin, Nümerik Olarak Belirlenen Sehim Değerleri İle Karşılaştırılması	105
6.5.1 L1’den Alınan Ölçüm Değerlerinin, Nümerik Ölçüm Değerleri İle Karşılaştırılması	105
6.5.2 L2’den Alınan Ölçüm Değerlerinin, Nümerik Ölçüm Değerleri İle Karşılaştırılması	106
BÖLÜM YEDİ- DEĞERLENDİRME	108
KAYNAKLAR	110

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Belirlenen amaç için tek başlarına uygun olmayan farklı iki veya daha fazla malzemeyi istenen özellikleri sağlayacak şekilde belirli şartlar ve oranlarda fiziksel olarak, makro yapıda bir araya getirilerek elde edilen malzemeye kompozit malzeme denir.

Kompozit malzemelerde çekirdek olarak kullanılan bir fiber malzeme bulunmakta, bu malzemenin çevresinde hacimsel olarak çoğunluğu oluşturan bir matris malzeme bulunmaktadır. Bu iki malzeme grubundan, fiber malzeme kompozit malzemenin mukavemet ve yük taşıma özelliğini, matris malzeme ise plastik deformasyona geçişte oluşabilecek çatlak ilerlemelerini önleyici rol oynamakta ve kompozit malzemenin kopmasını geciktirmektedir. Matris olarak kullanılan malzemenin bir amacı da fiber malzemeleri yük altında bir arada tutabilmek ve yükü lifler arasında homojen olarak dağıtmaktır. Böylece fiber malzemelerde plastik deformasyon gerçekleştiğinde ortaya çıkacak çatlak ilerlemesi olayının önüne geçilmiş olur.

İlk modern sentetik plastiklerin 1900'lerin başlarında geliştirilmesinin ardından, 1930'ların sonunda plastik malzemelerin özellikleri diğer malzeme çeşitleri ile boy ölçüşür düzeye gelmiştir. Bir çok üstün özelliklerinin yanında sertlik ve dayanıklılık özelliklerinin düşük olması plastik malzemelerin güçlendirilmesi için çalışmalar yapılmasına neden olmuştur. Bu eksikliğin giderilmesi amacıyla 1950'lerde polimer esaslı kompozit malzemeler geliştirilmiştir. Bu gelişmelere bağlı olarak değişik türde matris ve takviye elemanı kullanılarak farklı yapıda kompozitler üretilmiştir. En çok kullanılan kompozit malzeme kombinasyonları; cam elyaf + polyester, karbon elyaf + epoksi ve aramid elyafı + epoksi bileşenleridir (Mallick, 1997).

CTP malzeme temel olarak kalıp görevi gören reçine içine gömülmüş sürekli veya kırılmış elyaflardan oluşmaktadır ve çeşitli üretim metotları kullanılarak üretilmektedir. Bu metotlardan Pultrüzyon metodu, CTP kalıplamasında, özellikle inşaat sektöründe hem ana malzeme hem de tamamlayıcı malzeme olarak kullanılan profil türündeki ürünlerin yapımında kullanılmaktadır. CTP malzemenin üstün mekanik dayanımının yanı sıra, hafifliği, korozyon dayanımı ve kimyasallara karşı yüksek direnç göstermesi, elektrik yalıtımı, düşük yoğunluk ve dayanım/yoğunluk oranının yüksekliği, düşük ısı iletkenliğine sahip olması, uzun yıllar bakım ve boya gibi ek bir hizmete ihtiyaç duymaması, elektromanyetik alan oluşturmaması nedeni ile radyo ve mikro dalga frekanslarını etkilememesi v.b. özellikler CTP profilleri inşaat sektöründe birçok malzemenin alternatifi olma yönünde hızla ilerlemektedir. (Sarıbyık ve Öztürk, 2005).

Pultrüzyon yöntemi ile standart şekillerde olan kutu, boru, I, L, U gibi ve özel şekillerde olan profiller üretilmektedir.

CTP profiller ile ilgili olarak yapılmış çalışmalara örnek verecek olursak;

A. J. Mendes Ferreira, M. C. S. Ribeiro, A. Torres Marques yaptıkları çalışmada; cam elyaf takviyeli hibrit kompozitlerin nümerik ve deneysel analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Yapılan analizlerde makine ve inşaat yapılarında kullanılan, optimum şekilde tasarlanmış olan kutu profiller üzerinde oluşan kesme, çekme ve bası gerilmeleri incelenmiştir. Malzemenin analiz modelinde sonlu eleman olarak shell elemanlar kullanılmış olup, malzemenin orthotropik yapısı göz önünde bulundurulmuştur. Deneysel ve nümerik analizler birbirine çok yakın değerler olarak tespit edilmiştir

J. R. Correia, S. Cabral-Fonseca, F. A. Branco, J. G. Ferreira, M. I. Eusebio, M. P. Rodrigues, yaptıkları çalışmada; pultrüzyon yoluyla üretilmiş camelyaf takviyeli kompozit profillerin yapısal uygulamalar için dayanıklılığını incelemiştir. Pultrüzyon yoluyla üretilmiş olan profillere, nem, sıcaklık ve ultraviyole ışınlar altında hızlı yaşlandırma testi uygulanmış, fiziksel, kimyasal ve mekanik

davranışlarındaki değişimler gözlenmiştir. Yapılan testler altında pultrüzyon yoluyla üretilmiş olan profiller için iyi yönde davranışlar gözlemlenmiştir.

Lian-Hong Gan, Lin Ye, Yiu-Wing Mai, yaptıkları çalışmada; pultrüzyon yolu ile üretilmiş kutu profillerin optimum kesit dizaynı incelenmiştir. Eğilme yükü altında kompozit profillerde bölgesel olarak meydana gelen eğilmelerin, profillerin erken deforme olmasına sebep olmaktadır. Bölgesel eğilme dayanımını arttırmak amacıyla optimum kesite sahip olacak profiller tasarlanmıştır. Beş farklı kesit tasarlanarak sonlu eleman analizi yolu ile sabit ve ani yükler altındaki bölgesel eğilme davranışları incelenmiştir.

T. J. Chotard ve M. L. Benzeggagh, yaptıkları çalışmada; pultrüzyon yolu ile üretilmiş kompozit profillerin dinamik yükler altındaki davranışlarını deneysel olarak incelemiştir. İki ayrı tipteki, farklı kinetik enerjilere sahip düşük hızlardaki darbe yükleri deney numunelerine uygulanmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda darbe hızı ve ağırlığının profiller üzerindeki etkisi gözlenmiş ve deneysel ölçüm sonuçları strainingaugeler yardımıyla alınmıştır.

Kin Liao, Carl R. Schultheisz, Donald L. Hunston, yaptıkları çalışmada; pultrüzyon yoluyla üretilmiş kompozit profillerin eğilme yükleri altındaki, uzun süreli çevresel yorulma davranışını incelemiştir. Alt yapı uygulamalarında kullanılabilecek pultrüzyon yoluyla üretilmiş cam elyaf takviyeli plastiklerin değişken çevresel şartlar altındaki eğilme dayanımları incelenmiştir. Bunun için deney numuneleri %5 ile %10 tuz içeren, tuzlu su çözeltisinde, 6570 saat süreyle bekletilmiş, daha sonra hava ve tuz çözeltisi içinde kuru haldeki çekme dayanımının %45'i kadar değişken kuvvet uygulanmıştır. Bu şartlar altında yorulma ömründe herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir. Tam kesin olmamakla beraber suyun sıcaklığı 75 °C'ye yükseltildiğinde çekme dayanımında değişiklikler tespit edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan diğer kompozit malzemelerden biride su kontraplağıdır. Bu malzeme odun kompozitleri olarak bilinen malzeme sınıfına girmektedir.

Orman ürünleri endüstrisi'nde küçük partiküllerin, liflerin ya da daha geniş odun parçalarının bir araya getirilmesiyle geliştirilmiş olan pek çok malzeme değişik isimlerle anılmaktadır. Bu malzemeler son 10-15 yıldır odun kompozitleri adı altında ifade edilmektedir (Güller, 2001).

Kompozit malzemelerin mobilya endüstrisinde, inşaat sektöründe, iç ve dış mekânlarda çok geniş bir kullanım yelpazesi vardır. Bu ürünlerin özellikleri, hammadde odunun fiziksel şeklinde yapılan değişiklikler, levha yoğunluğu, kullanılan tutkalın cinsi ve miktarı, su ve yangına karşı dayanımı artırmak, ayrıca çeşitli çevresel etkilere karşı dayanımı arttırmak amacıyla eklenen maddeler ile geliştirilebilmektedir. Günümüzde bazı kompozit malzemeler birlikte gruplandırılarak “Engineered Wood Products (EWP)” olarak adlandırılmaktadır. Örneğin, Kontrplak, çeşitli yapı levhaları, lamine edilmiş ağaç malzeme, yonga levha, MDF gibi kompozitler son zamanlarda “engineered wood products” olarak adlandırılmaktadır (Maloney, 1996).

Kontrplak malzemelerle ilgili olarak yapılan çalışmalar hakkında örnek vermek gerekirse;

Ivelin V. Ivanov, Tomasz Sadowski, Magdalena Filipiak, Marcin Kneć, yaptıkları çalışmada; kontrplak malzemenin çekme testlerinde oluşan büyük hasarları deneysel ve nümerik olarak incelemişlerdir. Kontrplak malzeme çapraz katlı, tekyönlü kompozit malzeme olarak ele alınmıştır. Tabakalı olarak kopma gösteren kontrplak malzemeye çekme testi farklı yönlerde uygulanmıştır. Sonlu eleman modellemesi yapılarak simule edilen kontrplak malzemenin deneysel çalışmaları sonucunda oldukça iyi hasar değerleri elde edilmiştir.

Pavlo Bekhta, Salim Hızıroğlu, Oleg Shepelyuk, yaptıkları çalışmada; ince panellerin basınç ile birleştirilmesinden oluşan, yapı malzemesi olarak üretilen kontrplak malzemenin özellikleri incelenmiştir. Soğuk haddeleme ile oluşturulan kontrplak malzemenin mekanik ve fiziksel özellikleri araştırılmıştır. Yüzey sertliği, çekme gerilmesi, kesme gerilmesi, eğilme gerilmesi, bası gerilmesi değerleri elde

edilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda kontraplak üretimi sonucunda basınç değerinin %20 ile %30 arasında düşürülmesinin, malzemenin mekanik özelliklerinde %5 ile %10 arasında artışa sebep olmuştur. Kontraplak malzemelerin farklı üretim metodları kullanılarak mekanik özelliklerinin arttırılabileceği gözlemlenerek, yapı malzemesi olarak kullanılabileceği düşünülmüştür.

Kren ana kirişleri ve krenlerle ilgili yapılacak çalışmalar hakkında örnek vermek gerekirse;

Tadeusz Niezgodzinski, Tomasz Kubiak, yaptıkları çalışmada; kutu profil ana kirişli krenlerdeki saç tabakaların stabilite problemlerini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmalarda kutu profillerde meydana gelen lokal hasarları analiz etmişlerdir. Kutu profillerde yüklemelerden meydana gelen hasarların kutu profil saç yüzeylerinde bölgesel deformasyon oluşturduğunu gözlemlemiş, ANSYS programıyla sonlu elemanlar metodunu kullanarak oluşan hasarları tespit etmişlerdir.

V.A.Kopnov, yaptığı çalışmada; gezer köprü krenlerdeki metal konstrüksiyon yorulma ömrünü incelemiştir. Atölye şartları altındaki bir krenden tekrarlanan yüklemeler altında, straingaugeler yardımıyla ölçümler almış ve bu değerleri kullanarak metal içindeki elementlerin yorulma ömrüne olan etkilerini incelemiştir.

Yapılan araştırmalar, kompozit kutu profillerin kren ana taşıyıcı kirişi olarak kullanılmasının, daha önceden yapılmamış ve denenmemiş bir konu olduğunu göstermiştir.

BÖLÜM İKİ

CAM TAKVİYELİ PLASTİKLER(CTP)

2.1 Cam Elyaf Takviyeli (CTP) Nedir?

Camelyaf takviyeli plastik (CTP), cam elyafı ile taşıyıcı bir matriks reçinenin birleştirilmesi ile elde edilen kompozit bir malzemedir.

Camelyaf takviyeli plastik, ortam koşullarına dayanıklı, esnek ama yeterli mekanik dayanıma sahip olmayan plastik (ör: polyester reçine) ile, yüksek mekanik dayanımlı camelyafının bir araya getirilmesi ile elde edilen üstün nitelikli bir kompozit mühendislik malzemesidir.

Kompozitlerde kullanılan malzemeleri,

- Matriks,
- Kuvvetlendirici elyaflar,
- Çekirdek (Core) malzemeleri olarak sınıflandırabiliriz

CTP üretiminde en yaygın olarak kullanılan doymamış polyester reçineler, takviyeli plastikler içinde termoset grubunda yer alan bir reçinedir. El yatırması gibi basit kalıplama tekniklerden en karmaşık makineleşmiş kalıplama tekniklerine kadar her tür kalıplama tekniğine hitap eder. Polyester reçineler, çok geniş bir kimyasal aileyi kapsar ve genel olarak dibazik asitlerle polihidrik alkollerin kondensasyon reaksiyonu sonucunda elde edilirler.

Dibazik Asit + Polihidrik Alkol Polyester Reçine + Su

Kullanılan dibazik asit türüne bağlı olarak, doymamış polyester reçineler, kompozitin genel amaçlı, kimyasal dayanımlı veya yüksek kimyasal dayanımlı olmasını

sağlayacak şekilde “ortoftalik”, “izoftalik” veya “bisfenolik” olarak adlandırılır. (Cam Elyaf Takviyeli Plastik Sanayicileri Derneği (CTPSANDER), 2005, s.1).

Cam elyafından mekanik dayanım özelliği, plastikten esneklik özelliği alınarak kusursuz bir malzeme oluşturulmaktadır.

Fiziksel performans, takviye malzemesi olan camelyafının,

- CTP içindeki oranına,
- CTP içindeki dağılımına,
- CTP içindeki yönüne bağlıdır.

CTP malzemenin tercih edilmesinde en önemli etken, malzemenin özgün nitelikleridir. Bu nitelikler kısaca;

- Yüksek özgül mukavemet,
- Mükemmel elastikiyet,
- Hafiflik,
- Yüksek korozyon dayanımı,
- Mükemmel dielektrik nitelikler,
- Üstün boyutsal stabilite,
- Tasarım esnekliği,
- Kalıplama esnekliği (değişik metodlarla üretilebilme esnekliği),
- Kolay tamir edilebilirlik,
- Yüksek kimyasal dayanım,
- Yüksek ısı dayanım,
- Kendinden renklendirilebilme olanağı,
- Alev geciktirici katkıları ile alev direnci niteliği sağlanması,
- İstenildiğinde ışık geçirgenlik özelliği sağlanması,
- Düşük araç-gereç maliyeti,
- Yüksek amortisman süreleri (teorik olarak sonsuz ömür),

2.2 Matrisler

Termoset veya termoplastik polimer malzeme olarak sürekli fazı oluşturur. Termosetler grubunda ağırlıklı olarak polyesterler kullanılır. Bunun yanı sıra vinil ester/bisfenol, epoksi reçine ve fenolik reçinelerin kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır. Termoplastik grubunda yaygın olarak poliamid ve polipropilen kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra hibrid formda polietilen ve polibutilen tereftalat, polietereterketon ve polietersulfon kullanımı da dikkat çekmektedir. (Arıcasoy, 2006, s.4).

2.2.1 Yoğun Olarak Kullanılan Matrisler ve Genel Özellikleri

2.2.1.1 Polyester

Özellikle denizcilik ve inşaat alanında en çok kullanılan termoset reçinedir. Kompozit malzemelerde kullanılan iki tür polyester reçine vardır, daha ekonomik olan ortoftalik ve suya dayanım gibi daha iyi özelliklere sahip olan isoftalik polyester. Polyester reçinelerini polimerizasyon süreçlerinin tamamlaması için katalizör ve hızlandırıcı olarak adlandırılan ek maddelere ihtiyaç duyarlar. Reçinelerin avantajları; kolay kullanım ve çok düşük maliyetli olmasıdır. Dezavantajları ise, sertleşme sırasında yüksek oranda çekme, zehirli sitiren gazı yayma, orta mekanik özellikler ve kısa raf ömrüdür. (Arıcasoy, 2006, s.6).

2.2.1.2 Epoksiler

Havacılık, spor, ulaşım, askeri ve deniz araçları elemanları gibi geniş kullanım alanına sahiptirler. Avantajları iyi mekanik özellikler, suya dayanım, ıslakken 140°C, kuruyken 220°C 'ye kadar ısı dayanımı ve sertleşme sırasında düşük oranda çekme; dezavantajları ise yüksek maliyet, cilde aşırı zararlı ve doğru karışımın hayati bir önemi olmasıdır. (Arıcasoy, 2006, s.6).

2.2.1.3 Vinil Ester

Son derece yüksek kimyasal ve çevresel dayanıma sahip ve polyesterden daha yüksek mekanik özelliklere sahip olmasına karşın aşırı sert içermesi, polyesterden daha pahalı olması, iyi özellikler için ikincil kür işlemlerine ihtiyaç duyulması ve sertleşme sırasında yüksek oranda çekmesi gibi olumsuz özellikleri de vardır. (Arıcasoy, 2006, s.6).

2.2.1.4 Bismaleimid

Uçak motorlarında ve yüksek ısıya maruz kalan parçalarda kullanılır. Son derece yüksek ısı dayanımının yanı sıra, çok yüksek maliyeti vardır. (Arıcasoy, 2006, s.6).

2.2.1.5 Fenolikler

Ateşe dayanım ihtiyacı olan yerlerde kullanılır. Kür işleminin buharlaşma özelliği hava boşluklarının oluşmasına ve yüzey kalitesinin düşmesine neden olur. Uçakların iç bölümlerinde, deniz araçlarının motorlarında ve demiryollarında kullanılır. Avantajları; yüksek ateş dayanımı, düşük maliyet, dezavantajları ise yaş halde son derece zararlı olması, oldukça kırılabilir ve düşük yüzey kalitesine sahip olmasıdır. (Arıcasoy, 2006, s.6).

2.2.1.6 Silikon

Yüksek ateş dayanımı, yüksek ısılarda ürün özelliklerini koruyabilme ve düşük maliyete sahiptir. Fakat kür işlemi için yüksek ısı gereklidir.

2.2.1.7 Cynate Ester

Esas olarak uçak endüstrisinde kullanılır. Mükemmel yalıtkanlık özelliğine sahiptir. Yaş durumunda 200°C' ye kadar dayanımı vardır (Arıcasoy, 2006, s.6).

Tablo 2.1 Belli başlı termoplastik reçineleri ve işlem ısıları (www.fibersource.com)

Malzeme	Erime sıcaklık aralığı (°C)	Maksimum işlem sıcaklığı (°C)
PP	160-190	110
PA	220-270	170
PES- poli eter sülfon	–	180
PEI- polieterimid	–	170
PAI- poliamid imide	–	230
PPS- polfenilen sulfit	290-340	240
PEEK- polieter eter keton	350-390	250

2.3 Kuvvetlendirici Elyaf lar

Kompozit malzemelerde kullanılan başlıca elyaf türleri;

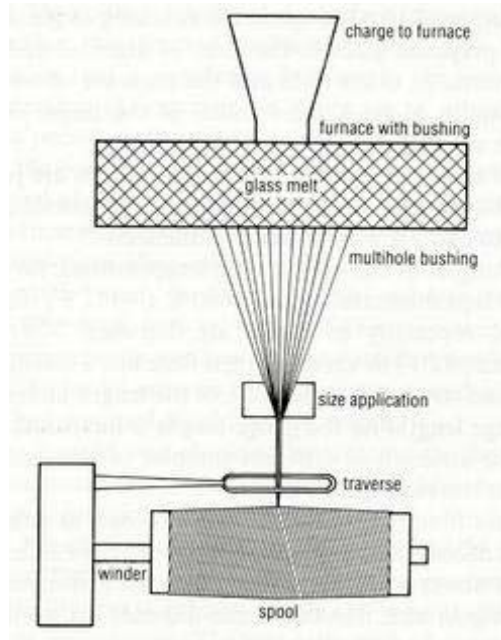
- Cam elyafi,
- Karbon (Graphite) elyafi, (PAN -polyacrylonitrile- ve zift kökenli)
- Aramid (Aromatic Polyamid) elyafi, (Ticari ismi; Kevlar-DuPont)
- Bor elyafi,
- Oksit elyafi,
- Yüksek yoğunluklu polyetilen elyafi,
- Poliamid elyafi,
- Polyester elyafi,
- Doğal organik elyaflar.

2.3.1 Cam Elyafi

Cam elyafi silika, kolemanit, alüminyum oksit, soda gibi cam üretim maddelerinden üretilmektedir. Cam elyafi, elyaf takviyeli kompozitler arasında en bilinen ve kullanılanıdır. Cam elyafi özel olarak tasarlanmış ve dibinde küçük deliklerin bulunduğu özel bir ocaktan eritilmiş camın itilmesiyle üretilir. Bu ince lifler soğutulduktan sonra makaralara sarılarak kompozit hammaddesi olarak nakliye

edilir. Özellikle cam elyafı ile matris arası yapışma gücünü arttıran "silan" bazlı ve elyaf üzerinde ince film oluşturan kimyasalların sonra kullanım sahaları artmıştır(Arıcasoğlu, 2006, s.7).

Elyaf lar işlem sırasında dayanıklılıklarının %50'sini kaybetmelerine rağmen son derece sağlamdırlar. Cam elyafı halen aramid ve karbon elyaf larından daha yüksek dayanıklılık özelliğine sahiptir. Elyaf kumaş ları genellikle sürekli cam elyaf ının lifleri ile üretilmektedir. İşlemler sırasında değişik kimyasalların eklenmesi ve bazı özel üretim yöntemleri ile farklı türde cam elyaf ı üretilmektedir:



Şekil 2.1 Cam elyaf ı üretimi
(http://www.argeportal.com/images/stories/polimer/camelyaf_uretim.jpg)

A Cam - Pencerelerde ve şişelerde en çok kullanılan cam çeşididir. Kompozitlerde çok fazla kullanılmaz.

C Cam - Yüksek kimyasal direnç gösterir. Depolama tankları gibi yerlerde kullanılır.

E Cam -Takviye elyaf larının üretiminde en çok kullanılan cam türüdür. Düşük maliyet, iyi yalıtım ve düşük su emiş oranı özelliklerine sahiptir.

S + R Cam -Yüksek maliyetli ve yüksek performanslı bir malzemedir. Yalnız uçak sanayisinde kullanılır. Elyaf içindeki tellerin çapları E Cam'ın yarısı kadardır, böylelikle elyaf sayısı fazlaşır. Dolayısıyla birleşme özelliklerinin daha güçlü olması anlamına gelen daha sert yüzey elde edilebilmektedir.

Cam elyafının kullanım amacına bağlı olarak elyaf sarma biçimleri farklı olabilir. Elyaf çapı ve demetteki lif sayısı farklılaşabilir. Cam elyafı biçimlendirildikten sonra yıpranmaya dayanımın artması için kimyasallarla bir kaplama işlemi yapılır. Kaplama malzemesi olarak genellikle elyafın kompozit malzemeye uygulanmasından önce kolaylıkla kaldırılabilen ve suyla çözülebilen polimerler kullanılmaktadır. Elyaf ile reçinenin birbirine iyi yapışması çok önemlidir. İyi yapışmaktan dolayı birbirinden kayan takviye malzemesi ve matris, kompozit malzemenin sertliğini ve sağlamlık performansını düşürür. Bu durumun engellenmesi için elyaf kimyasallarla kaplanır.

2.3.2 Karbon Elyafı ve Üretim Süreci

Karbon lifi ilk defa karbonun çok iyi bir elektrik iletkeni olduğu bilinmesinden dolayı üretilmiştir. Cam elyafının metale göre sertliğinin çok düşük olmasından dolayı sertliğin 3-5 kat artırılması çok belirgin bir amaçtır. Karbon elyafları çok yüksek ısı işlem uygulandığında elyaflar tam anlamıyla karbonlaşırlar ve bu elyaflara grafit elyafı denir. Günümüzde ise bu fark ortadan kalkmaktadır. Artık karbon elyafı da grafit elyafı da aynı malzemeyi tanımlamaktadır. Karbon elyafı epoksi matrisler ile birleştirildiğinde olağanüstü dayanıklılık ve sertlik özellikleri gösterir. Karbon fiber üreticileri devamlı bir gelişim içerisinde çalışmalarından dolayı karbon elyaflarının çeşitleri sürekli değişmektedir. Karbon elyafının üretimi çok pahalı olduğu için ancak uçak sanayinde, spor gereçlerinde veya tıbbi malzemelerin yüksek değerli uygulamalarında kullanılmaktadır. (Arıcasoy, 2006, s.9).

2.3.3 Aramid Elyafı Ve Dezavantajları

Aramid kelimesi bir çeşit naylon olan aromatik poliamid maddesinden gelmektedir. Aramid elyafı piyasada daha çok ticari isimleri Kevlar (DuPont) ve Twaron (Akzo Nobel) olarak bilinmektedir. Farklı uygulamaların ihtiyaçlarını karşılamak için birçok farklı özelliklerde aramid elyafı üretilmektedir.

Önemli özellikleri;

- Yüksek dayanıklılık,
- Yüksek darbe dayanımı,
- Yüksek aşınma dayanımı,
- Yüksek yorulma dayanımı,
- Yüksek kimyasal dayanımı,
- Kevlar elyafı kompozitler Cam elyafı kompozitlere göre 35% daha hafiftir,
- E Cam türü elyaflara yakın basınç dayanıklılığı,
- Genellikle rengi sarıdır,
- Düşük yoğunluktur.

Dezavantajlar şöyle sıralanabilir;

- Bazı tür aramid elyafı ultraviyole ışınlar maruz kaldığında bozulma göstermektedir. Sürekli karanlıkta saklanmaları gerekmektedir.
- Elyaflar çok iyi birleşmeyebilirler. Bu durumda reçinede mikroskopik çatlaklar oluşabilir. Bu çatlaklar malzeme yorulduğunda su emişine yol açmaktadır(Aricasoy, 2006, s.10).

Tablo 2.2 Belli başlı elyafların karşılaştırılması (Cam Elyaf, Bülten Sayı 6)

Malzeme	Yoğunluk (g/cm ³)	Çekme Dayanımı (Mpa)	Modülüs (Gpa)
E-Cam	2.55	2000	80
S-Cam	2.49	4750	89
Alüminyum	3.28	1950	297
Karbon	2.00	2900	525
Kevlar 29	1.44	2860	64
Kevlar 49	1.44	3750	136

2.4 Kompozitlerin Üretim Yöntemleri

İstenilen özelliklerde ve biçimde kompozit malzeme üretimi için bir çok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden başlıcaları aşağıdadır.

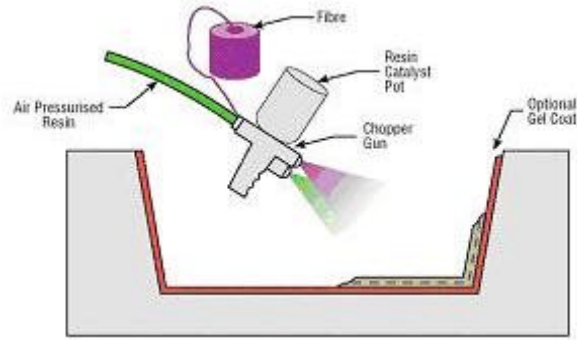
2.4.1 Elle Yatırma

Dokuma veya kırılmış elyaflarla hazırlanmış takviye kumaşları, hazırlanmış olan kalıp üzerine elle yatırılarak üzerine sıvı reçine elyaf katmanları emdirilir. Elyaf yatırılmadan önce kalıp temizlenerek jelkot sürülür. Jelkot sertleştikten sonra elyaf katları yatırılır. Reçine ise kompozit malzemenin hazır olması için en son sürülür. Bu işlemde elyaf kumaşına reçinenin iyi nüfuz etmesi önemlidir. El yatırma tekniğinde en çok kullanılan polyester ve epoksi'nin yanısıra vinil ester ve fenolik reçineler de tercih edilmektedir. Elle yatırma yoğun işçilik gerektirmesine rağmen düşük sayıdaki üretimler için çok uygundur. (Arıcasoy, 2006, s.11).

2.4.2 Püskürtme

Püskürtme yöntemi elle yatırma yöntemini aletli şekli olarak kabul edilebilir. Kırılmış elyaflar kalıp yüzeyine, içine sertleştirici katılmış reçine ile birlikte özel bir tabanca ile püskürtülür. Elyafın kırılma işlemi tabanca üzerinde bulunan ve

bağımsız çalışan bir kırpıcı sayesinde yapılır. Püskürtülme işlemi sonrası yüzeyin bir rulo ile düzeltilmesiyle ürün hazırlanmış olur. (Arıcasoy, 2006, s.11).

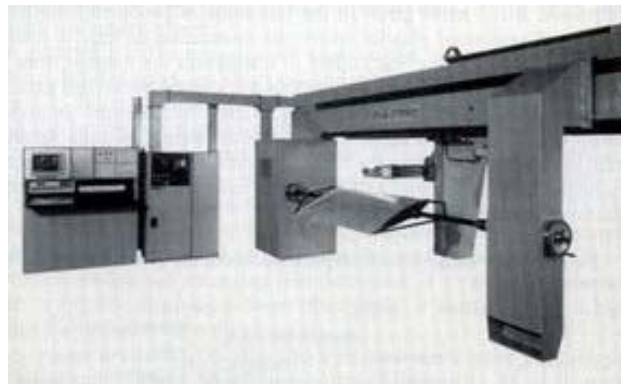


Şekil 2.2 Püskürtme Yöntemi

(<http://www.arceportal.com/images/stories/polimer/spray-up.jpg>)

2.4.3 Elyaf Sarma

Bu yöntem özel biçime sahip ürünlerin seri üretimine uygundur. Elyaf sarma yöntemi sürekli elyaf liflerinin reçine ile ıslatıldıktan sonra bir makaradan çekilerek dönen bir kalıp üzerine sarılmasıdır. Sürekli liflerin farklı açılarla kalıba sarılmasıyla farklı mekanik özelliklerde ürünler elde edilebilir. Yeterli sayıda elyaf katının sarılmasından sonra ürün sertleşir. Ardından döner kalıp ayrılır. Bu yöntemle yapılan ürünler genellikle silindirik, borular, araba şaftları, uçak su tankları, yat direkleri, dairesel basınç tanklarıdır. (Arıcasoy, 2006, s.12).



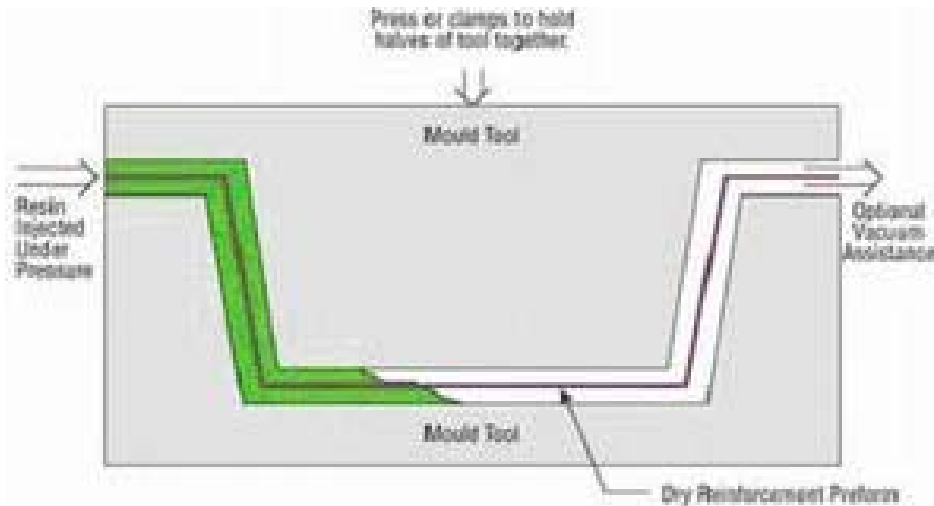
Şekil 2.3 Elyaf Sarma Makinesi

(http://www.arceportal.com/images/stories/polimer/filament-winding_machine.jpg)

2.4.4 Reçine Transfer Kalıplama RTM / Reçine Enjeksiyonu

Bu kompozit üretim yönteminde elle yatırma sistemlere daha hızlı ve uzun ömürlü olmakla birlikte iki parçalı kalıp kullanmak gereklidir. Kalıbın kompozit malzemeyle yapılması çelik kalıp maliyetine göre daha düşük kalmasına neden olmaktadır. RTM yöntemi çoğunluk jelkotlu veya jelkotsuz her iki yüzeyinde düzgün olması istenen parçalarda kullanılır.

Takviye malzemesi kuru olarak keçe, kumaş veya ikisinin kombinasyonu kullanılır. Takviye malzemesi önceden kalıp boşluğu doldurulacak şekilde kalıba yerleştirilir ve kalıp kapatılır. Elyaf lar matris içinde geç çözünen reçinelerle kaplanarak kalıp içerisinde sürüklenmesi önlenir. Reçine basınç altında kalıba pompalanır. Bu süreç daha fazla zaman ister. Matris enjeksiyonu soğuk, ılık veya en çok 80°C'ye kadar ısıtılmış kaplarda uygulanabilir. Bu yöntemde içerideki havanın dışarı çıkarılması ve reçinenin elyaf içine iyi işlemesi için vakum kullanılabilir. Elyafın kalıba yerleştirilmesini gerektirmesinden dolayı uzun sayılabilecek bir işçilik gerektirir. Kalıp kapalı olduğu için ise zararlı gazlar azalır ve gözeneksiz bir ürün elde edilebilir. Bu yöntemle karmaşık parçalar üretilebilir. Concorde uçaklarında, F1 arabalarında bazı parçalar bu yöntemle hazırlanmaktadır.

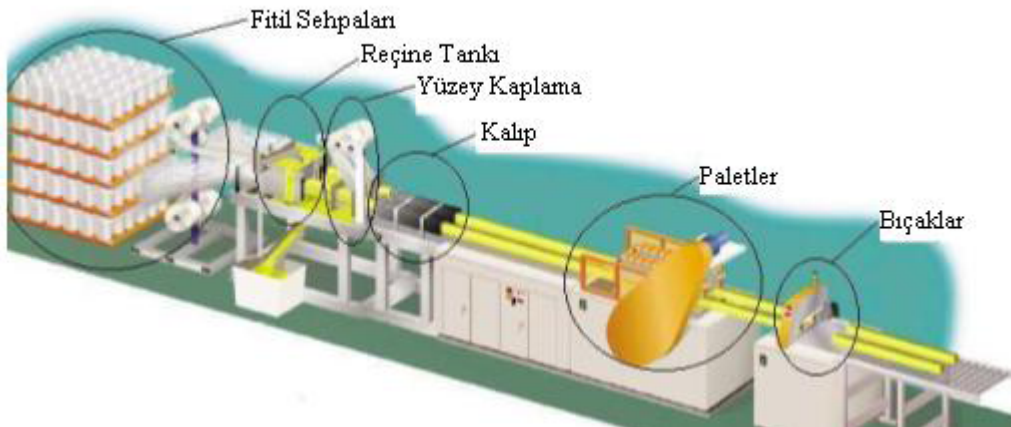


Şekil 2.4 RTM yöntemi

(<http://www.argeportal.com/images/stories/polimer/rtm.jpg>)

2.4.5 Profil Çekme / Pultruzyon

Pultruzyon metodu dışındaki üretim yöntemleriyle çeşitli elyaf türleri (karbon, aramid vb.) kullanarak çeşitli otomobil parçaları, uçak aksamaları ve inşaat sektöründe yardımcı veya dekoratif amaçlı elemanlar yapılabilmektedir. Fakat bu yöntemler ile üretilen kompozitlerin inşaat sektöründe birincil eleman olarak kullanılması mümkün olmamaktadır. Çünkü bu yöntemlerle üretilen malzemeler, yapıda taşıyıcı olarak kullanılan elemanların karşılaması gereken çekme, basma veya kesme kuvvetlerine karşı gereken mukavemeti gösterememektedirler. Bu sorunu çözebilmek için yeni bir kompozit üretim yöntemi olan pultruzyon metodu geliştirilmiştir. Pultruzyon yöntemi, malzemenin kalıp boyunca çekilerek üretilmesi yöntemidir (Şekil 2.5). Pultruzyon hattının çalışma prensibi; makineden ayrı bir bölümde bulunan elyaflar bobinlerden çekilir ve ilk olarak matriks malzemesi olan reçine içinden geçerek ön kalıp olarak adlandırılan bölümden geçerken içlerindeki hava ve fazla reçineden arınır. Ön kalıptan çıkan malzemenin kullanım yerinde atmosfer ve diğer dış etmenlerden korunması için esas kalıba girmeden önce yüzeyi kaplanır. Kalıptan çıkan profiller paletler tarafından çekilmesi suretiyle sistemin sürekliliği sağlanır ve son işlem olarak istenen uzunluğa gelen malzemenin bıçaklar vasıtası ile kesilmesi sonucu işlem tamamlanmış olur.



Şekil 2.5 Pultruzyon yöntemi

(<http://www.strongwell.com/PDFfiles/Extern/EXTERN%20Brochure.pdf>)

Boyuna mukavemetin yüksek olduğu bu üretim şeklinde malzemenin enine mukavemetini de artırmak amacı ile özel olarak düğümlü üretilmiş fitil (keçe), dokunmuş ya da farklı eksenel yönlere sahip cam kumaşlar ile kaplanır. Bunların dışında da yüzey düzgünlüğünü ve atmosferik etkileri azaltmak için termoplastik yüzey tülü çok kullanılan takviye malzemesidir. Bu metodun önemli özelliklerinden biri de kullanılan reçineye istenilen özellikleri geliştirmek amacı ile dolgu malzemeleri katılabilmesidir. Maliyeti düşürmek için 3-6 mikron boyutunda olan kalsiyum karbonat (kalsit), alev dayanımı istendiğinde alüminyum hidroksit, korozyon dayanımı istendiğinde kil, elektriksel izolasyon istendiğinde alüminyum trihidrat gibi dolgu maddeleri kullanılabilir. (Sarıbyık, 2006, s.200).

Pultruzyon metodunda kullanılan reçinelerden aranan en önemli özellik, çekme hızına ve yüksek düzeyde tutabilecek reaktiviteye sahip olabilmesi ve iyi bir ısınmayı sağlayabilecek düşük viskoziteye veya seyreltilebilme olanağına sahip olmasıdır. Bu bağlamda kullanılan reçinelerin %90'ı polyester ve vinil reçinelerdir.

Bunların dışında fenolik reçineler pultruzyon yöntemi ile üretilen ürünlere yanmazlık ve düşük duman yayma özellikleri; epoksiler yüksek mukavemet, daha yüksek ısı dayanımı ve elektriksel özelliklerde yüksek performans sağlar (Arıkan, 2004).

2.4.6 Hazır Kalıplama

Hazır kalıplama bünyesinde cam elyafı, reçine, katkı ve dolgu malzemeleri içeren kalıplamaya hazır, hazır kalıplama bileşimleri olarak adlandırılan kompozit malzemelerin (SMC, BMC) sıcak pres kalıplarla ürüne dönüştürülmesidir. Karmaşık şekillerin üretilebilmesi, metal parçaların bünye içine gömülebilmesi, farklı cidar kalınlıkları gibi avantajları bulunmaktadır. Ayrıca ürünün iki yüzüde kalıp ile şekillenmektedir. Diğer kompozit malzeme üretim tekniklerinin olanak vermediği delik gibi komplike şekiller elde edilebilmektedir. Iskarta oranı düşüktür. Bu yöntemin dezavantajları kalıplama bileşimlerinin buzdolaplarında saklanmasıdır.

gerekliliği, kalıpların metal olmasından dolayı diğer kalıplardan daha maliyetli olması ve büyük parçaların üretimi için büyük ve pahalı preslere ihtiyaç olmasıdır.

2.4.7 Hazır Kalıplama Pestili

SMC takviye malzemesi olarak kırılmış lif ile dolgu malzemesi içeren bir reçinenin önceden birleştirilmesi ile oluşan pestil biçiminde malzemedir. Sürekli lifler, 25-50 mm kırılmış olarak ve kompozitin toplam ağırlığının %25-30 oranında kullanılır. Genellikle 1m genişliğinde ve 3mm kalınlığında üretilir.

2.4.8 Hazır Kalıplama Hamuru

BMC takviye malzemesi olarak kırılmış lif ve dolgu malzemesi içeren bir reçinenin önceden birleştirilmesi ile oluşan hamur biçiminde malzemedir. Hazır kalıplama bileşimlerinin avantajları;

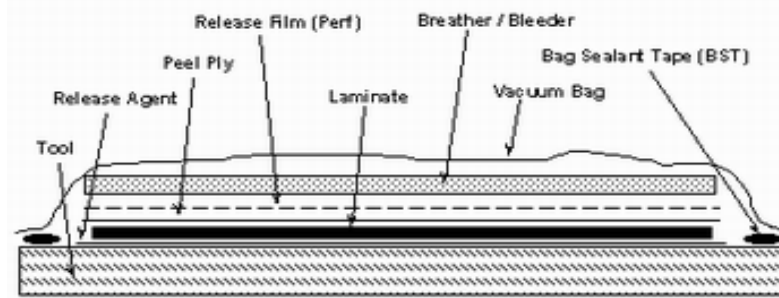
- Çok geniş tasarım esnekliği,
- Düzgün yüzey,
- Kolayca laklanabilme, boyanabilme ve kalıp içinde yüzeyin kaplanabilmesi,
- Geri dönüştürülebilme ve hazırlığında geri dönüşümlü malzeme kullanabilme,
- Metal gömme parçaların yerleştirilmesi ile montaj kolaylığı,
- Yüksek alev dayanımı,
- Sıcaklık dayanımı,
- Soğukta kırılğan olmama, enjeksiyon kalıplama (injection moulding),

Bu yöntem RTM'ye benzer bir yöntemdir. Farklılığı reçine/elyaf karışımının kalıp dışarısında karışmış ve eritilerek basınç altında boş kalıp içine enjekte ediliyor olmasıdır. Sadece düşük viskoziteye sahip termoset reçineler bu yöntemde

kullanılabilir. Diğer yöntemlere göre daha hızlıdır. Çocuk oyuncaklarından uçak parçalarına kadar birçok ürün bu yöntemle üretilmektedir.

2.4.9 Vakum Bonding

Kompozit malzeme önce bir kalıba yerleştirilir, ardından bir vakum torbası en üst katman olarak yerleştirilir. İçerideki havanın emilmesiyle vakum torbası, yatırılan malzemenin üzerine 1 atmosferlik basınç uygulayarak aşağıya çekilir. Sonraki aşamada tüm bileşim bir fırına yerleştirilerek reçinenin kür işlemi için ısıtılır. Bu yöntem sıklıkla elyaf sarma ve yatırma teknikleri ile bağlantılı olarak uygulanır. Kompozit malzeme tamir işlemlerinde de vakum bagging yöntemi kullanılmaktadır. (Arıcasoy, 2006, s.14).



Şekil 2.5 Vakum bonding yöntemi

(<http://www.argeportal.com/images/stories/polimer/vacuumbagging.gif>)

2.4.10 Otoklav

Termoset kompozit malzemelerin performanslarını artırmak için elyaf/reçine oranını artırmak ve malzeme içinde oluşabilecek hava boşluklarını tamamen gidermek gerekmektedir. Bunun sağlanması için malzemeyi yüksek ısı ve basınca uygulayarak sağlanabilir. Vakum bagging yöntemindeki gibi sızdırmaz bir torba ile elyaf/reçine yatırmasına basınç uygulanabilir. Fakat bir atmosferden fazla düzenli ve kontrol edilebilir bir basıncın uygulanabilmesi için dışsal basınca ihtiyaç duyulur. Bu

uygulama için, otoklav yönteminde de uygulanan ve kompleks şekillerde en çok kontrol edilebilen metod, dışarıdan sıkıştırılmış gazın kompozit malzemenin içinde bulunduğu kaba verilmesidir.

Otoklav kesin basıncın, ısının ve emişin kontrol edilebildiği basınçlı bir kaptır. Vacum bagging yöntemi ile benzerdir. Fırın yerine bir otoklav kullanılır. Böylece özel amaçlar için yüksek kalitede kompozit üretebilmek için kür şartları tam olarak kontrol edilebilir. Bu yöntem diğerlerine oranla daha uzun sürede uygulanır ve daha pahalıdır. (Arıcasoy, 2006, s.14).

2.4.11 Preslenebilir Takviyeli Termoplastik

Keçe türünde elyaf takviyesi içeren termoplastik reçine ile yapılmış plaka şeklinde preslenebilir kalıplamaya hazır özel amaçlı bir takviyeli termoplastik çeşidini tanımlamaktadır. GMT nin hazırlanması SMC'ye benzemektedir. Ekstruderden çekilen bir termoplastik levha üzerine yumusak haldeyken bir elyaf takviyesi yerleştirilir. Bu katmanların üzerine bir diğer termoplastik levhada yumuşakken yerleştirilerek soğuk hadde silindirlerinin arasından geçirilir. Sertleşen plakalar kesilerek preslenmeye hazır duruma getirilir (Arıcasoy, 2006, s.15).

2.5 Ctp'nin Kullanım Alanları

Günümüzde kompozit malzemelerin kullanım alanı çok geniş boyutlara ulaşmıştır. Kompozit malzemelerin başlıca kullanım alanları şu şekildedir;

2.5.1 İnşaat Sektöründe Uygulama Örnekleri

CTP malzeme ile üretilmiş kaset beton kalıpları, kiremit görünümlü çatı kaplamaları ve bina alınlıkları, inşaat sektöründe en yaygın CTP uygulamaları arasında yer almaktadır.

Bunun yanısıra, cephe kaplama panelleri, CTP malzeme uygulama alanlarının en önemlilerinden biri olup, tek cidarlı veya çift cidarlı olarak da üretilmektedir. Ayrıca, araya izolasyon malzemesi de konularak, ısı yalıtımı da sağlanabilmektedir.

Cephe kaplama panelleri ile, bina cepheleri korunduğu gibi, betonu korumak amacı ile köprüler de CTP panellerle kaplanmakta, metro istasyonlarının iç duvarları da dekore edilebilmektedir. (Yapı Malzemesi Ders Notları, Yrd. Doç.Dr. Osman Ünal).

2.5.2 Otomotiv ve Nakliye Sektöründe Uygulama Örnekleri

Otomotiv sektöründe, komple veya kısmen yapılan otomobil gövde parçalarının yanısıra, CTP' den yapılmış frigorifik kamyon kasaları ve minibüs yükseltilmiş tavanları önemli bir kullanım alanını oluşturmaktadır.

Bu uygulamaların yanısıra, makas, amortisör yayları ve balatalar da artık CTP malzeme kullanılarak yapılmaktadır. Bir başka uygulama alanı olarak, özellikle demiryolu ve metro vagonlarının gövde parçaları CTP' den üretilmekte ve vagon tamirati, modüler CTP parçalar kullanılarak kolaylıkla yapılabilmektedir.

Özel bir uygulama örneği, tamamen CTP' den, elyaf sarma metodu ile monoblok olarak yapılmış olan bir vagon gövdesidir. Benzer şekilde, tramvay vagonları da yapılabilmektedir. Otomotiv sektöründe bir diğer önemli uygulama, otobüs ve demiryolu vagonları gibi toplu taşıma araçlarında, yolcu güvenliğini sağlayan ve CTP malzemedен yapılmış profillerden yapılmış tutamaklar ve havalandırma kanallarıdır (Yapı Malzemesi Ders Notları, Yrd. Doç.Dr. Osman Ünal).

2.5.3 Elektrik Sektöründe Uygulama Örnekleri

CTP malzemenin mükemmel bir elektrik yalıtkanı olması, elektrik ve elektronik sektöründe yaygın olarak kullanılmasını sağlayan en önemli faktördür. Başlıca uygulama alanlarının başında, elektrik direkleri gelmektedir. Gerek aydınlatma, gerek enerji nakil hatlarında CTP direkler kullanılmaktadır.

Elektrik sektöründe bir diğer uygulama örneği, yeraltı kablolarının döşenmesi sırasında kullanılan CTP kılavuz çubuklarıdır. İç mekanda ve dış mekanda kullanılan elektrik armatürleri de CTP malzemedен yapılmaktadır.

Elektrik sektöründe CTP kullanım alanları arasına son yıllarda katılan bir diğer önemli uygulama, rüzgar enerjisinden elektrik üretimini sağlayan rüzgar jeneratörleridir. Bu jeneratörlerde, hem taşıyıcı direk, hem de pervane kanatları CTP olarak yapılabilmektedir (Yapı Malzemesi Ders Notları, Yrd. Doç.Dr. Osman Ünal).

2.5.4 Savunma Sanayi ve Havacılık Sektörü Uygulamaları

CTP malzeme, savunma sanayiinde de kullanılmaktadır. Özellikle hücum botlar ve mayın tarama gemilerinin gövdeleri CTP' den yapılmakta, manyetik alan oluşturmaması sayesinde büyük avantaj sağlamaktadır.

Roketatar gövdeleri de CTP' den yapılmaktadır. Havan toplarının sahradaki birliklere havadan gönderilmesinde kullanılan sandıklar da CTP malzeme kullanılarak yapılmaktadır. Bu sandıklar, paraşüt ile uçaktan atılmakta ve ihtiyacı olan birliklere lojistik destek sağlanmasında yararlı olmaktadır.

Askeri uçakların birçok parçası CTP'den yapılmaktadır. Bunun yanısıra, güdümlü füzeler ve roketlerin gövdeleri CTP malzeme kullanılarak yapılmaktadır. Bazı keşif uçaklarının gövdesi tamamen CTP olarak yapılmaktadır. (Yapı Malzemesi Ders Notları, Yrd. Doç.Dr. Osman Ünal).

BÖLÜM ÜÇ

ODUN KOMPOZİTLERİ VE KONTRAPLAKLAR

3.1 Odun Kompoziti ve Kontraplak Tanımı

Genel olarak, kompozit terimi farklı iki ya da daha fazla materyalin değişik yapıştırıcılarla bir araya getirilerek oluşturulan malzemeleri ifade etmektedir (Mallick, P.K. 1997).

Odun kompozitleri ise odunsu materyalin odunsu bir materyal ya da başka bir materyal ile yapıştırıcılar kullanılarak birleştirilmesiyle elde edilen malzemeleri ifade eder. (Güller, 2001)

Odun özellikleri türler arasında, aynı türe ait ağaçlar arasında ve aynı ağacın değişik kısımlarında farklılıklar gösterdiği için, masif odun özellikleri, prosesi kontrol edilerek özelliklerine müdahale edilebilen kompozit malzemelerin özelliklerinden farklıdır. Odun kökenli kompozitlerin özellikleri lif, yonga, kaplama vb. seviyesinde incelenir. Bu tür malzemelerin özellikleri üretim prosesindeki işlemlere müdahale edilerek (Bu elemanların kombinasyonları, kullanılan madde miktarı, işlem süreleri, tabakaların organizasyonu vb.) değiştirilebilir (Forest Products Laboratory, Wood Handbook, 1999).

Kompozit malzemelerin mobilya endüstrisinde, inşaat sektöründe, iç ve dış mekanlarda çok geniş bir kullanım yelpazesi vardır. Bu ürünlerin özellikleri, hammadde odunun fiziksel şeklinde yapılan değişiklikler, levha yoğunluğu, kullanılan tutkalın cinsi ve miktarı, su ve yangına karşı dayanımı artırmak, ayrıca çeşitli çevresel etkilere karşı dayanımı arttırmak amacıyla eklenen maddeler ile geliştirilebilmektedir. Günümüzde bazı kompozit malzemeler birlikte gruplandırılarak "Engineered Wood Products (EWP)" olarak adlandırılmaktadır. Örneğin, kontrplak, çeşitli yapı levhaları, lamine edilmiş ağaç malzeme, yongalevha,

MDF gibi kompozitler son zamanlarda “engineered wood products” olarak adlandırılmaktadır.(Maloney, 1996).

Belirli özelliklerdeki tomrukların özel makinelerde soyulması ile elde edilen ince soyma levhaların (plaka,papel) tutkalanıp lifleri birbirine dik gelecek şekilde en az 3 tabaka ya da daha çok tek sayıda üst üste konularak preslenmesiyle elde edilen büyük boyutlu levha şeklindeki malzemeler “Kontrplak” olarak tanımlanmıştır.

3.2 Odun Kompozitlerinin Sınıflandırılması

Odun kompozitleri ile ilgili literatürde değişik sınıflandırmalar yapılmıştır. Bunlardan yararlanılarak odun kompozitleri aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır;

- **Levha Ürünleri:** Kontrplak, Kontrtabla, Yongalevha, Etiket yongalevha (waferboard), Şerit yongalı levha(flakeboard), OSB (oriented strand board)], Lif levha (MDF, HDF, İzolasyon levhası)
- **Yapısal Kompozitler:** Yapısal kompozit keresteler[PSL (Parallel Strand Lumber), LSL (Laminated Strand Lumber), OSL (Oriented Strand Lumber), LVL (Laminated Veneer Lumber), GLULAM (Glued Laminated Timber)], Yapısal levha ürünleri [Yapısal kontrplaklar, yapısal flakeboardlar (waferboard,OSB)], Ahşap I kirişler, COM-PLY keresteler
- **Mekanik Olarak Lamine Edilmiş Elemanlar**
- **Kalıplanmış Ürünler**
- **Odun-Odun Dışı Ürün Kompozitleri:** Bağlayıcı olarak inorganik maddelerin kullanıldığı kompozitler (Alçılı levhalar, magnezyum çimentolu levhalar,portland çimentolu levhalar), Odun lifi- termoplastik kompozitleri

(Yüksek termoplastik içerikli kompozitler, düşük termoplastik içerikli kompozitler, dokunmamış tekstil tipi kompozitler),

3.3 Levha Ürünleri

3.3.1 Kontrplak

Belirli özelliklerdeki tomrukların özel makinelerde soyulması ile elde edilen ince soyma levhaların (plaka, papel) tutkalanıp lifleri birbirine dik gelecek şekilde en az 3 tabaka ya da daha çok tek sayıda üst üste konularak preslenmesiyle elde edilen büyük boyutlu levha şeklinde bir malzemedir. Kalınlıkları 3-70 mm arasında olup, genellikle 130 x 220 cm ya da 170 x 220 cm boyutlarında üretilmektedir (Güller, 2001).

Kontrplaklar iki genel gruba ayrılmaktadır;

- Dekoratif kontrplaklar
- Yapısal ve endüstriyel kontrplaklar

Yapısal ve endüstriyel kontrplaklarda görünümünden çok fiziksel ve mekanik özellikler önemlidir. Dekoratif kontrplaklar daha çok duvar paneli ve mobilya üretimi gibi yerlerde kullanılmakta olup, bu kontrplaklarda fiziksel ve mekanik özelliklerden çok levha yüzeylerinin görünüm özellikleri ön plana çıkmaktadır.

Dekoratif kontrplaklar; Bu tip kontrplakların yüzey tabakaları genellikle görünüm özellikleri güzel olan yapraklı ağaç türlerinden elde edilir. Bu tip kontrplakların kullanıldığı alanlar: Duvar paneli,döşeme, masa,sandalye, televizyon kabini vb., mutfak mobilyası, kutu,sandık, bazı müzik aletleri, kapı, ince duvar kaplama malzemesi

Yapısal ve endüstriyel kontrplaklar; Yapısal ve endüstriyel kontrplakların kullanımında levhaların direnç değerleri ve kullanım yerinin gereklerine uygun bir tutkalla üretilmiş olması önemlidir. Bu tip kontrplaklarda yapraklı ağaçların yanında

geniş şekilde iğne yapraklı ağaç türleri de kullanılmaktadır. Bu tip kontrplakların kullanıldığı alanlar; Taban döşemesi, ahşap prefabrik konut yapımı, beton ve betonarme kalıp tahtası, bölme elemanı, raf, tezgah, konteynır, kutu, sandık, trafik işaret levhası, reklam panosu, mağaza donanımı, depolama tankları, gemi ve yat güvertelerinde, otobüs, minibüs, kamyon, tır vb. araçların taban döşemelerinde, soğutma vagonlarında kullanılır. Bu tip kontrplakların yüzeyleri reçine emdirilmiş kağıt esaslı malzemeler ya da plastik ve metal esaslı malzemelerle kaplanmak suretiyle hem dekoratif ve daha dirençli duruma getirilebilir hem de kullanım alanı genişletilebilir. Yapılarda kullanılan kontrplaklar için tasarım değerleri istenirse, APA (The Engineered Wood Association)'nın Kontrplak Dizayn Rehberi'ne başvurulabilir. (Güller, 2001).

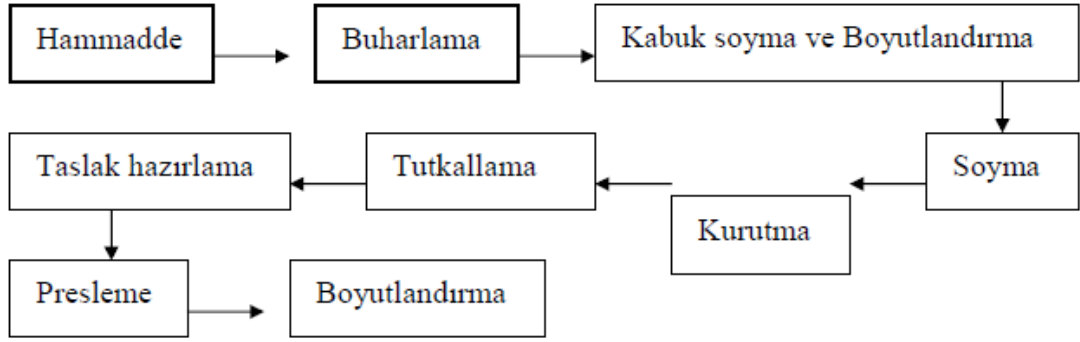
Kontrplak üretim teknolojisi bakımından dağınık traheli yapraklı ağaç türleri daha uygundur. Ancak yapraklı ağaç türlerinin yanısıra Çam, Ladin, Duglas göknarı gibi iğne yapraklı ağaç türleri de kullanılmaktadır. Pratikte genel olarak kaplama soyma özellikleri iyi olan ağaç türlerinden üretilen kaplamalar yüzey tabakalarında, pek iyi olmayanlar ise ara tabakalarda kullanılmaktadır. Kontrplak üretiminde yaygın olarak kullanılan ağaç türleri aşağıda verilmiştir;

Orta Tabakada Kullanılan Ağaç Türleri; Çam, Duglas göknarı, Ladin, Huş, Kayın, Kızılağaç, Okoume, Kavak, Melez, Tetraberlinia, Doussie, Khaya

Yüzey Tabakalarında Kullanılan Ağaç Türleri; Duglas göknarı, Melez, Sekoya, Porsuk, Akçaağaç, Huş, Ceviz, Dişbudak, Maun, Gül ağacı, Tik, Makore, Bubinga, Sapelli, Sipo, Iroko

Bazı ağaç türleri hem orta tabakalarda hem de yüzey tabakalarında kullanılabilir. Bu durum yalnızca ağaç türünün görünüm ve soyulma özelliklerine değil aynı zamanda yeterli miktarda bulunabilmesine de bağlıdır.

Kontrplak Üretim Teknolojisi;



Şekil 3.1 Ana hatlarıyla kontrplak üretim teknolojisi (FAO, Plywood and Other Wood –Based Panels, Volume I, II, III, IV, V, Rome,1965.)

3.3.1.2 Su Kontrplağı

Bu kontrplaklar gemi inşaa endüstrisine yönelik aşınmaya dirençli döşeme panelidir. Marin kontrplaklar %100 suya, neme ve rutubete karşı dayanıklıdır. İstenildiğinde boya ve cila işlemleri uygulanabilir. Marin kontrplak üzerine kolaylıkla işleme yapılabilir.



Şekil 3.2 Su kontraplağı (<http://www.kurogluorman.net/marine.htm>)

Marin (su) kontrplakları genellikle Oküme, Huş, Kayın gibi sert ağaçlardan yapılmaktadır. Panel yüzeyi pürüzsüz olduğundan plastik, kaplama veya cila gibi işlemler uygulanabilir. Panel kenarları boyanarak sertleştirilmekte ve mukavemeti arttırılmaktadır. Kullanım alanları tersanelerde, yat yapımında, balıkçı teknelerinde, araba taşıyıcılarında, konteynerlerde, canlı yük taşıyıcılarında vb. alanlardadır.

BÖLÜM DÖRT

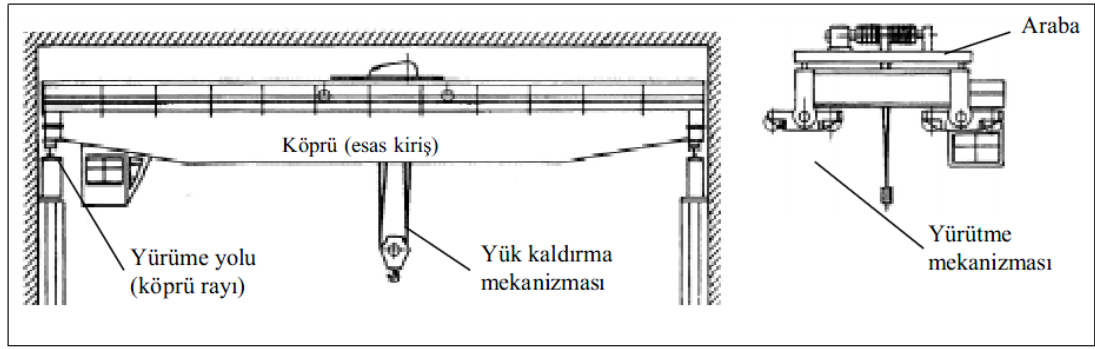
KÖPRÜLÜ KRENLER VE KÖPRÜLÜ KREN KONSTRÜKSİYON HESAPLARI

4.1 Köprülü Krenler ve Kren Mekanizmaları

DIN 15001'e göre krenler bir taşıma elemanına asılı olan (genellikle halata) yükü kaldıran ve çeşitli yönlerde hareket ettiren kaldırma ve taşıma makinalarıdır. Kren çeşitleri arasında köprülü krenler, portal krenler, döner krenler ve kablolu krenler sayılabilir. Krenlerin kullanım alanına göre sınıflandırılması aşağıdaki gibi yapılabilir;

- Köprülü kren (Tek kiriş, çift kiriş)
- Portal kren
- Konsol krenler
- Yapı krenleri (Kuleli inşaat kreni)
- Mobil krenler (lastik tekerlekli, paletli, dubalı)
- Kablolu krenler
- Kombine krenler
- Özel krenler

Köprülü krenler, yükseğe yerleştirilmiş iki kren yolu arasında bir köprü konstrüksiyondan ibarettir. Yarı ağır ve ağır endüstriyle ilgili bütün fabrika, mağaza ve makine park salonlarında kullanılırlar. Kumanda, basit bir operatör kabininden olabileceği gibi, seyyar operatör kabininden, yerden veya uzaktan da olabilir. Bu duruma göre, bir köprülü krende tamburlu kaldırma mekanizması, araba öteleme mekanizması ve köprü yürütme mekanizması olması öngörülür. Çift kutu kirişli köprülü krene ait prensip şeması Şekil 4.1'de gösterilmiştir. (C. E. İMRAK, M. C. FETVACI, Mühendis ve Makine, Cilt 45, Sayı 538)



Şekil 4.1 Köprülü kren (http://www.mkn.itu.edu.tr/~kayaoglu/mak625/koprukren_ql.jpg)

Bir köprülü kren;

- Taşınacak yükün maksimum değeri, yani kaldırma kabiliyeti
- Köprü açıklığı

ile karakterize edilir. Köprülü krenin asıl karakterleri bunlardır. Ama bunların yanı sıra aşağıdaki özelliklerinde dikkate alınması gerekir.

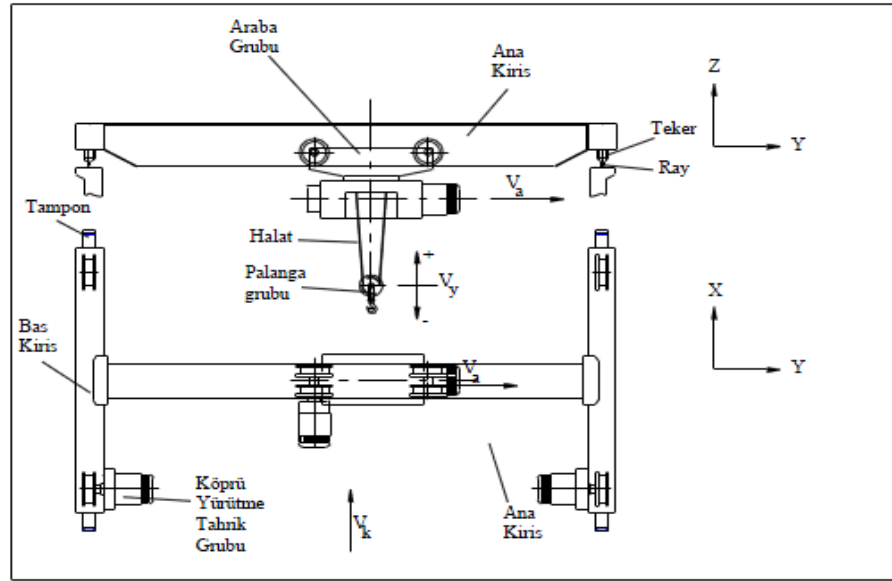
- Kaldırma hızı
- Köprü öteleme hızı
- Araba öteleme hızı
- Kaldırma yüksekliği
- Köprü gezinme mesafesi

Kapalı mekanlarda bazen de açık alanlarda kullanılan köprülü krenlerin kren açıklığı ve kapasitelerine göre iki farklı tipi tercih edilebilmektedir. Bunlar;

4.1.1 Monoray Krenler

10 kN kapasite ve 20m köprü açıklığına kadar uygulamalarda düşük ölü ağırlıkları ve ekonomik olması nedeniyle tavsiye edilmektedir.

Monoray krenlerin, çift kirişli krenlere göre ölü kanca mesafelerinin fazla olması, kaldırma yüksekliğini kısıtlamaktadır. Ancak değişik konstrüktif tedbirlerle bu dezavantaj yok edilebilmektedir. (M. E. Boğoçlu, A. Sağırlı C. O. Azeloğlu Transport Tekniği Ders Notları)

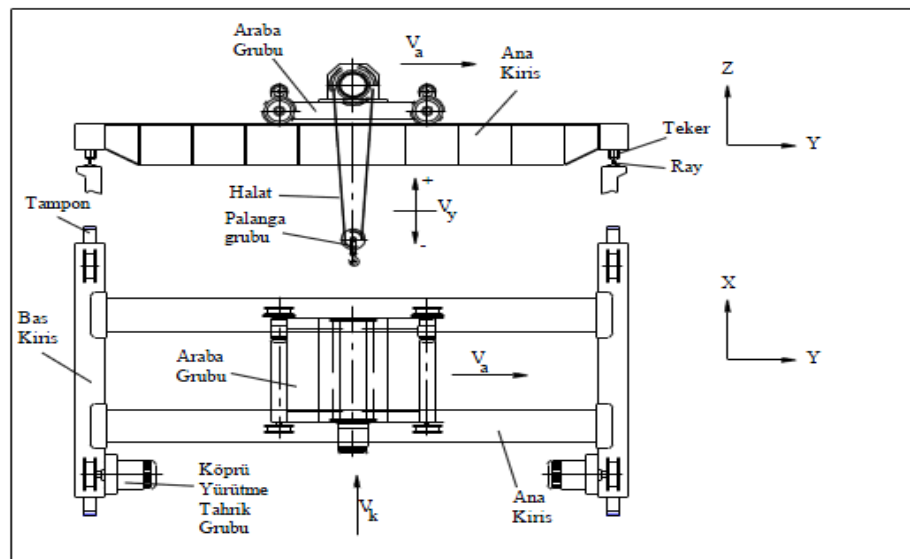


Şekil 4.2 Monoray köprülü kren

(M. E. Boğoçlu, A. Sağırılı, C. O. Azeloğlu, Transport Tekniği Ders Notları, s.11)

4.1.2 Çift Kirişli Köprülü Krenler

En çok kullanım alanına sahip krenlerdir. Üzerlerine farklı ekipmanlar monte edilerek, geniş bir kullanım alanı sunmaktadırlar. (M. E. Boğoçlu, A. Sağırılı, C. O. Azeloğlu, Transport Tekniği Ders Notları)



Şekil 4.3 Çift kirişli köprülü kren

(M. E. Boğoçlu, A. Sağırılı, C. O. Azeloğlu, Transport Tekniği Ders Notları, s.12)

4.2 Kren Hesabında Sisteme Etkiyen Yükler

Gezer ve portal krenlerin hesabında DIN 15018'e göre esaslar gözeltir. Taşıyıcı sistemlerin hesaplanmasında, bir krenin işletmesi esnasında meydana gelen zorlamaları göz önünde bulundurulmalıdır. Bu zorlamalar aşağıdaki belirtilen yüklerin sonucunda ortaya çıkar.

- Duruş halindeki krenin taşıyıcı sisteminin (en uygunsuz yükleme halindeki) esas yükler,
- Düşey hareketten meydana gelen yükler,
- Yatay hareketten meydana gelen yükler,
- Hava şartlarından “iklim etkisi ile” meydana gelen yükler olarak gruplandırabiliriz.

4.2.1 Esas (ana) Yükler

Bir krene etkiyen ana yükler taşıyıcı sistem elemanlarının kendi ağırlığından gelen yükler ve işletme yükü (hareketten doğan) yüklerdir. Taşıyıcı sistem elemanlarının “kendi ağırlıklarından” gelen yükler için, (DIN 15018 Tablo-2) de “yürütme hızlarına ve hareket yollarının düzgünlük durumlarına göre” (çubuk kuvvetleri, eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri ile çarpılan) kren yük katsayıları “ \square ” olarak verilmiştir. Sabit yükün bir kısmı uniform yayılı yük olarak kabul edilirler, diğer kısmı münferit yük olarak tesir eder (C. E. İmrak, İ. Gerdemeli, Tansport Tekniği).

4.2.2 Düşey Hareketlerden Gelen Yükler

Bu yükler, işletme yükünün (kaldırılan yükünün) az veya çok sarsıntılı olmasından ve kaldırma hareketinin ivmeli bir hareket oluşundan ortaya çıkan ilave yüklerdir. Bu nedenle (DIN 15018, Tablo-3) de “yük kaldırma hızlarına göre” yük kaldırma katsayıları ψ olarak verilmiştir. İşletme yükünün “büyütülmesi” için kullanılan bu “ ψ ” katsayısı ile çubuk kuvvetleri, kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri çarpılır. (C. E. İmrak, İ. Gerdemeli, Tansport Tekniği)

4.2.3 Yatay Hareketlerden Gelen Yükler

Hareket eden kısımların hareketinden veya frenlenmesinden meydana gelen ivmeli hareketlerin (atalet kuvvetlerinin), çeşitli taşıyıcı sistem elemanları üzerine gelen ilave yan yüklerdir.

4.2.4 Hava Şartlarından Meydana Gelen Yükler

Hava şartlarından meydana gelen yüklemeler, rüzgar, kar ve sıcaklık değişimleri nedeniyle meydana gelirler. Rüzgarın bütün yönlerden esmesi hallerinde dahi yatay olarak etki yaptığı kabul edilir. Rüzgarın etkisi krenin yapı şekline bağlıdır. Bir taşıyıcı sistem elemanın üzerine düşen rüzgarın etkisi bir kuvvettir. Bunun rüzgar yönündeki bileşeni:

$$P=c \cdot A \cdot q \quad (4.1)$$

P : Rüzgar kuvvetinin bileşkesi (daN)

c : Aerodinamik bir katsayısı, (Bu katsayı taşıyıcı sistem elemanların şekline bağlıdır.) c katsayıları; Kafes kirişlerde $c=1,6$; Dolu gövdeli veya kutu kirişlerde $c= 1,2$ ile $1,6$; Boru kafes kirişlerde ve daire kesitli elemanlarda $c=0,7$ ile

A : Rüzgar yönüne dik düzlemdeki taşıyıcı sistem yüzeylerinin izdüşümü (m^2)

Q : Dinamik basınç (daN/m^2) $q=(V_{rüz})^2 / 16$ (daN / m^2)

V_{rüz} : (m / s) rüzgar hızıdır.

4.3 Yükleme Durumu Grupları

Krenlerin hesaplanmasında ilk adım yükleme durumuna göre grubun seçilmesidir. Seçilen yükleme durumu gruplarına göre eğilme gerilmesi hesapları yapılır. Yükleme durumu iki gruba ayrılır. Bunlar da **H** ve **H_z** yükleme durumlarıdır.

4.3.1 *Yükleme Durumu H*

H yüklem durumunda, bütün esas (ana) kuvvetlerin aynı anda en uygunsuz konumda etkilediği kabul edilir. Bu grup yüklemde ana kuvvetler:

- Elemanların kendi ağırlıklarından doğan statik yükler. (Statik yük kavramından, şiddetleri ve tatbik noktaları değişmeyen kuvvetler anlaşılır, örneğin köprünün kendi ağırlığı gibi).
- Hareketli yük (dinamik yük) kavramından, işletme (bir makinanın çalışması) sırasında şiddetleri ve / veya tatbik noktaları değişebilen kuvvetler anlaşılır. İşletme sırasında meydana gelen kütle (atalet) kuvvetleri de bu gruba girer.
- Özel hallerde göz önüne alınan sıcaklık değişmelerinden doğan gerilmeler de; yüklem durumu H grubuna girer.

4.3.2 *Yüklem Durumu Hz*

Hz yüklem durumunda ise ana kuvvetler ile ilave kuvvetlerin aynı anda en uygunsuz şartlarda etkilediği kabul edilir. Kısacası ($H_z = H + \text{ilave kuvvetler}$ dir.)

4.3.3 *İlave Kuvvetler*

Krenlerin hesaplanmasında Hz grubunda yer alan bu kuvvetler; rüzgar yükü, durdurma hareketinden doğan fren kuvveti, yatay yanal kuvvetlerdir.

Rüzgar yükü; Krendeki rüzgar yükü, bunun toplamı formuna bağlı olarak, yüzeylerinden her birine dikey tesir ettiği kabul olunan basınçların toplamından ibarettir. Rüzgar yükü, rüzgarın hızına, kirişin formuna ve rüzgar etki yüzeyinin büyüklüğüne bağlıdır.

Fren kuvveti; Yürüme doğrultusunda ray üstü yüzeyi yüksekliğinde etki eden en büyük fren kuvveti, sürtünme katsayısı $\mu= 1/7$ alındığında, frenlenen bütün tekerlekleri yükün $1/7$ 'sine eşit alınmalıdır.

Yatay yan kuvvetler; Köprülerde, iki köprü yolunda her birinden, hareket doğrultusuna dikey olarak etki eden yatay diğer bir kuvvet vardır. Bu yatay kuvvetin şiddeti, yüklü arabanın en uygunsuz durumundan, köprü yolu tarafında hasıl olan tekerlek yüklerinin $1/10$ oranına eşit alınmalıdır. Bu yatay yan kuvvete, araba hareketindeki fren kuvvetleri dahildir.

4.4 Genel Emniyet Gerilme Değerleri

DIN 15018 de yükleme durumları (H ve Hz) gruplarına göre genel emniyet gerilme değerleri verilmiştir. Aşağıdaki tabloda çok kullanılan St 37 ve St 52-3 malzemelerinin gerilme emniyet değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Genel emniyet gerilme değerleri (İ. Gerdemeli Transport Tekniğinde İleri Konular s.8)

Malzeme	DIN	Yükleme Durumu	Çekme emniyet gerilmesi σ_{em} N/mm ²	Basma emniyet gerilmesi σ_{em} N/mm ²	Kayma emniyet gerilmesi τ_{em} N/mm ²
St 37	DIN 17100	H	160	140	92
St 37	DIN 17100	Hz	180	160	104
St 52-3	DIN 17100	H	240	210	138
St 52-3	DIN 17100	Hz	270	240	156

4.5 Taşıyıcı Elemanların Yük Durumuna Göre Eğilme Gerilmeleri

Eğilme gerilmesi, H yük durumuna:

$$\sigma_H = \frac{\varphi \cdot M_T + \psi \cdot M_K}{W_Z} + \frac{M_{AT}}{W_Y} \quad (4.2)$$

Eğilme gerilmesi, Hz yük durumuna göre;

$$\sigma_{Hz} = \sigma_H + \frac{M_R + M_Y}{W_Y} \quad (4.3)$$

dir. Bu denklemden de görüldüğü gibi Hz yük durumunda eğilme gerilmeleri;
 $\sigma_{Hz} = \sigma_H +$ (rüzgar ve yan ilave yüklerden gelen eğilme gerilmelerin toplamıdır.)

M_R rüzgar kuvvetlerinden ve M_Y yan ilave yüklerinden gelen eğilme momentleridir.

4.6 Kren Hesabındaki Katsayılar

4.6.1 Kren Yük Katsayısı \square

Krenlerin taşıyıcı elemanlarının yürüme yolları üzerinde hareketleri sırasında, seyir hızlarına (m/dak.) ve hareket yollarının pürüzlük durumlarına göre; kendi ağırlıkları sebebiyle ortaya çıkan kuvvet ve momentlerin zati ağırlık katsayısı “ \square ” ile çarpılması gerekir (Tablo-4.2.)

Tablo 4.2 Kren yük katsayısı “ φ ”(İ. Gerdemeli Transport Tekniğinde İleri Konular s.9)

Hareket hızı v [m/dak]		Zati ağırlık katsayısı φ
Hareket yolları rayları		
Düzensiz olmayan veya pürüzlü	Düzensiz veya kaynaklı(işlenmiş)	
60 a kadar	90 a kadar	1.1
61–200	91-300	1.2
200 den fazla	–	≥ 1.2

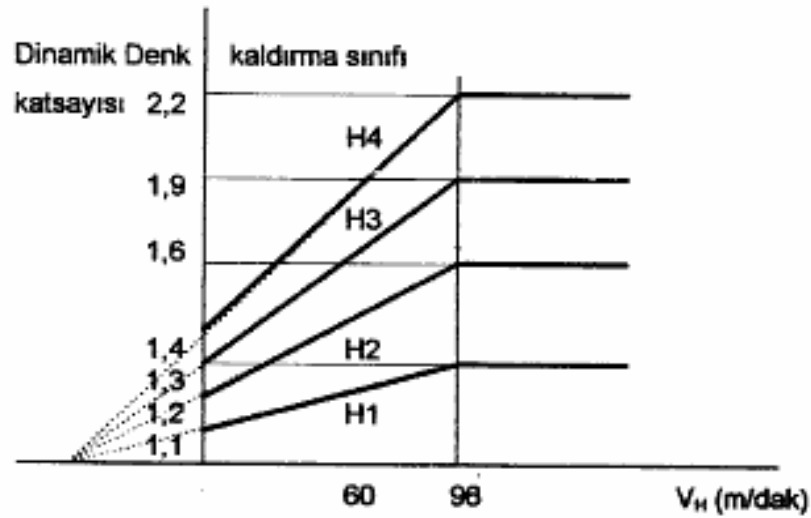
4.6.2 Kaldırma Yükü Katsayısı ψ

Bu yükler, yukarıda açıklandığı gibi, işletme yükünün (kaldırılan yükünün) az veya çok sarsıntılı olmasından ve kaldırma hareketinin ivmeli bir hareket oluşundan

ortaya çıkan ilave yüklerdir. Bu nedenle DIN 15018'den Tablo-4.3. de “yük kaldırma hızlarına (V_k) ve kaldırma sınıfları (H1, H2, H3 ve H4) göre” yük kaldırma katsayıları ψ olarak verilmiştir (Şekil-4.4.). İşletme yükünün “büyütülmesi” için kullanılan bu “ ψ ” katsayı ile çubuk kuvvetleri, kesme kuvvetleri veya eğilme momentleri çarpılır.

Tablo 4.3 Yük kaldırma katsayısı “ ψ ” (İ. Gerdemeli Transport Tekniğinde İleri Konular s.9)

Kaldırma Sınıfı	Kaldırma hızları V_k [m/dak]	
	90 m/dak kadar	90 m/dak üstü
H1	$1.1+0.0022 V_k$	1.3
H2	$1.2+0.0044 V_k$	1.6
H3	$1.3+0.0066 V_k$	1.9
H4	$1.4+0.0088 V_k$	2.2



Şekil 4.4 Kaldırma yük katsayıları [DIN 15018 kısım1]

Yük kaldırma katsayısı seçiminde bahsi geçen kaldırma sınıfları, relatif çalışma süresi, yükleme durumu ve tekrarına göre 4 grupta Tablo-4.4.'de verilmiştir.

Tablo 4.4 Krenlerin gruplandırılması ve kaldırma sınıfları

(İ. Gerdemeli Transport Tekniğinde İleri Konular s.10)

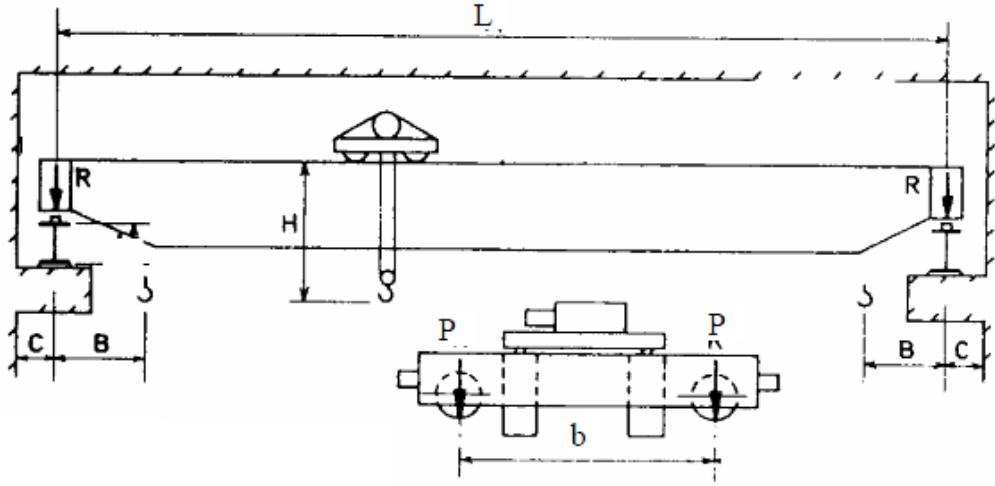
Gruplar	Relatif işletme süresi	Relatif yük	Yük tekrarı
1	Küçük	Küçük	Normal
2	Büyük Küçük Küçük	Küçük Büyük Küçük	Normal Normal Kuvvetli
3	Büyük Büyük Küçük	Küçük Büyük Küçük	Normal Kuvvetli Kuvvetli
4	Büyük	Büyük	Kuvvetli

Yaygın olarak kullanılan bazı krenlerin Tablo-4.4. de verilen grup numarasına göre kaldırma sınıfları aşağıda Tablo-4.5.'de verilmiştir.

Tablo 4.5 Çeşitli krenler ve kaldırma sınıfları (İ. Gerdemeli Transport Tekniğinde İleri Konular s.10)

No	Kren çeşiti	Kaldırma Sınıfı
1	Küçük motorlu kaldırma makinaları ve el krenleri	H1
2	Elektrik santral krenleri	H1 ve H2
3	Lokomotif kaldırma krenleri	H2
4	Hafif yük kaldıran atölye ve ambar krenleri	H2 ve H3
5	Ağır yük kaldıran atölye ve ambar krenleri	H2
6	Montaj krenleri	H1 ve H3
7	Dökümhane krenleri	H2 ve H3
8	Perçinli krenler	H2 ve H3
9	Tersane krenleri	H2
10	Ağır yük krenleri	H1 ve H2
11	Döner krenler, taklı krenler, yüzer krenler - kancalı	H2
12	Döner krenler, taklı krenler, yüzer krenler - kepçeli	H2 ve H3
13	Yükleme köprüleri, kablo krenler - kancalı	H2
14	Yükleme köprüleri, kablo krenler - kepçeli	H2 ve H3
15	Kiper (külbüter, basküler) köprüleri	H3
16	Yer üstü ve yer altı yapım işlerindeki kuleli krenler	H1 ve H2
Maden istihaf tesisatında kullanılan özel krenler		
17	Hafif krenler, montaj krenleri, vals değiştirme krenleri	H1 ve H3
18	Doldurma makinaları	H3 ve H4
19	Çelik profil taşıma krenleri (kısaçlı)	H2 ve H4
20	Kokil ve blok krenleri	H2 ve H3
21	Karıştırıcılar ve döküm krenleri	H3
22	Yer altı fırın krenleri	H3 ve H4
23	Stipper krenleri	H4
24	Şahmerdan krenleri	H2 ve H4

4.7 Kutu Kiriş Hesapları



Şekil 4.5(İ. Gerdemeli Transport Tekniğinde İleri Konular s.6)

- Q : Kaldırma yükü
 L : Kiriş uzunluğu
 P : Teker yükü
 q : Yaylı yük
 b : Tekerler arası mesafe
 G_1 : Köprünün zati ağırlığı
 G_0 : Araba ağırlığı

$$G_1 = q_1 \cdot L \quad (4.4)$$

$$P = \frac{Q + G_0}{4} \quad (4.5)$$

4.7.1 Kiriş Momentleri Ve Gerilmeleri

4.7.1.1 Ana Kuvvetlerden Meydana Gelen

$$\text{Kendi ağırlığından} : M_g = \frac{q \cdot L^2}{8} \quad (4.6)$$

$$\text{Teker yükünden} : M_p = P \frac{L-b}{2} \quad (4.7)$$

Dikey ana kuvvetlerden 2 moment meydana gelir. Toplam maksimum moment, yük kaldırma katsayısı ψ ile kren yük katsayısı φ göz önünde bulundurulmalıdır.

$$M_{x \max} = \varphi \cdot M_g + \psi \cdot M_p \quad (4.8)$$

Bu momentten ortaya çıkan maksimum gerilme değeri aşağıdaki gibidir.

$$\sigma_{x \max} = \frac{M_{x \max}}{W_{\max}} \quad (4.9)$$

4.7.1.2 Yan Kuvvetlerden Meydana Gelen

P tekerlek yükü ve G_1 ağırlığından meydana gelen yan atalet kuvvetleri, DIN 15018'e göre ağırlıkların 1/14'ü civarındadır.

$$M_g = \frac{q \cdot L^2}{8 \cdot 14} \quad (4.10)$$

$$M_p = P \frac{L-b}{2 \cdot 14} \quad (4.11)$$

Aynı zamanda rüzgar kuvvetinden;

$$M_R = \frac{A_{rüz} \cdot W \cdot L}{8} \quad (4.12)$$

$A_{rüz}$: Rüzgar etki alanı

W : Rüzgar basıncı

Toplam maksimum yatay moment,

$$M_{y \max} = M_g^* + M_P^* + M_R \quad (4.13)$$

Gerilme;

$$\sigma_{y \max} = \frac{M_{y \max}}{W_{\max}} \quad (4.14)$$

Toplam gerilme de aşağıdaki gibi olmalıdır

$$\sigma_1 = \sigma_{x \max} + \sigma_{y \max} < \sigma_{em} \quad (4.15)$$

Portal krenlerde, sadece zati ağırlıkta meydana gelen M_g momentinin değeri değiştirilir.

$$M_g = \frac{g \cdot L}{8} \left[1 - \frac{4 \cdot \left(\frac{L}{4} \right)^2}{L^2} \right] \quad (4.16)$$

4.7.2 *Sehim Hesabi*

$$f_{em} > f_q + f_y \quad (4.17)$$

$$f_{em} = \frac{L}{1000} \quad [\text{mm}] \quad (4.18)$$

f_q : Zati ağırlığın oluşturduğu sehim

f_y : Yükün oluşturduğu sehim

$$f_q = \frac{5 \cdot G_T \cdot L^3}{384 \cdot E \cdot I_X} \quad (4.19)$$

$$f_y = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_X} \quad (4.20)$$

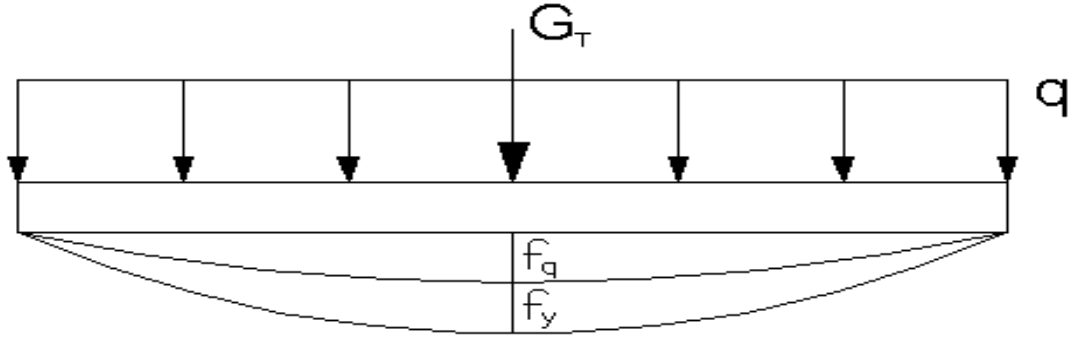
$$G_T : G_T + G_0 = 1.13 \cdot g \cdot L \quad (4.21)$$

E : Elastikiyet modülü

$$\frac{5 \cdot G_T \cdot L^3}{384 \cdot E \cdot I_X} + \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_X} - \frac{L}{1000} \leq 0 \quad (4.22)$$

bulunan sehim değeri bu eşitliği sağlamalıdır. Portal krenlerde sehim değeri f_q aşağıdaki şekilde alınır.

$$f_q = \frac{G_T \cdot L^3}{16 \cdot E \cdot I_X \cdot L^2} \left(\frac{5}{24} - \frac{\left(\frac{L}{4}\right)^2}{L^2} \right) \quad (4.23)$$



Şekil 4.6 Köprü kirişi toplam sehimi (İ. Gerdemeli Transport Tekniğinde İleri Konular s.8)

BÖLÜM BEŞ

CTP PROFİLLERİN TASARIM, İMALAT VE MONTAJI

5.1 CTP Profillerin Tasarımı

Bu çalışmada kullanılacak profillerin tasarımı yapılırken öncelikli olarak kren ana taşıyıcısı olarak kullanılabilen kompozit malzemeler gözden geçirilmiştir. Burada kriter olarak, kullanılacak malzemenin mekanik özelliklerinin iyi olması, işlenebilirliğinin iyi olması, belirli standartlarda üretiliyor olması, montaj kolaylığı açısından hafif olması ve korozyon direnci gibi özellikleri gözden geçirilmiştir. Yapılan araştırmalar ve çalışmalar incelenerek, cam elyaf takviyeli plastiklerin kullanılmasına karar verilmiştir. Kren ana kirişi olarak kullanılacak olması sebebi ile pultrüzyon yöntemiyle üretilmiş CTP profiller tercih edilmiştir.

Pultrüzyon yöntemiyle üretilmiş CTP profiller, mukamevet değerleri, elastisite modülleri, korozyon dayanımları yüksek, işlenebilirliği kolay, maliyetleri düşük malzemelerdir. Bütün bu özellikleri sebebiyle inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan malzemelerdir.

Krenler ağır çalışma koşulları altında çalışan kaldırma makineleridir. Krenlerin istenen koşullarda verimli çalışabilmesini etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesi de kren üzerindeki titreşimin olabildiğince minimum değerde tutulmasıdır. Krenlerde oluşan titreşimin kaynağı kren ana kiriş sehiminin yüksek olmasıdır. Titreşimin azaltılmasının yolu sehim değerini düşürmekten geçmektedir.

Krenlerde belirlenecek olan sehim değeri $L/1000$ olarak tavsiye edilmekle beraber, konstrüktörün inisiyatifine bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada sehim değeri $L/1000$ olarak kabul edilmiştir.

Kutu profil ana taşıyıcı kiriş tasarımı yapılırken belirlenen sehim değerini karşılaması amacı ile atalet momentlerinin mümkün olduğunca yüksek olması

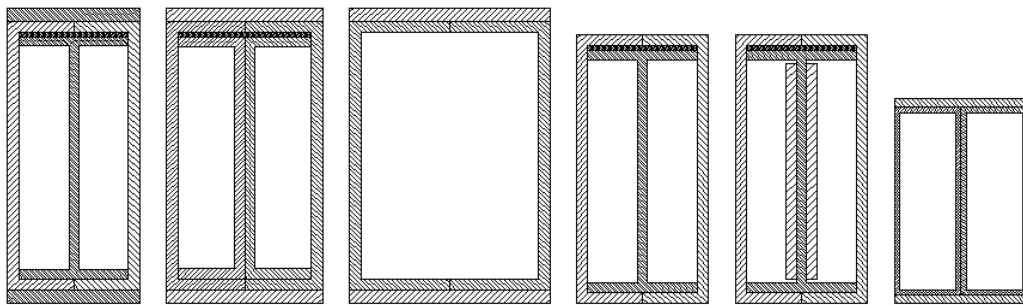
gerekmektedir. Bu amaçla pultruzyon yöntemiyle CTP profil üretimi yapan firmalarla görüşülerek, standart olarak üretilen CTP kutu profil ebatları alınmıştır. (Şekil 5.1)

Profil tipi Profile type	H (mm)	W (mm)	S (mm)	Ağırlık Weight (Kg/m)
□	60	120	4.5	2.917
□	74	74	3	1.576
□	74	74	6	2.987
□	90	90	4	2.426
□	115	38	3	1.445
□	120	120	4	3.252
□	140	50	4	3.100

Şekil 5.1 Standart olarak üretilen profil ebatları

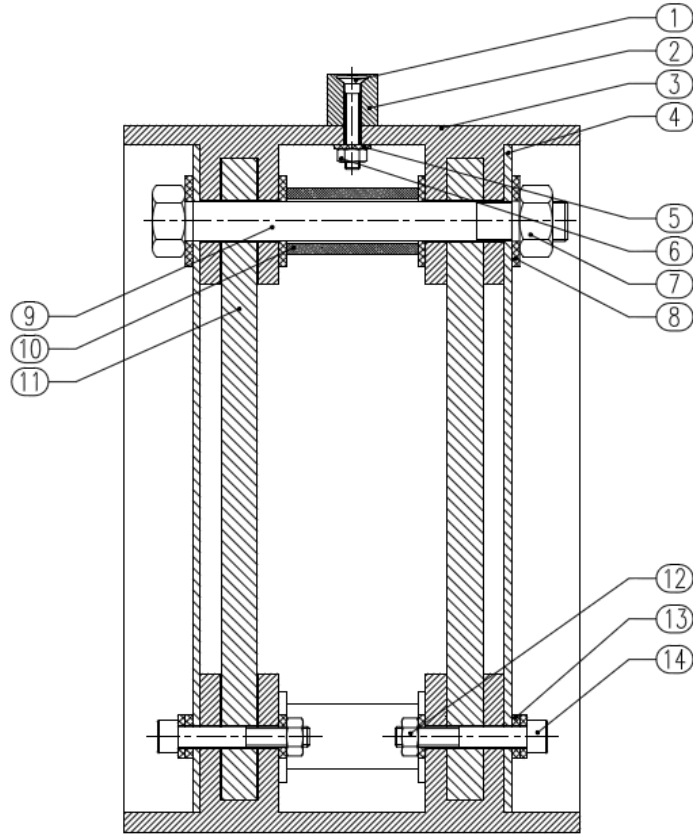
(<http://www.armaplast.com.tr/2006/profiller/kutu.html>)

Üretimi yapılan CTP kutu profiller incelendiğinde ebatların küçük olması sebebi ile atalet momenti değerlerinin küçük olduğu görülmüştür. Daha yüksek atalet momenti değerleri elde edilmesi amacıyla farklı profillerin birleştirilmesiyle kutu profil oluşturulması yoluna gidilmiştir.



Şekil 5.2 Farklı profil tiplerinin birleştirilmesiyle oluşan kutu profiller

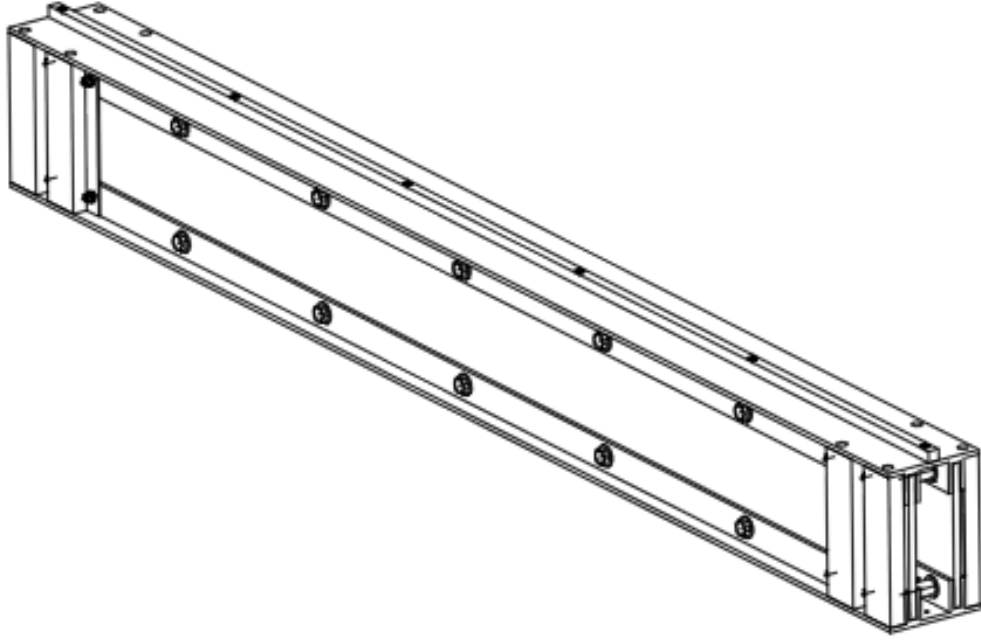
Üretici firmayla yapılan görüşmeler neticesinde farklı tipteki özel bir profil olan “Double T” profil kullanılması kararlaştırılmıştır. Bu profilin ara bir lama malzeme ile birleştirilmesi suretiyle ana taşıyıcı kiriş olarak kullanılacak olan kutu profil elde edilmiştir.



14	16	M8 Imbus Civata	DIN912	—	—	—	—
13	48	M8 Rondela	MD6	—	—	—	—
12	8	M8 Somun	KM6	—	—	—	—
11	4	Kompozit Ara Lama		—	2500x254x14	—	—
10	14	Ara Bağlantı Parçası	ST37	—	∅26x∅18x52	—	—
9	14	M16 Altıköşe Anahtar Ağizli Civata	DIN931	—	—	—	—
8	56	M16 Rondela	MD6	—	—	—	—
7	28	M16 Somun	KM6	—	—	—	—
6	6	M6 Somun	KM6	—	—	—	—
5	5	M6 Rondela	MD6	—	—	—	—
4	4	Yan Bağlantı Saçları	ST37	—	2500	—	—
3	4	Double T Kompozit Profil	—	—	2500	—	—
2	2	Ray	ST37	—	2500x20x20	7.85KG	—
1	5	M6 Havaş Başlı Civata	DIN7991	—	—	—	—
Parça No	Adet	İsim	STD No	Malzeme Cinsi	Kesim Ebadı(mm)	Ağırlık	Açıklama

Şekil 5.3 “Double T” kutu profil montaj kesit resmi

“Double T” kutu profil oluşturulmasında araya yerleştirilecek olan lama malzeme için uygun ebatlarda pultruzyon yolu ile üretilmiş lama profil olmaması nedeniyle lama malzemesi olarak su kontraplağı kullanılmasına karar verilmiştir.

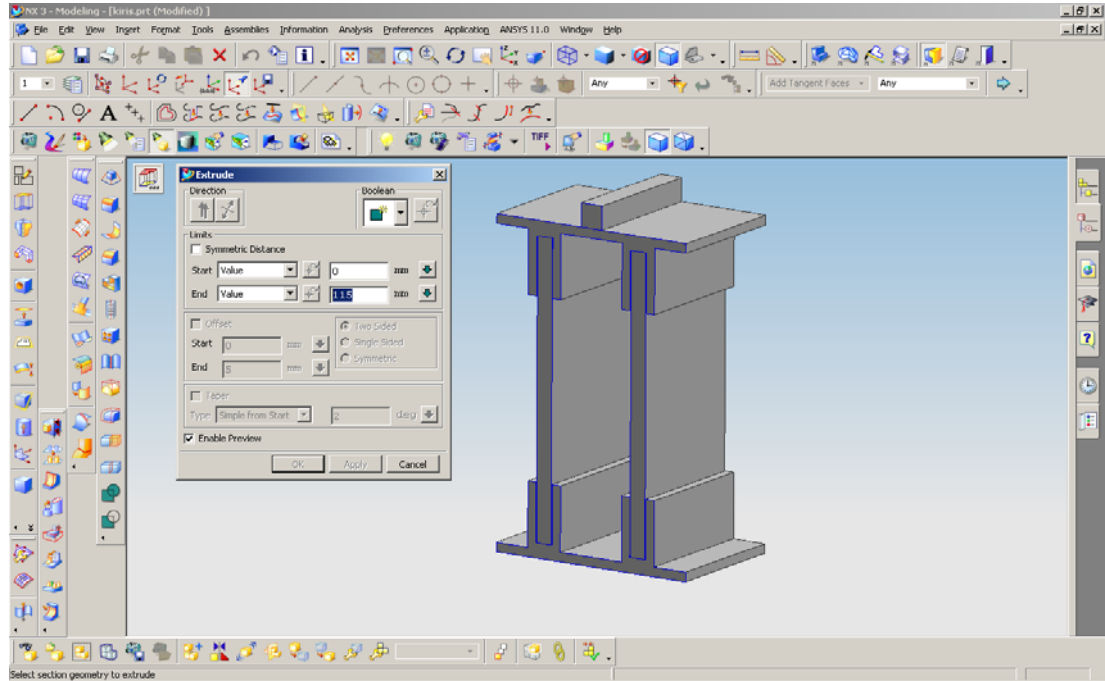


şekil 5.4 “Double T” Profil montajlanmış hali

Kontraplaklar odun liflerinin fenolik yapıştırıcılar ile birleştirilerek preslenmesiyle oluşan kompozit malzemelerdir. Burada su kontraplağı elastisite modülünün CTP malzemeye yakın değerlerde olması, hafiflik, kolay işlebilirlik, suya ve neme yüksek dayanıklılık gibi sebeplerden dolayı tercih edilmiştir.

5.1.1 CTP Kutu Profillerin Modellenmesi

CTP kutu profiller modellenmesi Unigraphics 3.0 versiyonunda yapılmıştır. Basic line komutu ile belirlenen ldeki profillerin kesiti çizilerek, extrude komutuyla kesite derinlik verilmiştir.(şekil 5.5)

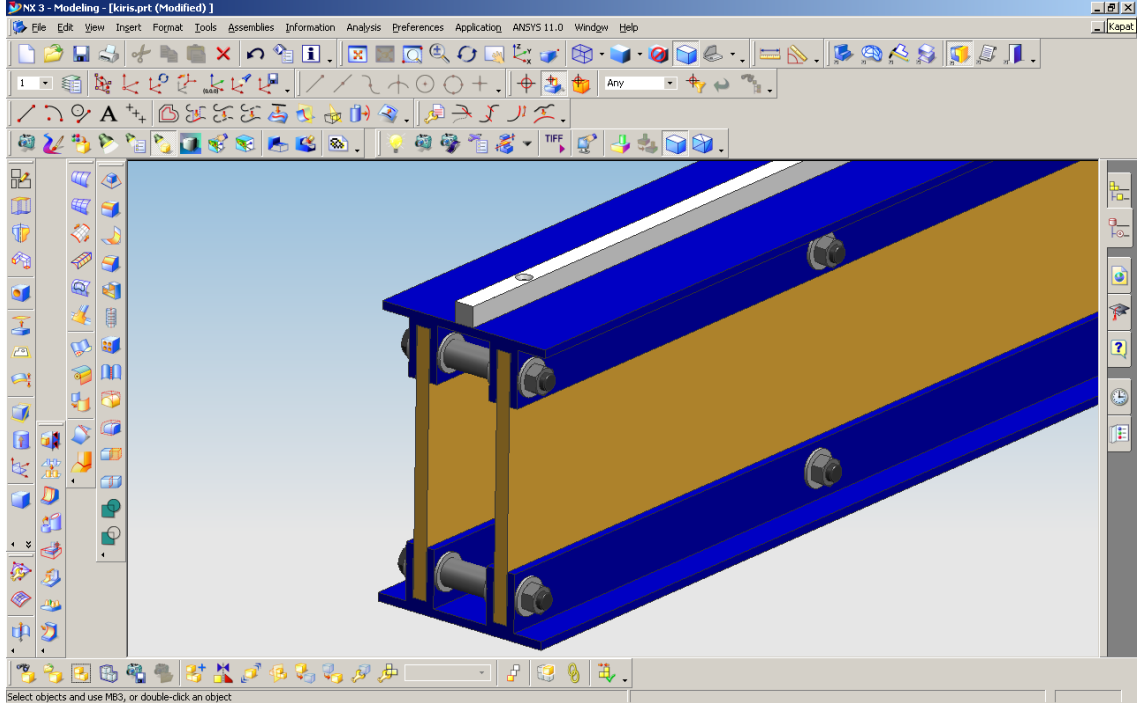


Şekil 5.5 “Double T” Profilin NX 3.0 programıyla modellenmesi

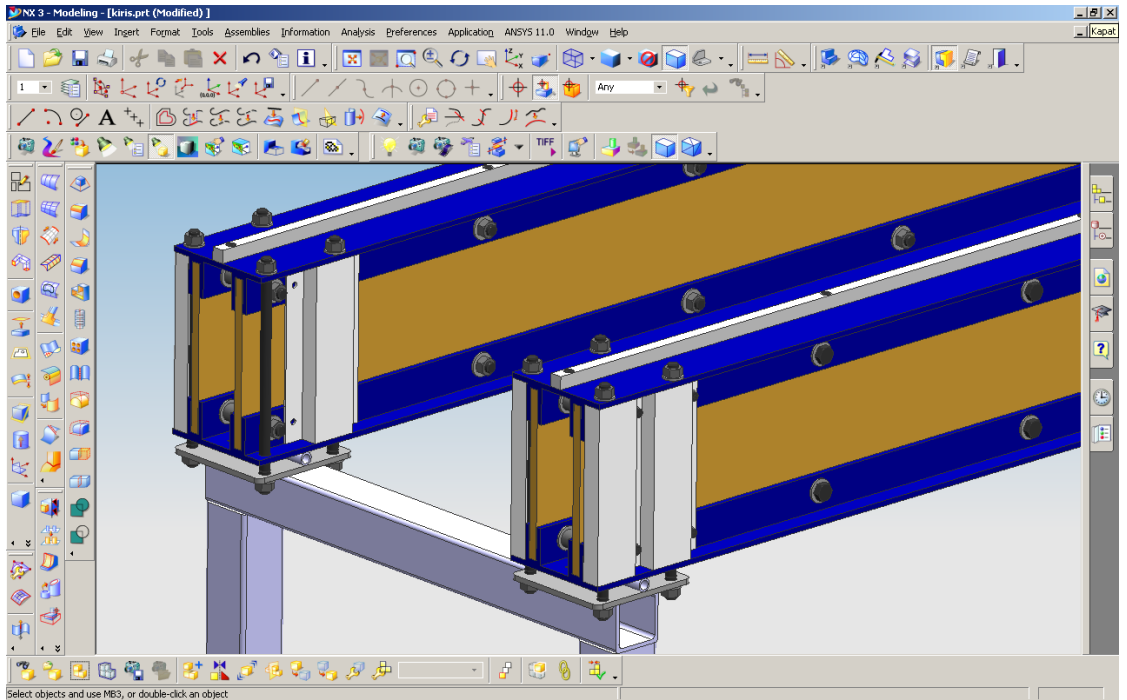
“Double T” ve kontrplak malzemenin bağlantısında, ana kirişin taşıyabileceği yük değerlerini arttırmak amacıyla civata somun bağlantısı kullanılmıştır. Her iki kanat arasına civatanın geçebileceği şekilde boru malzeme yerleştirilmiş, borunun, civatanın ve somunun CTP profile temas ettiği alınlara büyük çaplı rondelalar yerleştirilmiştir. Bu sayede profilin montaj esnasında civatanın aşırı sıkılmasıyla deforme olması engellenmiş, kullanılan rondelalar vasıtasıyla civatanın sıkma kuvvetinden doğan basıncın daha geniş bir yüzeye yayılması sağlanmıştır. Ayrıca civataların gevşemesini engellemek amacıyla somunların ön kısmında yaylı rondelalar kullanılmıştır. Şekil 5.6’te “Double T” ve kontrplak malzemenin montajı gösterilmiştir.

“Double T” ve kontrplak malzemeyle birleştirilen profillerin daha önceden imalatı yapılan sehpa üzerine yerleştirilebilmesi için uygun eksende delikler delinmiştir. Profillerin sehpa üzerine montaj yapılacak olan kısmına aşırı sıkmadan kaynaklanan deformasyonu önlemek amacı ile özel olarak şekil verilmiş sac parçalar montaj edilmiştir. Bu sayede profillerin sehpa üzerine montajı esnasında civata somun

bağlantısının aşırı sıkılmasıyla oluşabilecek, çatlak kırık vs. gibi hasarların önüne geçilmiştir. Şekil 5.7’te profillerin sehpa üzerine montajı gösterilmiştir.



Şekil 5.6 “Double T” ve Kontrplak malzemenin montajı



Şekil 5.7 “Double T” kutu profillerin sehpa üzerine bağlantı noktalarının oluşturulması

5.1.2 CTP Kutu Profillerin İmalat ve Montajı

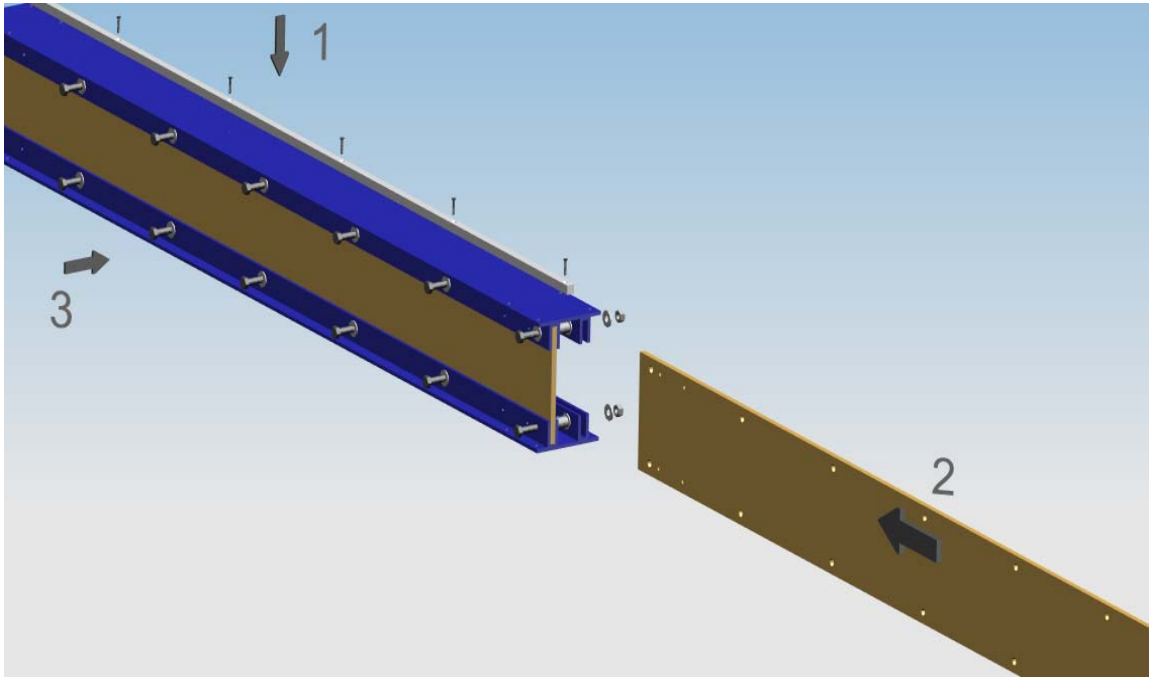
Modelleme işlemi tamamlanan CTP kutu profillerin imalatı için teknik resimleri AUTOCAD 2008 programı kullanılarak hazırlanmıştır.

Hazırlanan imalat resimlerine göre profillerin boyları kesilmiştir. Daha sonra profiller istenilen şekilde montaj edilerek mengeneler yardımıyla birbirine bağlanmıştır. Bu aşamada “Double T” profil ile kontraplak malzemenin bağlantısını sağlayacak olan civata delikleri bohrwerk tezgahında delinmiştir. Burada delikler, profiller montaj edilmiş şekilde aynı anda delinerek, delik eksenlerinde bir eksenel kaçıklık oluşması engellenmiştir. Yine aynı şekilde profilin sehpaye bağlanacağı delikler bohrwerk tezgahında aynı anda delinmiştir. (Şekil 5.8)



Şekil 5.8 “Double T” profiller üzerindeki deliklerin delinmesinde kullanılan bohrwerk tezgahı.

Delik işlemleri tamamlandıktan sonra profillerin montajına başlanmıştır. Öncelikli olarak arabanın hareket edeceği raylar “Double T” kompozit üzerine yerleştirilerek montajı yapılmıştır. Daha sonra kontraplaklardan bir tanesi iki “Double T” profil arasına yerleştirilmiştir. Civatalar, borwerk tezgahında delinen deliklerden geçirilerek, araya boru malzeme yerleştirilip, civatalar ilerletilerek ikinci delik kısmında kanalı kapatmayacak şekilde bırakılmıştır. Civataların hepsi bu şekilde ayarlandıktan sonra ikinci kontraplak malzeme, “Double T” profilin ikinci kısmındaki kanala yerleştirilmiştir. Delik eksenleri kontrol edilerek, ikinci kanalı kapatmayacak şekilde bırakılan civatalar ilerletilerek, somunlar takılmıştır. Civata ve somunların önlerine kompozitin zarar görmesini engellemek amacı ile büyük çaplı rondelalar yerleştirilmiştir.(Şekil 5.9)



Şekil 5.9 “Double T” kutu profillerin montaj aşamaları



Şekil 5.10 “Double T” kutu profillerin sehpa üzerine bağlantı noktalarının oluşturulması

5.2 Araba Tasarımı ve İmalatı

DeneySEL çalışmalarında kullanılması amaçlanan krenin tipi, CTP malzemedен imal edilerek konstrüksiyonda ana kiriş olarak kullanılacak profillerin tüm kesit alanında oluşacak gerilme dağılımı ve dolayısı ile yüksek taşıma kapasitesi amaçlanarak çift kiriş gezer köprülü krenler için tasarlanacak kaldırma makinası tipine karar verilmiştir. Tasarım yapılırken kaldırma makinasının oturtulacağı araba çerçevesinin boyutlarının laboratuvar içerisinde kullanım ve montajına izin verecek ölçülerde olması hedeflenerek mümkün olan minimum ölçülerde tutulmuş ayrıca kaldırma makinasının 500 kg kaldırma kapasitesinde olması uygun görülerek araba tekerlek açıklığı 700 mm olarak belirlenmiştir (C. Kara, 2008 s.94).

Arabanın tasarımına öncelikle makina parçalarının 500 kg kaldırma kapasitesi için uygun boyutların belirlenmesi ile başlanmıştır. Parçalar için uygun boyutların hesaplanmasında kaldırma makinaları için DIN standartlarıncа verilen hesaplar esas tutulmuştur (C. Kara, 2008 s.94).

5.2.1 Araba Teknik Değerleri

İmalatı yapılacak kaldırma makinası orta büyüklükteki yük kolektifinde çalışması düşünülerek DIN1501'e göre 2m çalışma sınıfında yer alacağı belirlenmiştir.

Tablo 5.1 Tel halat çapının belirlenmesi için kullanılan veriler(C. Kara, 2008 s.94).

Mekanizma sınıfı	...	2m
Kaldırma yükü(m_L)	kg	500
Araba ağırlığı (m_K)	kg	250

5.2.2 Tel Halat Mukavemet Hesabı

Tel halat çapının tespiti için hazırlanan programdan alınan değerler Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2 Tel halat çapının belirlenmesi için kullanılan veriler(C. Kara, 2008 s.95).

Halat donanımı	...	2/1
Halat sayısı (Z)	...	2
Halat çevrimi	...	1
Halat sistemi verimi (μ)	...	0.98
c katsayısı (DIN15020)	...	0.095
Halat toplam yükü (F_H)	N	5003,1
Halat çekme yükü (F_S)	N	2779.5
Halat tipi	...	6x19Std.Ç.Ö.
Hesaplanan halat çapı(d)(DIN3060)	mm	6
Halat kopma kuvveti(F_{kopma})(DIN3060)	N	19600
Min emniyet katsayısı(S_{min})(DIN15020)	...	4,5
Emniyet katsayısı(S)	...	7,05
$S_{min} \leq S$ ise EMNİYETLİDİR	EMNİYETLİ	

Sistemde kullanılmak üzere DIN3060'da verilen Std. 6x19 çelik özlü 6 mm çapında çelik halat seçilmiştir. Kaldırma makinası için uygun görülen standart tip çelik özlü halat kesiti Şekil 5.11'de görülmektedir (C. Kara, 2008 s.95).



Şekil 5.11 DIN3060'a göre 6x19 Std.çelik halat kesiti

5.2.3 Tel Halat Tambur Mukavemet Hesabı

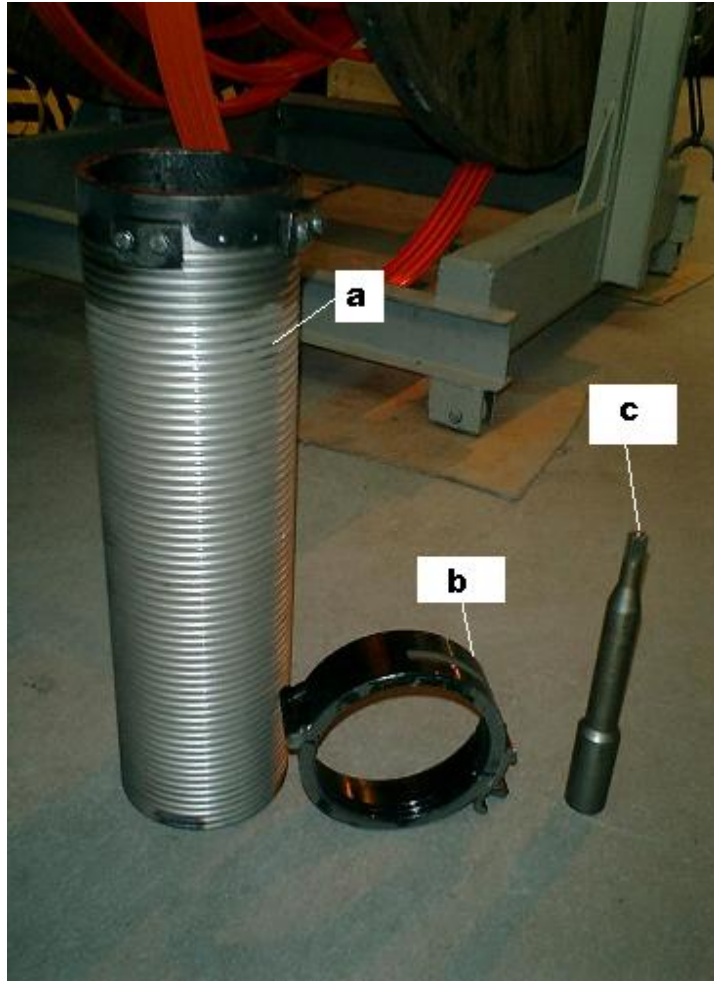
Tel halat tanburu için yapılan mukavemet hesapları ile elde edilen veriler Tablo 5.3'de verilmiştir. Hesaplanan ölçülere göre imalatı yapılacak tanbur için montaj ve imalat resimleri hazırlanmıştır. Tanbur imalat aşamaları Şekil 5.12, Şekil 5.13'de verilmiştir (C. Kara, 2008 s.96).

Tablo 5.3 Tel halat tanburu mukavemet hesabı için kullanılan veriler(C. Kara, 2008 s.96).

Çap faktörü(h_1)(DIN 15020)		18
Çap faktörü(h_2)(DIN 15020)		1
Halat çapı (d)	mm	6
Min. Tambur çapı(D_{min})	mm	108
Seçilen tambur çapı (D_t)	mm	140
$D_{min} \leq D$ ise EMNİYETLİDİR.		EMNİYETLİ
Tmbur Boyu(L)	mm	320
Et kalınlığı(t)	mm	8
Yiv hatvesi(s)	mm	7
Yiv Dibi Çapı(D_d)	mm	134
Tmbur iç çapı (D_i)	mm	96
Ortalama tambur çapı (D_o)	mm	137
Halat Çekme Kuvveti (H_{smax})	N	2779,5
Burulma Momenti(M_t)	Nmm	194565
Eğilme momenti(M_e)	Nmm	214021,5
Burulma Gerilmesi (τ_t)	N/mm ²	1,316177
Eğilme Gerilmesi (σ_b)	N/mm ²	2,895681
Bileşik Gerilme (σ_{Bil})	N/mm ²	3,6853
Tam sarılmamış halde bası gerilmesi (σ_{dA})	N/mm ²	56,2518
Tam sarılmamış halde eğilme gerilmesi (σ_{bA})	N/mm ²	15,3443
Bası Emniyet Gerilmesi (σ_{dem})	N/mm ²	100
Eğilme Emniyet Gerilmesi (σ_{bAem})	N/mm ²	50
$\sigma_{dA} \leq \sigma_{dem}$ ise EMNİYETLİDİR		EMNİYETLİ
$\sigma_{bA} \leq \sigma_{bAem}$ ise EMNİYETLİDİR		EMNİYETLİ



Şekil 5.12 Tanbur gövdelerinin imalat öncesi kılavuzları açılmış (C. Kara, 2008 s.97).



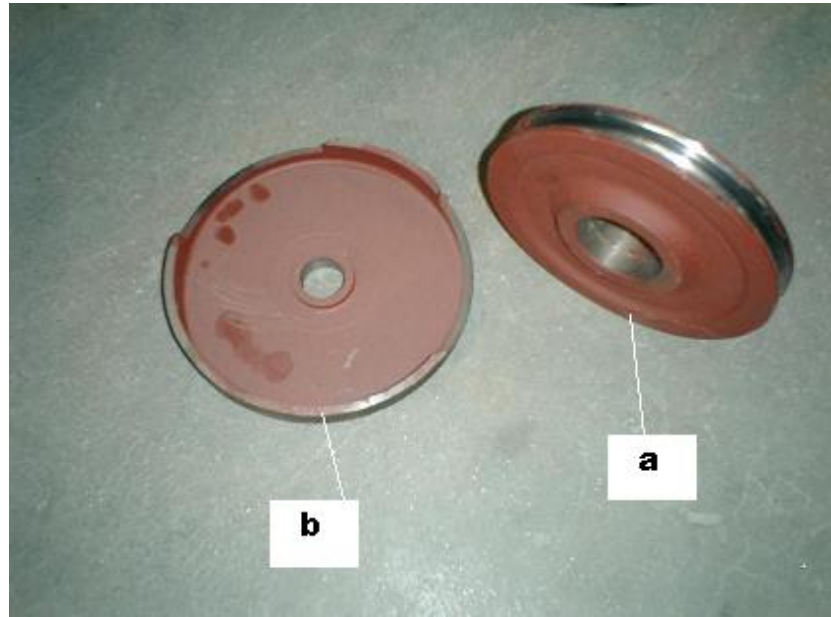
Şekil 5.13 AISI1040 çeliğinden imalatı yapılan tanbur (a), halat kılavuzu (b) ve tahrik mili (c) (C. Kara, 2008 s.97).

5.2.4 Tel Halat Makarası Mukavemet Hesabı

Tel halat makarası (Şekil 5.14) için yapılan mukavemet hesapları ile elde edilen veriler Tablo 5.4'de verilmiştir. Hesaplanan ölçülere göre imalatı yapılacak tel halat makarası için imalat resimleri hazırlanmıştır (C. Kara, 2008 s.98).

Tablo 5.4 Tel halat makarası mukavemet hesabı için kullanılan veriler(C. Kara, 2008 s.98).

Çap faktörü (h1) (DIN15020)	...	20
Çap faktörü (h2) (DIN15020)	...	1
Halat çapı (d)	mm	6
Min. Makara çapı (Dmin)	mm	120
Seçilen Makara çapı (Dk)	mm	136
$D_{min} \leq D$ ise EMNİYETLİDİR	EMNİYETLİ	



Şekil 5.14 Kaldırma makinası için imal edilen tel halat makarası (a) ve Makara bloğu kapağı (b) (C. Kara, 2008 s.98).

5.2.5 Denge Makarası Mukavemet Hesabı

Denge makarası için yapılan mukavemet hesapları ile elde edilen veriler Tablo

5.5’de verilmiştir (C. Kara, 2008 s.99).

Tablo 5.5 Tel halat makarası mukavemet hesabı için kullanılan veriler(C. Kara, 2008 s.99).

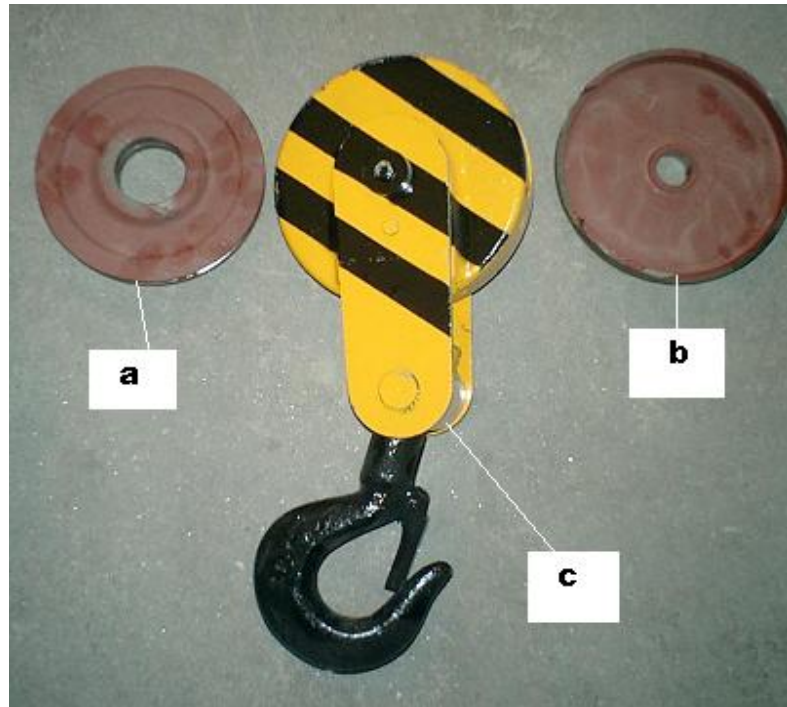
Çap faktörü (h_1) (DIN15020)		14
Çap faktörü (h_2) (DIN15020)		1
Halat çapı (d)	mm	6
Min. Makara çapı (D_{min})	mm	84
Seçilen Makara çapı (D_m)	mm	135
$D_{min} \leq D$ ise EMNİYETLİDİR	EMNİYETLİ	

5.2.6 Kanca Seçimi

Kanca seçimi için yapılan mukavemet hesapları ile elde edilen veriler Tablo 5.6’da verilmiştir (C. Kara, 2008 s.99).

Tablo 5.6 DIN15401’e göre tek ağızlı kanca seçimi için kullanılan veriler(C. Kara, 2008 s.99).

Kanca malzemesi mukavemet sınıfı (DIN15400)	...	P
Standart kanca yükü	kg	500
Uygun en küçük standart kanca no (DIN15401)	DIN15400	Nr.6



Şekil 5.15 Kaldırma makinası için imal edilen tel halat makarası (a) ve Kapağı (b) ile Nr.6 tek ağızlı kanca bloğu konstrüksiyonu (c)(C. Kara, 2008 s.99).

5.2.7 Kaldırma Motoru ve Fren Momenti Hesabı

Kaldırma motoru için yapılan güç hesapları ile elde edilen veriler Tablo 5.7'de verilmiştir.

Tablo 5.7 Kaldırma motoru güç hesapları için kullanılan veriler(C. Kara, 2008 s.100).

Tanbur verimi (η_t)	...	0,98
Tanbur burulma momenti (M_t)	Nmm	194565
Tanbur döndürme momenti (M_d)	Nmm	198535,7
Yük kaldırma hızı (V_H)	m/d	5,1
Halat hızı (V_S)	m/d	10,2
Tanbur devir sayısı (n_T)	d/d	23,19
Tanbur açılma hızı (w_T)	r/sn	2,4285
Halat sistemi verimi (η_s)	...	0,98
Halat sayısı (i_s)	...	2
İvmesiz tam yük momenti; (M_T)	Nmm	182328,7
İvmelenme zamanı (t_A)	s	3
İvmelendirme momenti (M_A)	Nmm	5165,98
Gerekli toplam moment (ΣM)	Nmm	187494,7
Gerekli motor gücü (P_k)	KW	0,4553
Seçilen motor gücü (P_{ks})	KW	0,55
$P_k < P_{ks}$ ise UYGUNDUR	...	UYGUN

Kaldırma sistemi fren momenti için yapılan hesaplar ile elde edilen veriler Tablo 5.8'de verilmiştir. Fren sistemi tanbur mili üzerine montajı yapılmaktadır. Fren sistemini meydana getiren fren diskleri ve gövdesi Şekil 5.14'de, fren sistemi montajı yapılmış hali ise Şekil 5.17'de gösterilmiştir (C. Kara, 2008 s.100).

Tablo 5.8 Kaldırma sistemi fren moment hesapları için kullanılan veriler(C. Kara, 2008 s.100).

Fren miktarı (Z_f)	Adet	1
Servis faktörü (K_f)	...	2,5
Motor devri (n_1)	d/dk	1450
Motor momenti (M_m)	Nmm	187494,7

Gerekli fren momenti (M_f)	Nmm	468736,75
Seçilen fren momenti (M_{fs})	Nmm	500000,00
$M_{fs} < M_f$ ise UYGUNDUR		UYGUN



Şekil 5.16 Fren sistemini meydana getiren fren diskleri ve gövdesi(C. Kara, 2008 s.101).



Şekil 5.17 Fren sistemi montajı yapılmış hali(C. Kara, 2008 s.101).

5.2.8 Araba Yürütme Sistemi Tekerlek Çapı Hesabı

Araba tekerlekleri (Şekil 5.18) için yapılan mukavemet hesapları ile elde edilen veriler Tablo 5.9'da verilmiştir. Hesaplanan ölçülere göre imalatı yapılacak araba tekerleği için imalat resimleri hazırlanmıştır. Araba tekerleklerinin imalatında polyamide (PA6) malzeme kullanılmıştır. Tekerleklerin imalatı için bu malzemenin seçilmesindeki en büyük etken, sistemde çelik tekerleklere göre hafiflik ve maliyet açısından avantaj sağlamasıdır.

Polyamide makina endüstrisinde çok kullanılan bir malzemedir. Nispeten rijit, kaygan ve iyi mekanik dayanım değerlerine sahip bir malzemedir. Dişli uygulamalarında tekerlek yapımına kadar muhtelif kullanım alanları vardır. Kimyasal mukavemeti orta değerdedir, bazı asit ve bazlara karşı mukavemeti vardır. Polyamid bünyesinde su toplama özelliğine sahiptir. Bu özelliklerin iyi ve kötü yanları vardır. İyi yönü parçanın titreşim ve ani darbelere karşı dayanımı artırır. Böylece parça kullanım esnasında oluşacak dinamik gerilmelerin bünyede yok edilmesine olanak sağlar. Kötü yönü ise malzemede ölçü stabilitesine ulaşmak güçleşir. Yani malzeme havadaki nemden dahi etkilenecek ölçü değişikliklerine uğrar parçaya son işlem yapılmadan toleranslara dikkat edilmelidir.

Basit dişlilerde, yataklarda, civatalarda, flanşlarda, makara kayış kasnaklarında, kesim plakası, filtre plakası, tazgah tablası ve her türlü parça imalatında kullanılır. (C. Kara, 2008 s.102).

Tablo 5.9 Polyamide (PA6) malzeme fiziksel özellikleri (www.teknikgroup.com/polyamid1.htm)

FİZİKSEL ÖZELLİKLER		TEST METODU		Polyamid (PA6)
		DIN	ISO	
Özgül ağırlık	g/cm ³	53479	1183	1,13
Servis sıcaklığı	0°C	53461	75	100
Ergime noktası	0°C			220
Termal uzama	1/K*10 ⁻³	53752		6 – 10
Çekme dayanımı	N/mm ²	53455	527	60 – 70

Kopma dayanımı	N/mm	53455	527	80
Kopma uzaması	%	53455	527	>50
Çentik darbe dayanımı	kJ/m ²	53453	179	4 – 25
Elastisite modülü	N/mm ²	53452	178	3000
Rockwell sertliği	Skala		2039-2	M85

Tablo 5.10 Araba yürütme sistemi tekerlek hesabı için kullanılan veriler(C. Kara, 2008 s.103).

Araba yürütme hızı (V_A)	m/dk	5,5
Tekerlek sayısı (Z_t)	Adet	4
Tekerlek malzemesi (ρ)		PA6
Ray malzemesi elastisite modülü (E_{ray}) (St37)	N/mm ²	210000
Tekerlek malzemesi elastisite modülü ($E_{tekerlek}$) (PA6)	N/mm ²	3000
Hesaplanan elastisite modülü ($E_{hesaplanan}$)	N/mm ²	5911,33
Tekerlek malzemesi hertz basıncı (P_0)	N/mm ²	35
Müsade edilen yüzey basıncı (P_{em})	N/mm ²	0,592
Malzeme için katsayı (c_1) (DIN15070)		1
Devir sayısı için katsayı (c_2) (DIN15070)		1
İşletme ömür katsayısı (c_3) (DIN15070)		1
Ray genişliği (b_t)	mm	10
Ray kenar radyüsü (R)	mm	1
Max. Tekerlek yükü (F_R)	N	1618,65
Gerekli tekerlek çapı (D_{min})	mm	97,6364
Tekerlek çapı (D)	mm	108
$D_{min} \leq D$ ise EMNİYETLİDİR		EMNİYETLİ



Şekil 5.18 PA6 malzemeden imal edilen pinyon ve araba tekerlekleri(C. Kara, 2008 s.103).

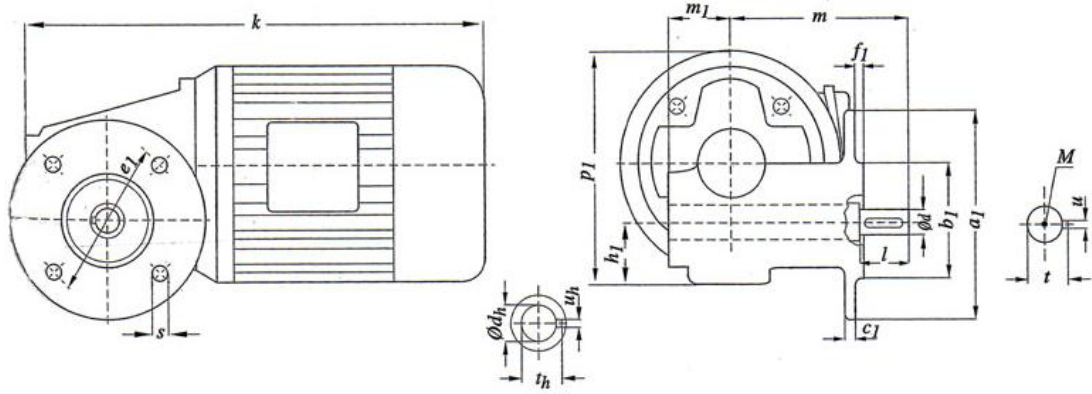
5.2.9 Araba Yürütme Sistemi Motor Güç Hesabı

Kaldırma motoru için yapılan güç hesapları ile elde edilen veriler Tablo 5.11’de verilmiştir. Buna göre TOBA firmasının TB32-63M/6 tip sonsuz vidalı redüktörlü motoru seçilmiştir. Seçilen motor için katalog ölçüleri Şekil 5.19’da verilmiştir (C. Kara, 2008 s.104).

Tablo 5.11 Araba yürütme sistemi motor güç hesapları için kullanılan veriler(C. Kara, 2008 s.104).

Motor sayısı (Z_m)	Adet	1
Motor verimi (μ_m)		0,85
Yuvarlanma sürtünmesi (f)		0,05
İvmelenme (b)	m/sn ²	0,11
Hareket direnci (F_h)	N	46,311
Hareket gücü (P_h)	KW	0,008264
İvmelenme gücü (P_b)	KW	0,006094

Gerekli toplam güç (P_t)	KW	0,01435
Seçilen güç (P_s)	KW	
$P_t \leq P_s$ ise EMNİYETLİDİR	EMNİYETLİ	



MONTAJ ÖLÇÜLERİ Mounting dimensions							BOYUTLAR Dimensions			MİL ÖLÇÜLERİ Shaft dimensions								
a_1	b_1	c_1	e_1	f_1	s_1	h_1	m	m_1	k	p_1	l	$\varnothing d$	t	u	$\varnothing d_h$	t_h	u_h	M
105	70	8	85	2.5	6.6	38	95	36.5	259	135	30	15	16	5	16	18.3	5	M5

Şekil 5.19 TB32-63M/6 tip sonsuz vidalı redüktörlü motor için katalog ölçüleri
(C. Kara, 2008 s.104).

5.3 Kren Montajı

Montajı tamamlanan profiller daha önceden imalatı yapılan sehpa üzerine yerleştirilirken basit mesnet şeklinde davranış göstermesi amacı ile araya dairesel parçalar konularak, daha önceden delinmiş olan sehpa üzerindeki deliklere saplamalar yardımıyla montaj edilmiştir. Burada somunlar sadece bir öngerilme kuvveti oluşacak şekilde sıkılarak, yükün hareket yönünde sınırlı hareket etmesi sağlanmıştır.

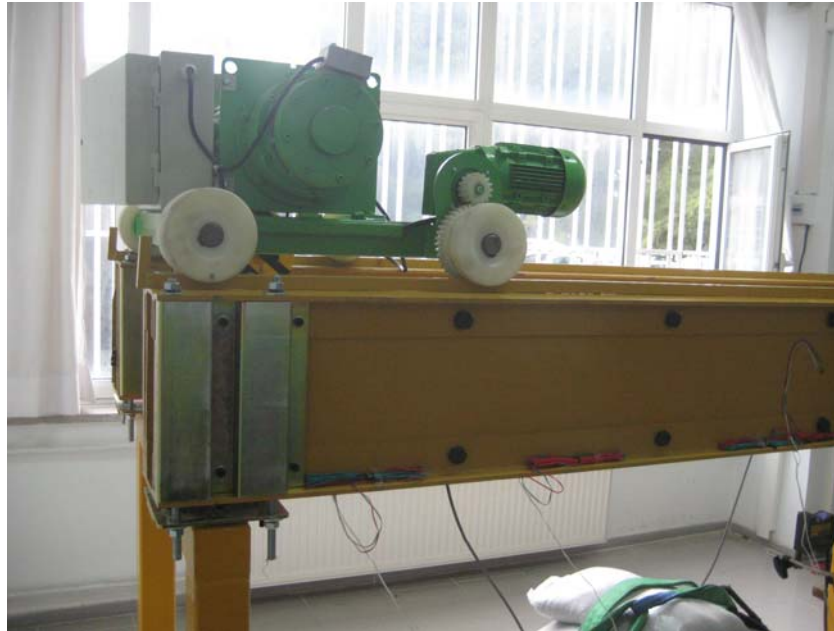
Gezer köprülü krenin üzerine yerleştirileceği konsol kolaylıkla demonte edilebilecek şekilde dizayn edilmiş ve cıvata-somun bağlama elemanları ile montajı gerçekleştirilmiştir. Konsol malzemesi olarak 4 mm et kalınlığında 80x80 AISI1020 çelik profiller kullanılmıştır.(C. Kara, 2008 s.105).

Her iki profilde bu şekilde montaj edildikten sonra kirişler üzerinde komparatör saati yardımıyla kirişlerin sehimi ölçülerek montaj işlemi tamamlanmıştır.

Kirişlerin montaj işleminden sonra önceden imalatı yapılmış olan araba, kirişler üzerine yerleştirilmiştir. Montajı tamamlanmış olan krenin son hali şekil 5.20 ve 5.21’da gösterilmiştir.



Şekil 5.20 Kirişlerin sehpa üzerine montaj edilmiş hali



Şekil 5.21 Montajı tamamlanmış "Double T" kompozit kutu profil ana kirişli kren

BÖLÜM ALTI

DENEYSEL VE NÜMERİK ANALİZLER

Bu çalışmada amaç, CTP malzemedan yapılmış kutu profil ana kirişli krenin, yüklü durumda hareket ederken CTP ana kirişte oluşan eğilme gerilmelerinin belirlenmesidir. Bu amaçla bölüm 5.1’de anlatılan şekilde imal edilmiş olan “Double T” kompozit kutu profil, daha önceden imalatı yapılan sehpa üzerine montaj edilerek, bölüm 5.2’de kaldırma kapasitesi 500kg olarak imal edilen araba üzerine yerleştirilmiş, daha sonra sırasıyla 125, 250, 375 kilogramlık yükler altında zamana bağlı olarak oluşan eğilme gerilmeleri ve sehim değerleri belirlenmiştir. Elde edilen değerler bölüm sonunda karşılaştırılarak “Double T” kompozit kutu profillerin kren ana kirişi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Hareket halindeki yükün ana kiriş üzerinde oluşturduğu eğilme gerilmesi değerlerinin hesaplanması oldukça karmaşık ve zordur. Bu sebeple sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak, kiriş üzerine gelen yükler bilgisayar programı yardımıyla hesaplanmaya çalışılmıştır. Kren kirişi Unigraphics 3.0 programında modellenerek, AnsysWorkbench 11.0 programında sonlu elemanlara ayrılmıştır. Recurdyn V7.0 R1 programında sonlu elemanlara ayrılmış olan kirişlerin, krenin diğer parçalarıyla montajı yapılmış ve hareket halinde kiriş üzerinde oluşan eğilme gerilmesi değerleri ölçülmüştür. Ölçülen değerler yapılan deneysel çalışmalarla da doğrulanmıştır.

Bu bölümde bölüm 5’de belirtildiği gibi modellenen “Double T” kompozit kutu profilin, sonlu elemanlar ile simulasyonun oluşturulması, simulasyon sonucunda oluşan nümerik ölçüm değerlerinin alınması, deneysel olarak ölçümlerin yapılması, nümerik ve deneysel olarak yapılan çalışmalardan alınan ölçüm değerlerinin karşılaştırılması yapılacaktır.

6.1 Simulasyonun Oluşturulması

Unigraphics 3.0 programıyla modellenen “Double T” kompozit kutu kirişlerin simulasyon aşamasında AnsysWorkbench 11.0 ve Recurdyn V7.0 R1

programlarından faydalanılmıştır. İmalattan farklı olarak önceden hazırlanan katı model üzerinde simülasyonu basitleştirmek ve simülasyon sürelerini kısaltmak için model üzerinde sadeleştirmelere gidilmiştir. Öncelikle parça üzerindeki civata bağlantı delikleri kapatılmıştır. Böylece sonlu elemanlar oluşturulması için daha uygun bir geometrik yapı elde edilmiştir.

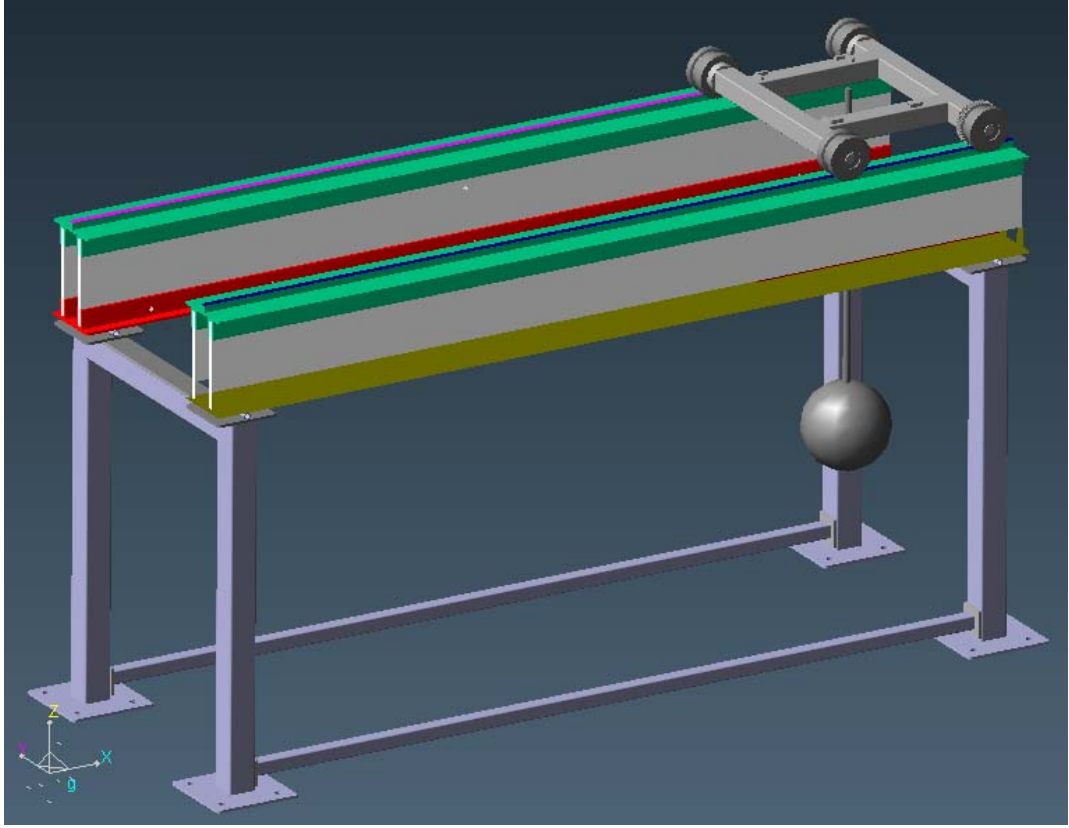
Basitleştirilen katı model AnsysWorkbench 11.0 ortamına alınarak malzeme özellikleri tanımlanmış ve sonlu elemanlara ayrılmıştır. Bu aşamadan sonra Ansys klasik ortamına alınarak dosya “.cdb” uzantılı olarak yazdırılmıştır. Bu sayede Recurdyn V7.0 R1 programının kullanabileceği bir dosya uzantısı elde edilmiştir. Bu uzantının özelliği, datanın malzeme ve sonlu eleman bilgilerinin, başka bir programa aktarımını sağlamasıdır.

Recurdyn V7.0 R1 programına aktarılan modelin sehpa ile montajı yapılarak temas noktaları ve mafsal noktaları tanımlanmıştır. Ölçüm alınacak noktalar belirlenerek bu noktalara problemler yerleştirilmiştir. Simülasyon süresi 8 saniye olarak hesaplanmıştır. Tekerleklerin dönmesi sırasında oluşan kaymalar da göz önünde bulundurularak simülasyon süresi 9.8 saniye olarak belirlenmiştir. Ölçüm aralıkları 0.002 saniyedir.

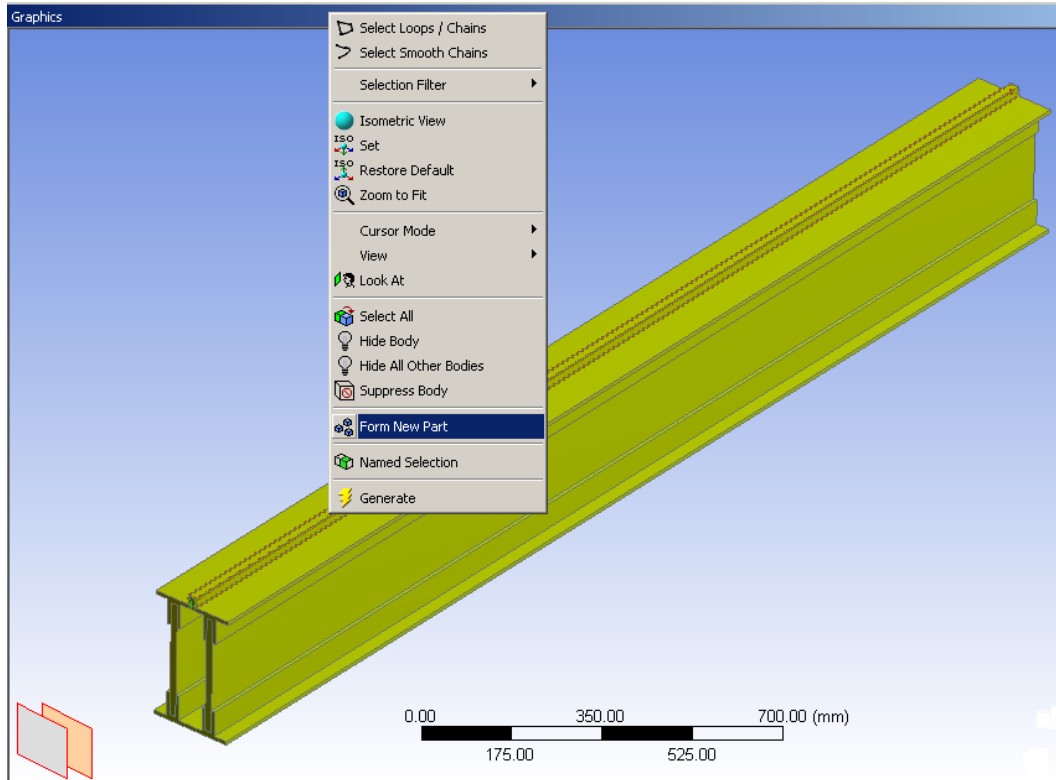
6.1.1 Modelin Basitleştirilmesi ve Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

Bölüm 5.1’de modellendiği gibi imalatı yapılan “Double T” kompozit kutu profilin, nümerik analizlerinin yapılması aşamasında, analiz süresinin kısaltılması ve sonlu elemanlara ayırma işlemini kolaylaştırmak amacı ile basitleştirmelere gidilmiştir. “Double T” kompozit kutu profilin imal edildiği şekilde analiz edilmesinin mümkün olmadığı tartışmasız bir gerçektir. Bu nedenle analiz sonuçlarına etkisi olmayan noktalar sadeleştirilerek model üzerinden kaldırılmıştır. Basitleştirilmiş olan model şekil 6.1’de gösterilmiştir.

Basitleştirilmiş olan kiriş modelinin malzeme özellikleri AnsysWorkbench 11.0 programında tanımlanmıştır. Bunun için öncelikle workbench ortamına alınan kiriş

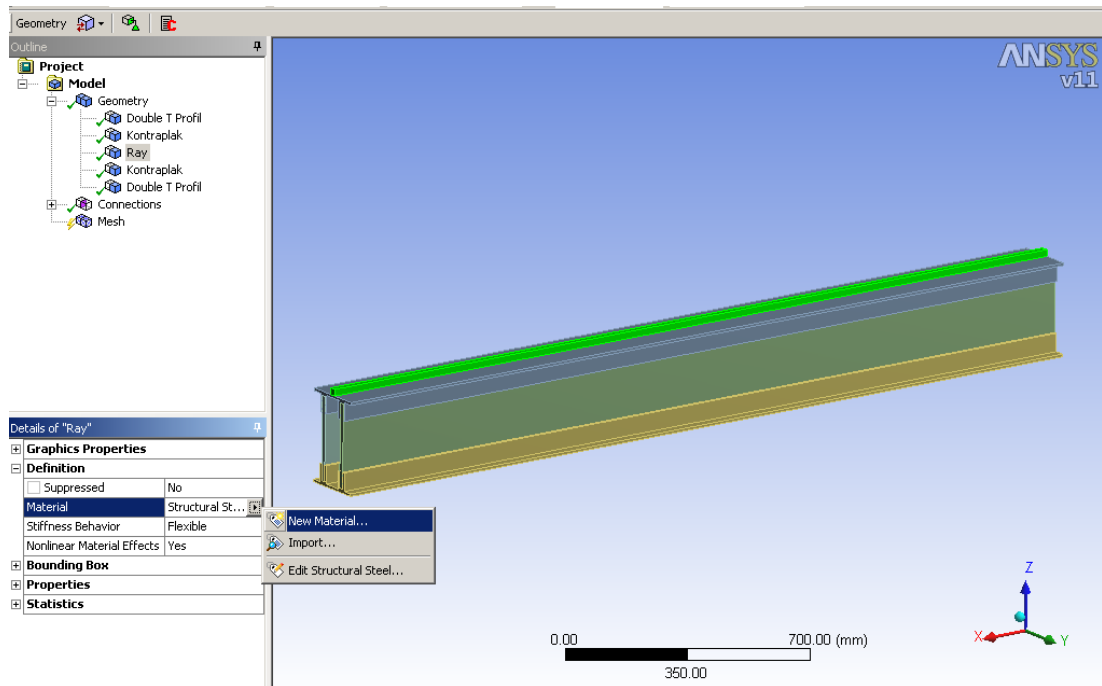


Şekil 6.1 Basitleştirilmiş olan “Double T” kompozit kutu profil modeli.



Şekil 6.2 Kirişlere AnsysWorkbench programında “Form New Part” özelliğinin tanımlanması.

“form new part” komutuyla tek parça özelliği kazandırılmıştır.(Şekil 6.2) Bu komutun özelliği ayrı parçaların tek bir katı olarak görünmesi ve ayrı olan parçaların hepsine farklı malzeme özellikleri tanımlanabilmesidir. Bu işlemten sonra ürün ağacından her bir parça seçilerek “definition” kısmından “new material” seçilerek kontraplak, kompozit ve çelik özellikleri tanımlanmıştır. Burada “Double T” profiller için kompozit malzeme, ara lamalar için kontraplak malzeme ve kiriş rayları için AISI1040 çelik özellikleri tanımlanmıştır.



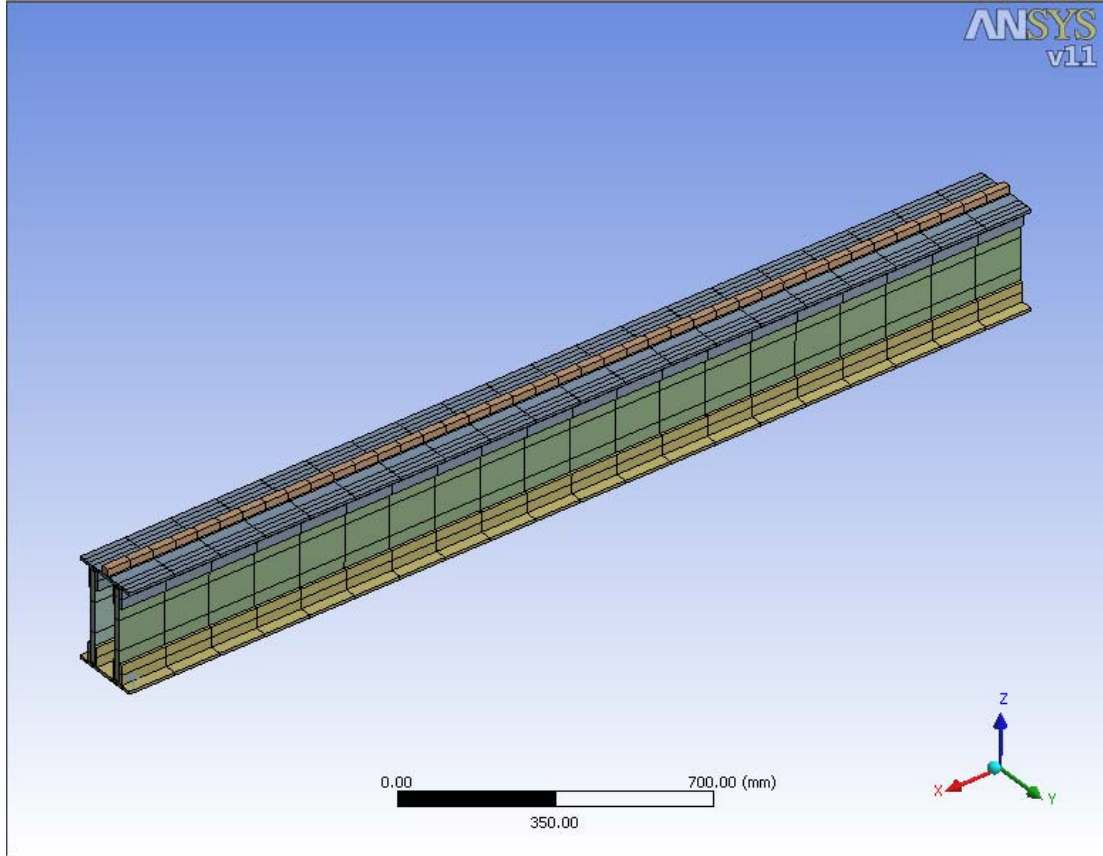
Şekil 6.3 AnsysWorkbench kirişlerin malzeme özelliklerinin tanımlanması.

6.1.2 Sonlu Eleman Modelinin Oluşturulması

Sonlu eleman modelini oluşturulurken en önemli husus parçanın geometrisidir. Geometriye uygun sonlu eleman boyutları seçilmesi ve sonlu elemanların parça üzerinde düzgün bir yapıda olması gerekmektedir. Sonlu eleman büyüklükleri ve eleman yoğunluğu analizi ve analiz süresini direkt olarak etkileyen parametrelerdir.

Bu çalışmada “Double T” kompozit kutu profiller için, solid 186 tipi elemanlar kullanılmıştır. Parçanın geometrisi bu eleman tipine göre düzeltilerek, elemanların

parça üzerinde düzgün bir dağılım oluşturması sağlanmıştır. Eleman boyutları tecrübe edilerek belirlenmiş ve analiz süresi ile analizin doğruluğunun optimum olmasına çalışılmıştır.



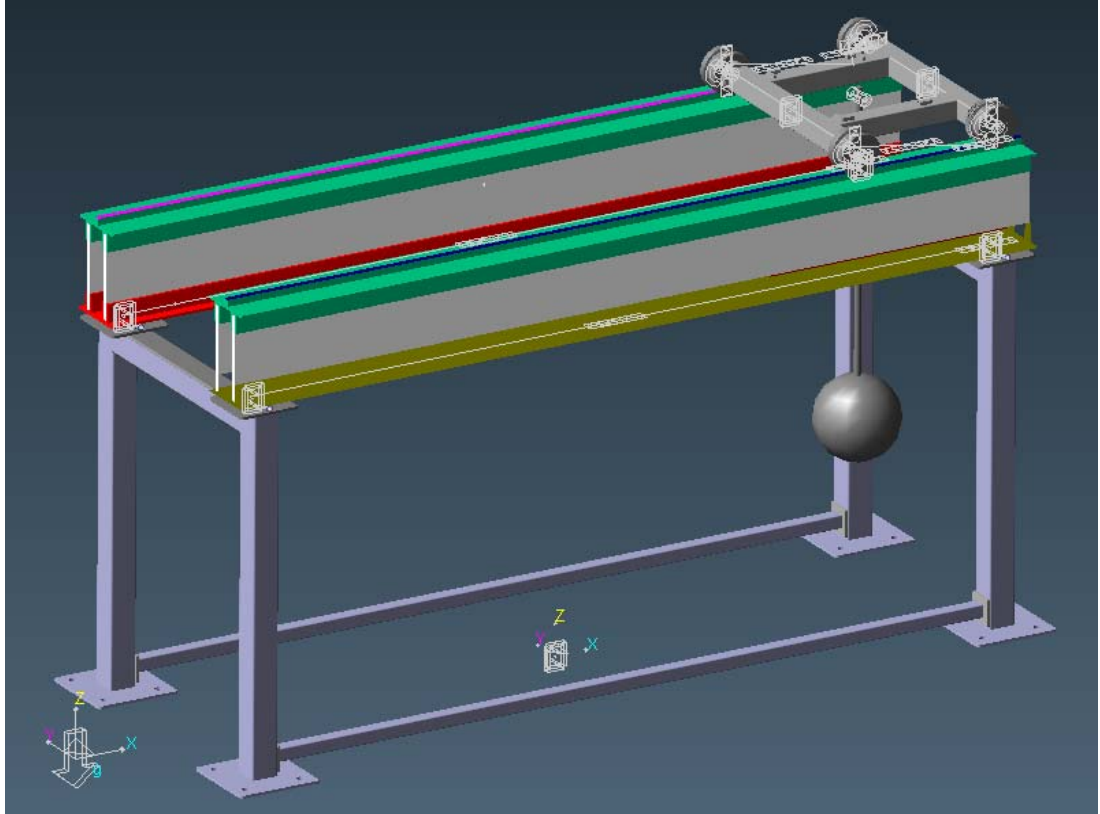
Şekil 6.4 AnsysWorkbench programında kirişlerin sonlu elemanlara ayrılması.

Malzeme özellikleri tanımlanan “Double T” kompozit kutu profiller, “mesh” komutu ile sonlu elemanlara ayrılmıştır. Burada mesh opsiyonu “sweep” olarak seçilmiştir. Parçanın geometrisi açısından bu komut çok uygundur. (Şekil 6.4).

6.1.3 Kirişlerin Recurdyn V7.0 R1 Programına Alınması

CTP kutu kirişin hareketli yükler altındaki dinamik davranışını incelemek için Recurdyn V7.0 R1 programı seçilmiştir. Bu programın tercih edilmesinin sebebi dinamik analizler için uygun olması, kullanım kolaylığı ve doğruya yakın sonuçlar vermesidir.

AnsysWorkbench programında sonlu elemanlara ayrılan kirişler, Ansys klasik ortamına aktarılarak, ansys “.cdb” uzantısı ile kaydedilmiştir. Bu uzantının özelliği datanın mekanik ve sonlu eleman özelliklerini koruyarak başka bir programa aktarma olanağı sağlamasıdır.



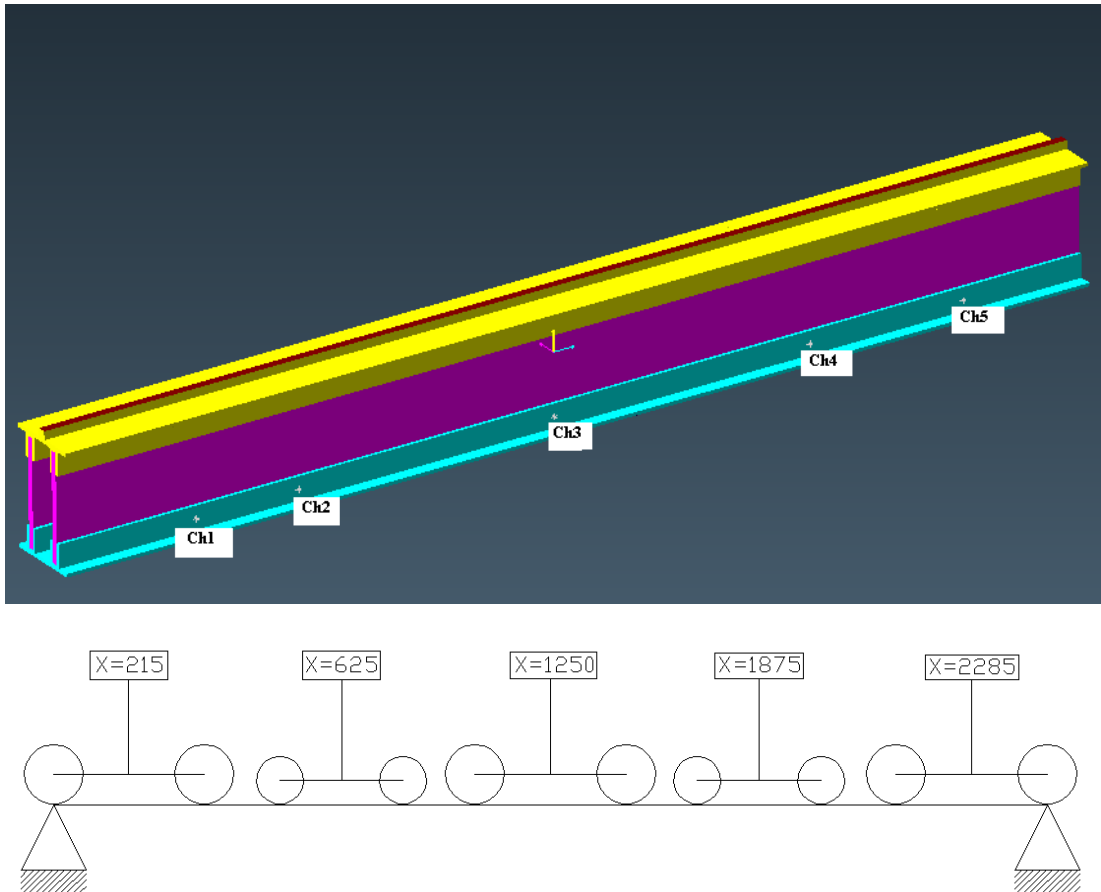
Şekil 6.5 Kirişlerin RecurDyn programında bağlantı noktaları ve temas yüzeylerinin tanımlanması.

Kirişlerin üzerine yerleştirileceği sehpa RecurDyn V7.0 R1 programına alınarak taban kısımlarından “fix joint” komutu ile zemine sabitlenmiştir. Basit mesnet özelliği gösterecek olan boru şeklindeki parçalar programa alınarak sehpa ile temas noktaları tanımlanır. “Double T” kompozit kutu profiller “FFlex” sekmesinden programa alınarak boru parçalar ile temas noktaları tanımlanmıştır. “FFlex” sekmesinin kullanılması ile kirişlere esneklik özelliği kazandırılmıştır. Önceden modellenen araba program içine alınarak raylarla arasında temas noktası tanımlanmıştır. Salınım hareketinin analizde etkisinin görülmesi için temsili bir ağırlık şeklindeki parça program içine alınarak hareketli mafsallı ile araba üzerine montajı yapılır. Bu sayede arabaya hareket verildiğinde salınım hareketinin oluşması

sağlanacaktır. Araba üzerindeki tekerlekler ile mil arasında da sabit mafsalsal özelliği tanımlanır. Bundan sonraki aşamada araba ve yükün ağırlığı tanımlanarak, arabanın tekerleklerine hareket verilir. Burada araba ağırlığı M_K 250kg olarak alınmıştır. Araba tekerlek kısmında hareket özelliği verilerek açısal hız tanımlanır. Şekil 6.5'te bağlantı noktaları ve temas yüzeyleri tanımlanmış olan model gösterilmiştir.

6.1.4 Ölçüm Alınacak Noktalara Probların Yerleştirilmesi

Ölçüm alınacak noktalar belirlenerek, bu noktalara prob lar yerleştirilmiştir. Bunun için output komutu seçilerek istenilen nokta işaretlenir ve prob yerleştirilmiş olur.(Şekil 6.6)



Şekil 6.6 Kirişlerin üzerine prob ların yerleştirilmesi.

6.1.5 Simulasyon Değerlerinin Girilmesi

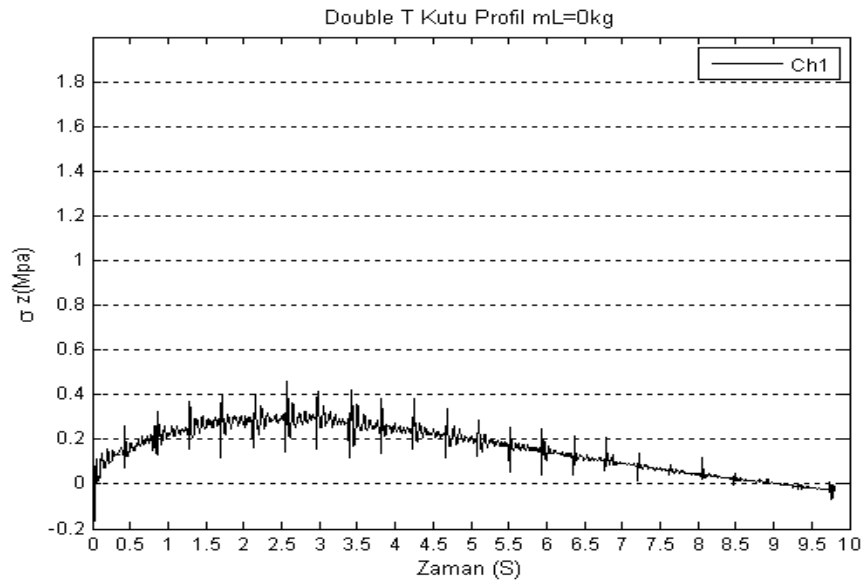
Araba ağırlığı 250kg olarak tanımlanmıştır. Hareket tanımlanan tekerlek açısız hızları $3.709 \pi/\text{san}$ olarak girilir. Simulasyon süresi 9,8 saniye olarak seçilir. Temsili olan ağırlık seçilerek belirlenen ağırlık değerleri her simulasyon sonunda değiştirilmek kaydıyla, 125, 250, 375 kg olarak girilir. “Simulate” kısmından “run simulation” seçilerek simulasyon başlatılır.

6.2 Nümerik Analiz Sonuçları

Bölüm 6.1’de belirtildiği gibi oluşturulan simulasyon modeli, bölüm 6.1.5 te verilen analiz değerleri girilerek, sırasıyla 0, 125, 250, 375 kg’lık ağırlıkların her biri için ayrı olarak yapılmıştır. Belirlenen ağırlıklar için elde edilen simulasyon değerleri şu şekildedir;

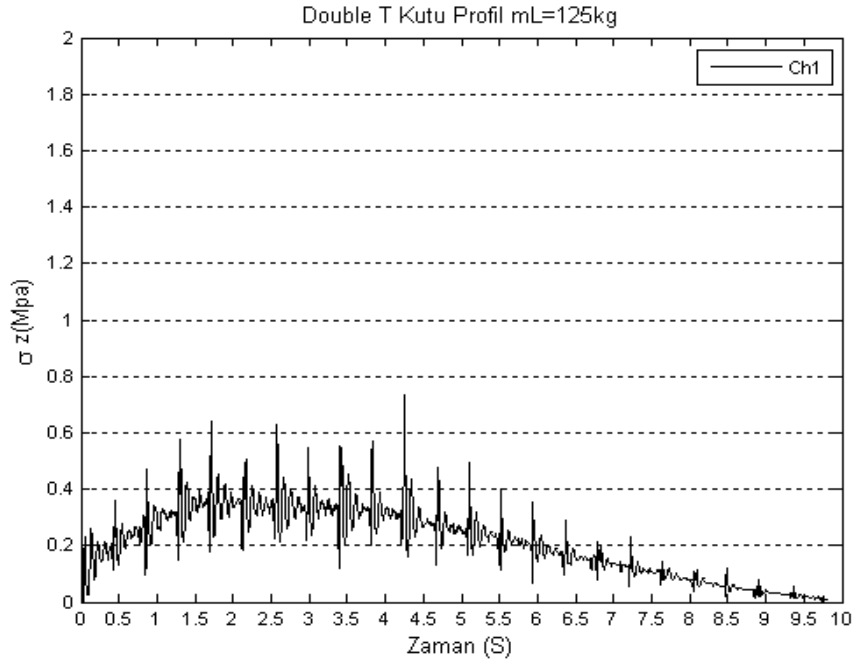
6.2.1 Ch1’den Alınan Nümerik Ölçüm Değerleri

Şekil 6.6’da gösterilen ve “Ch1” olarak tanımlanan Prob’dan alınan eğilme gerilmesi değerleri Şekil 6.7, Şekil 6.8, Şekil 6.9 ve Şekil 6.10’da gösterilmiştir.

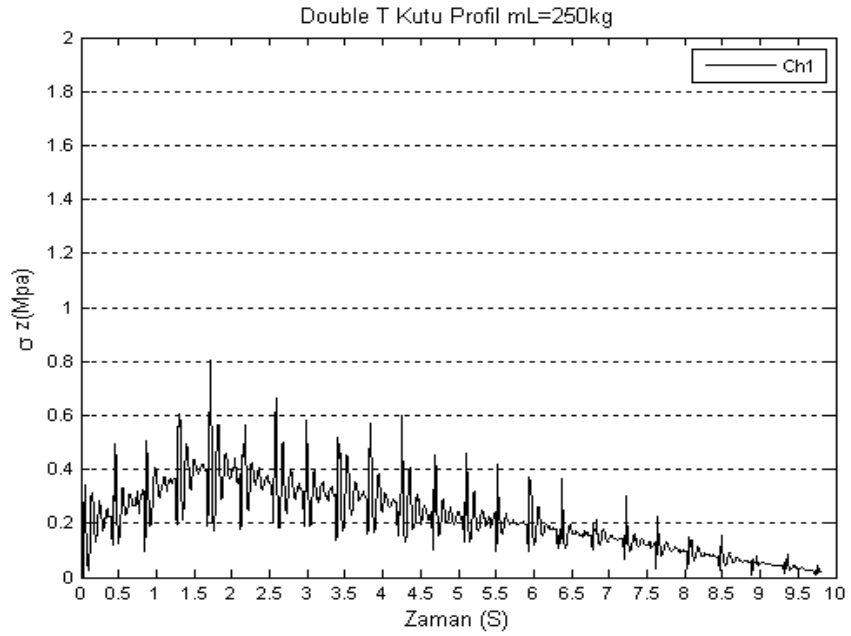


Şekil 6.7 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=0\text{kg}$ için alınan ölçüm

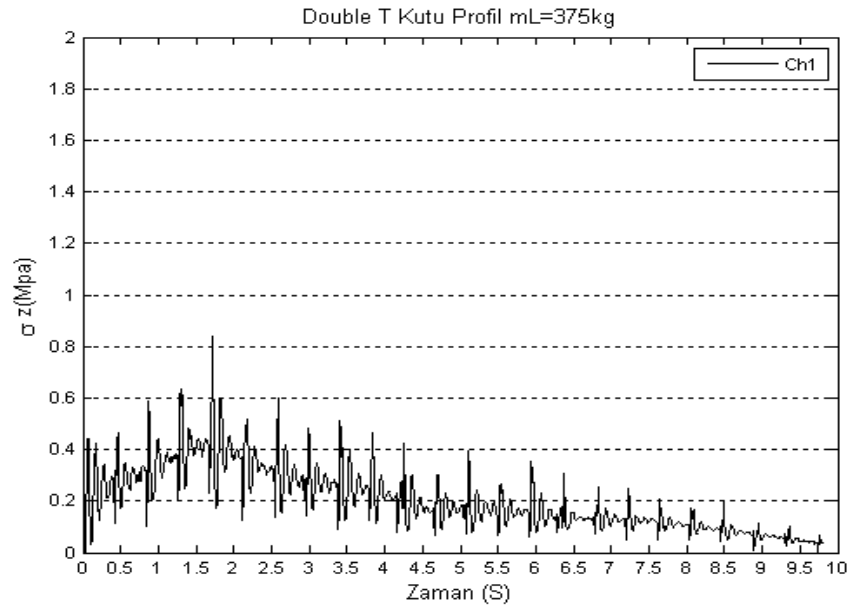
değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği



Şekil 6.8 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=125\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği



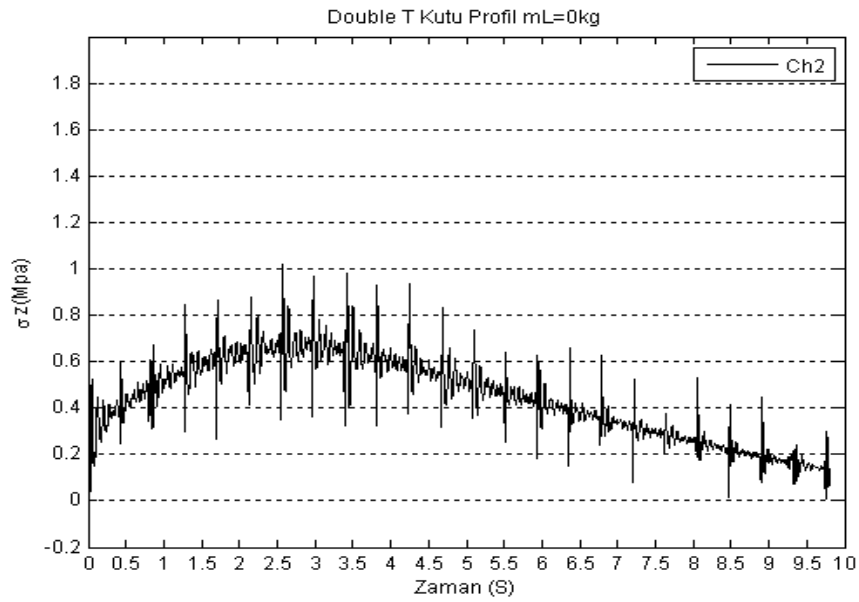
Şekil 6.9 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=250\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği



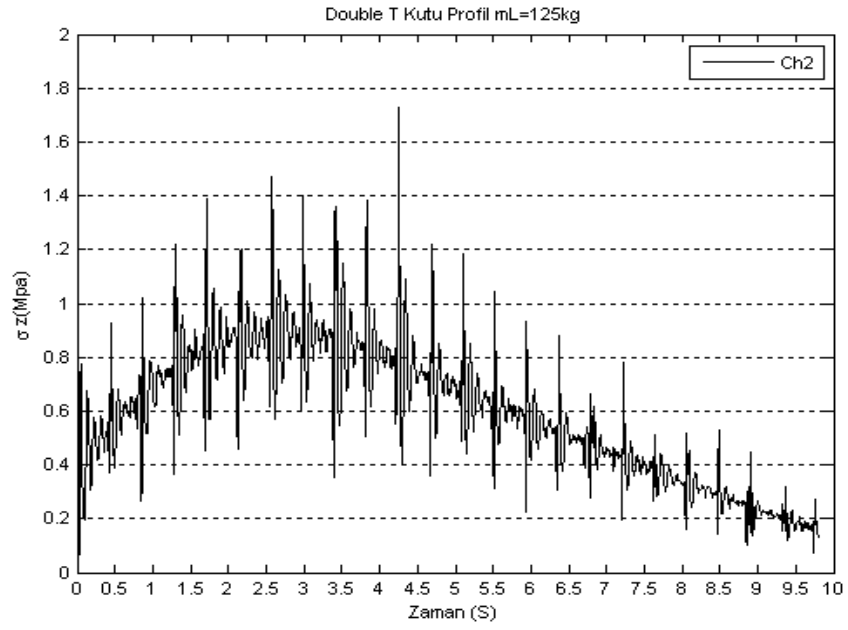
Şekil 6.10 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=375\text{kg}$ için alınan ölçümmdeğerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği

6.2.2 Ch2’den Alınan Nümerik Ölçüm Değerleri

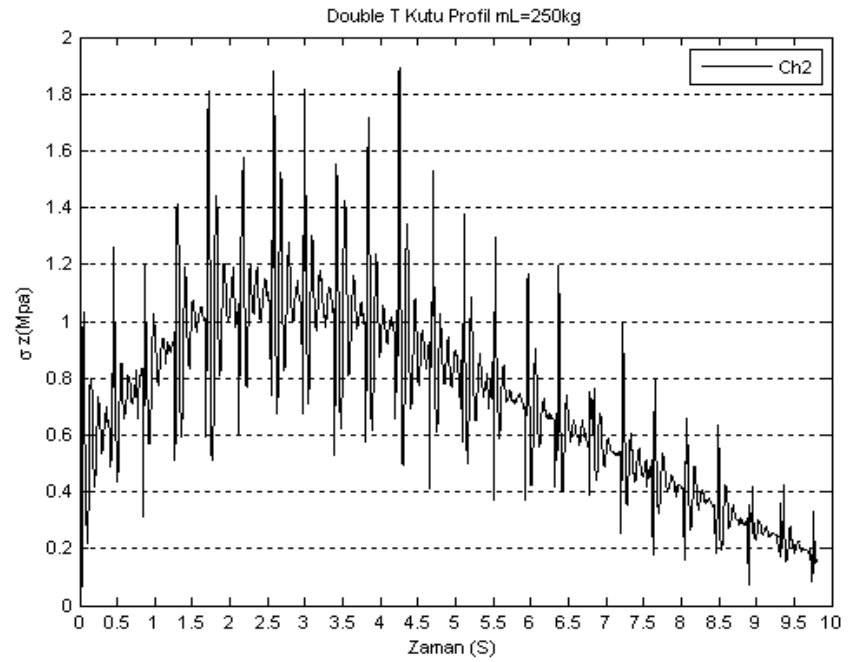
Şekil 6.6’da gösterilen ve “Ch2” olarak tanımlanan Prob’dan alınan eğilme gerilmesi değerleri Şekil 6.11, Şekil 6.12, Şekil 6.13 ve Şekil 6.14’da gösterilmiştir.



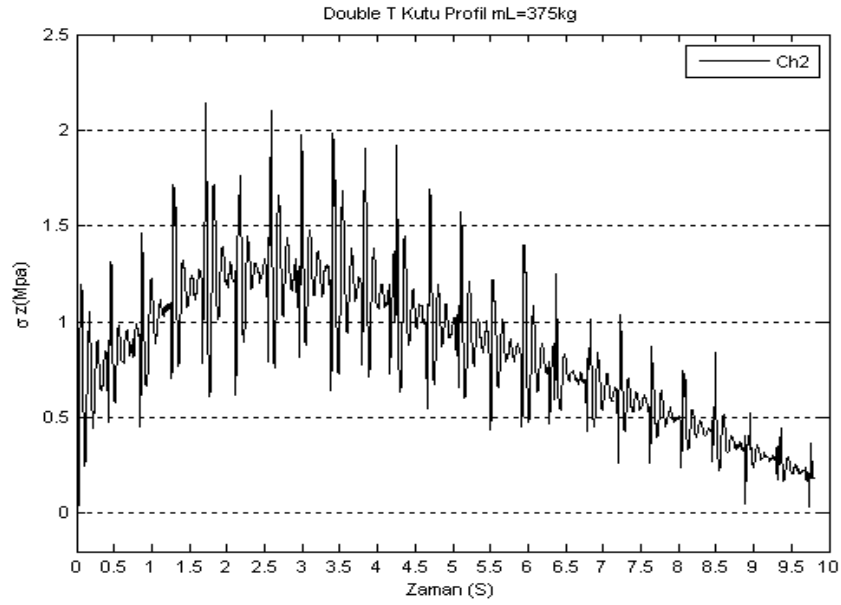
Şekil 6.11 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=0\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği



Şekil 6.12 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=125\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği



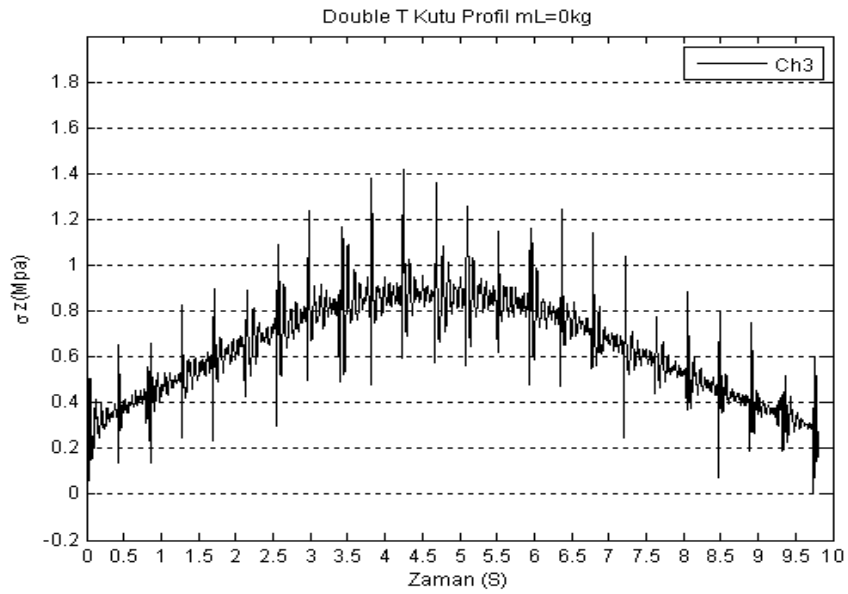
Şekil 6.13 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=250\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği



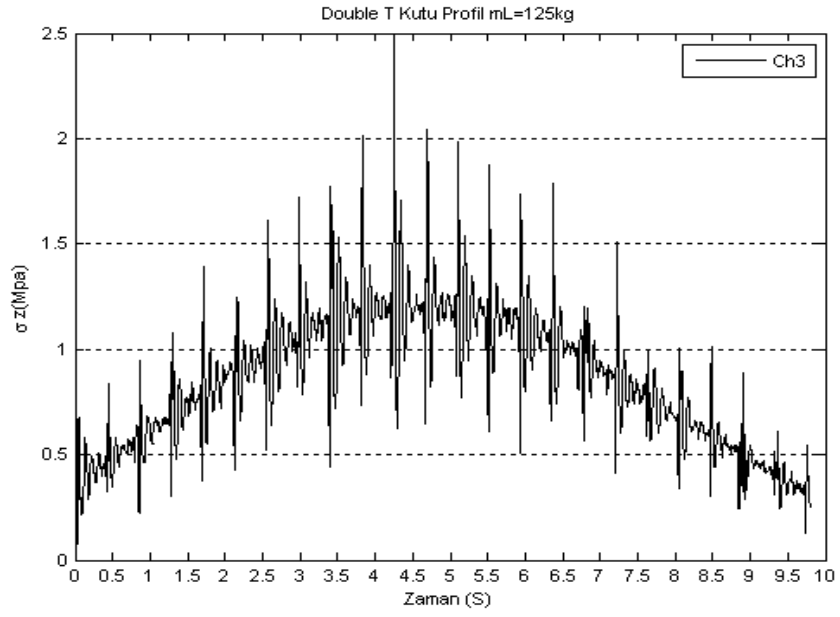
Şekil 6.14 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=375\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği

6.2.3 Ch3’den Alınan Nümerik Ölçüm Değerleri

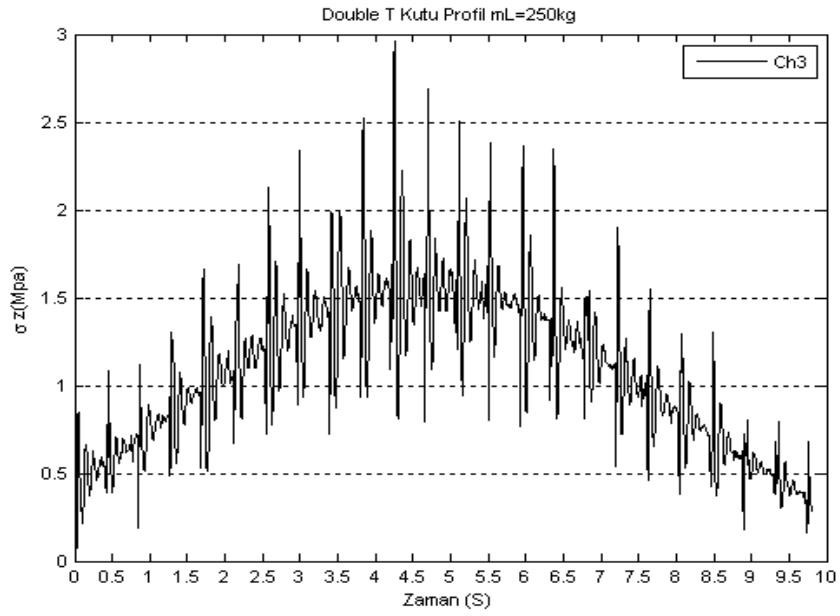
Şekil 6.6’da gösterilen ve “Ch3” olarak tanımlanan Prob’dan alınan eğilme gerilmesi değerleri Şekil 6.15, Şekil 6.16, Şekil 6.17 ve Şekil 6.18’de gösterilmiştir.



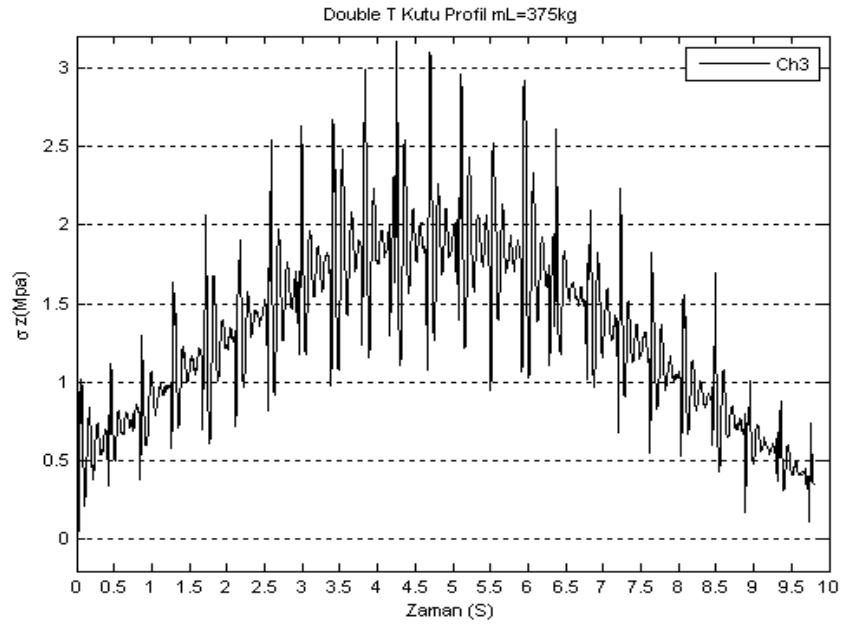
Şekil 6.15 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=0\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği



Şekil 6.16 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=125\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği



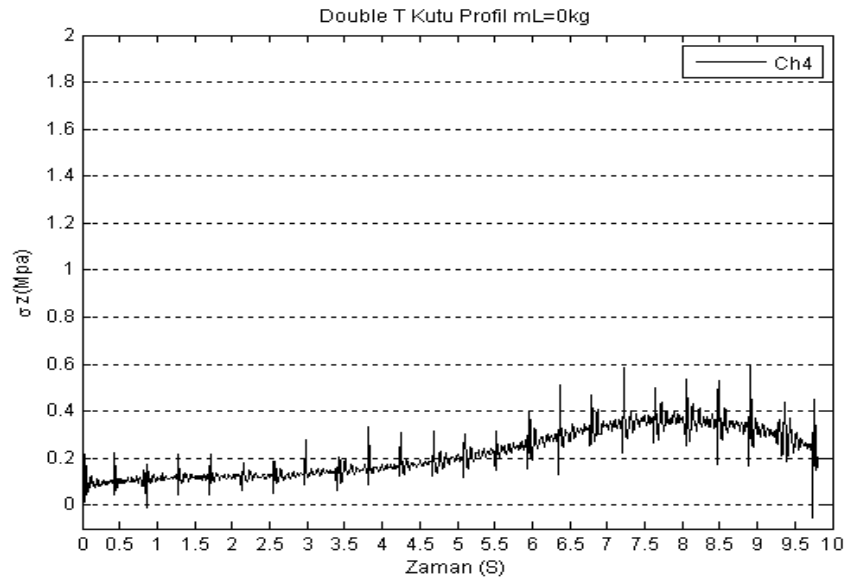
Şekil 6.17 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=250\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği



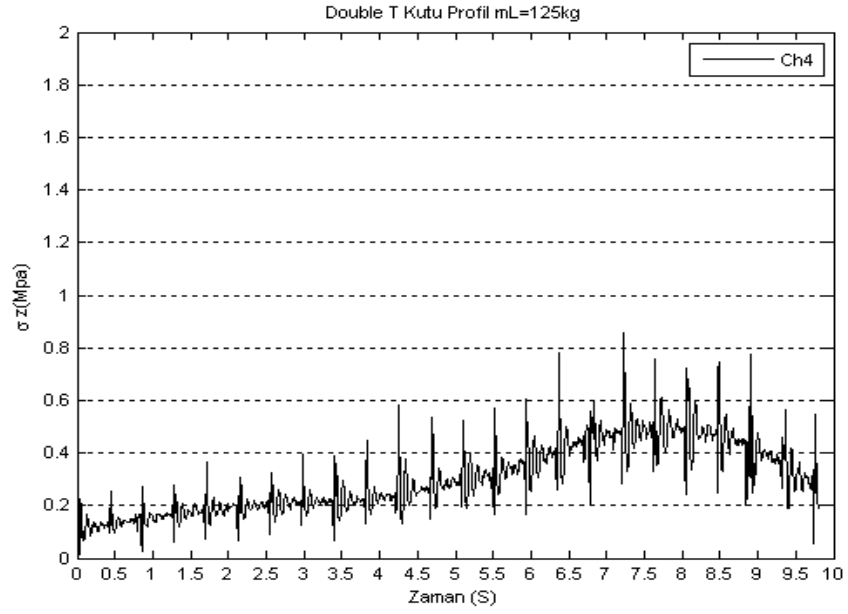
Şekil 6.18 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=375\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği

6.2.4 Ch4'den Alınan Nümerik Ölçüm Değerleri

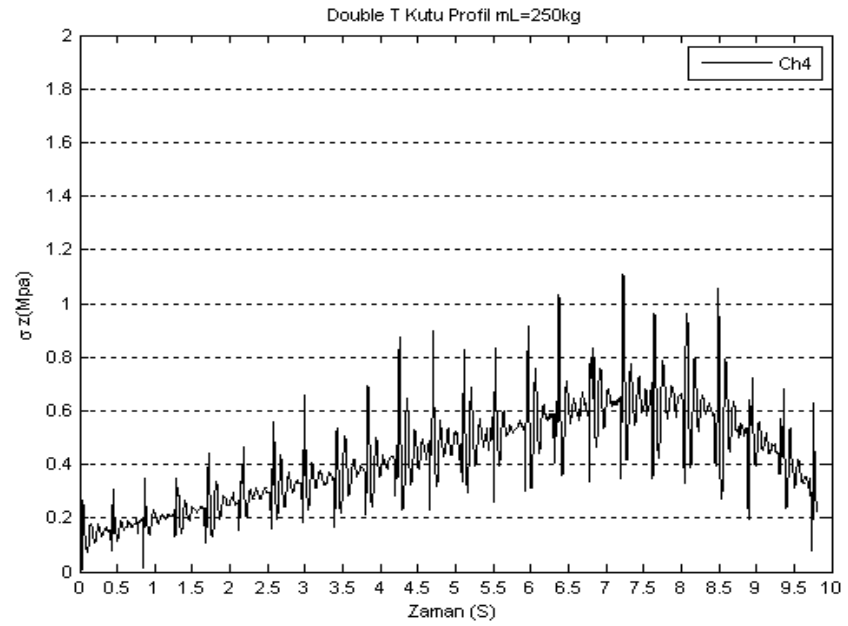
Şekil 6.6'da gösterilen ve “Ch4” olarak tanımlanan Prob'dan alınan eğilme gerilmesi değerleri Şekil 6.19, Şekil 6.20, Şekil 6.21 ve Şekil 6.22'de gösterilmiştir.



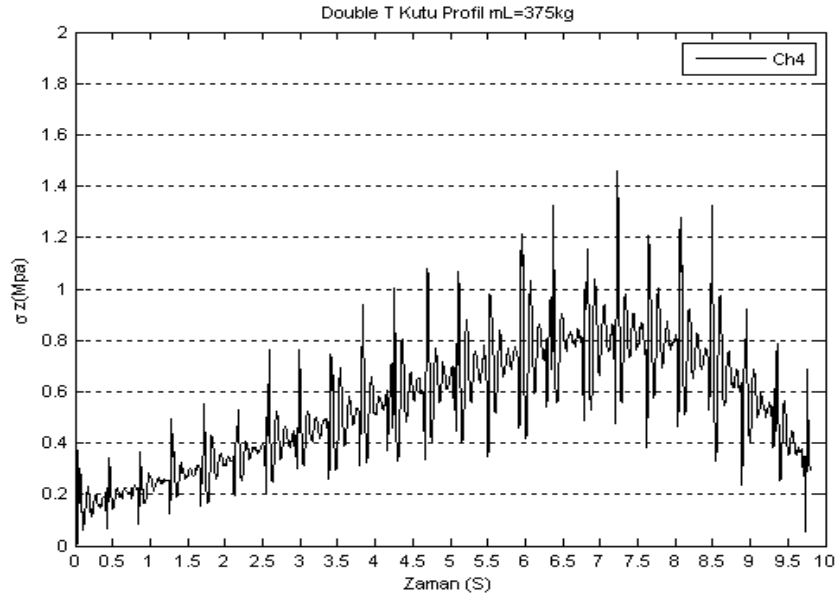
Şekil 6.19 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=0\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği



Şekil 6.20 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=125\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği



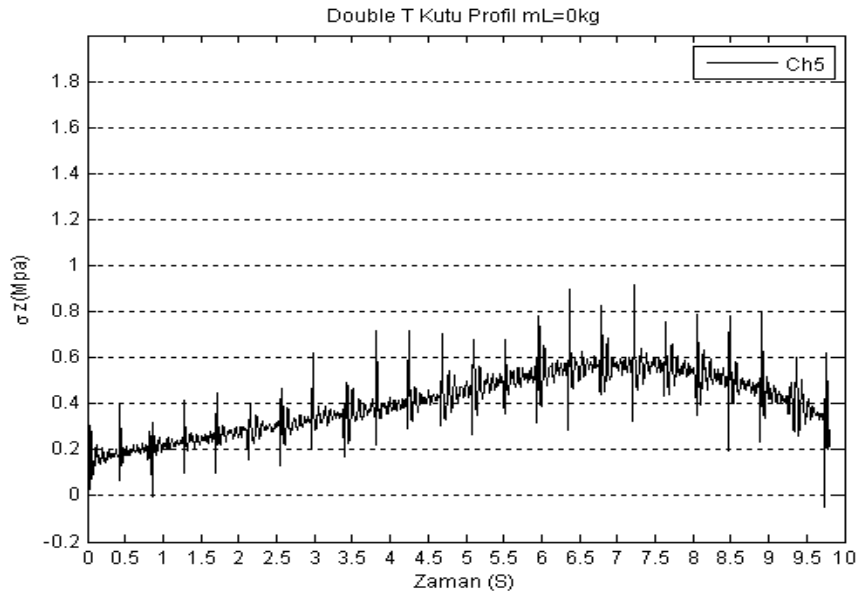
Şekil 6.21 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=250\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği



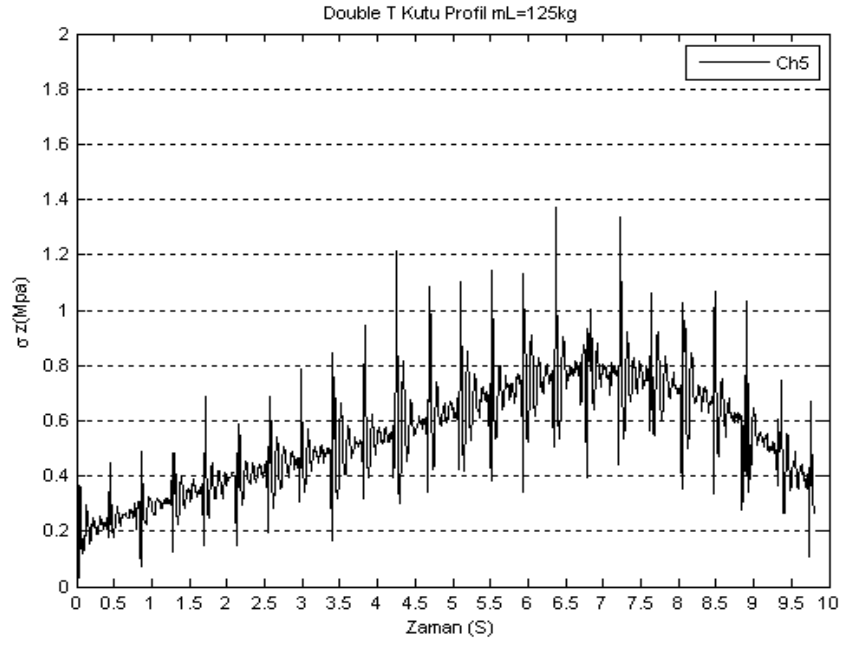
Şekil 6.22 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=375\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği

6.2.5 Ch5’den Alınan Nümerik Ölçüm Değerleri

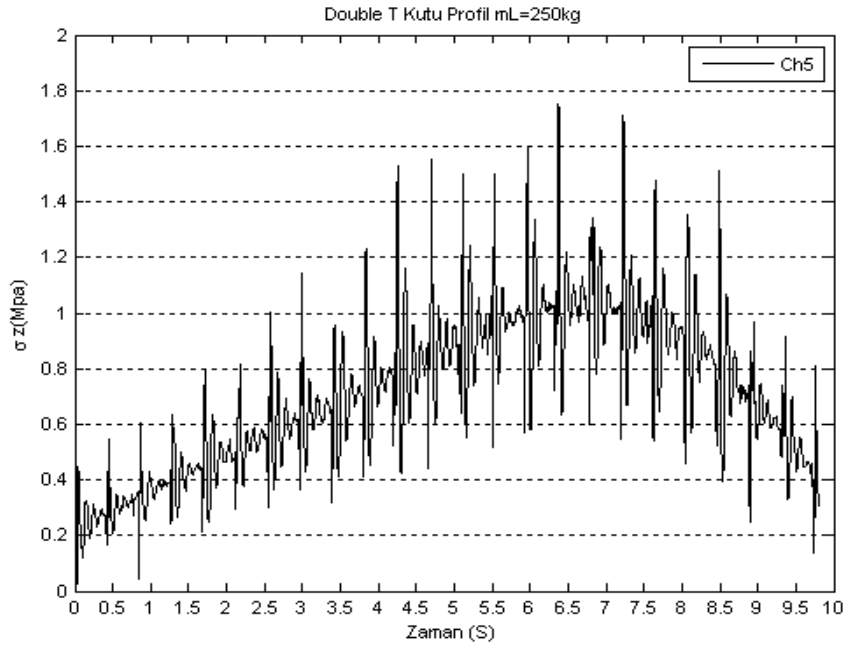
Şekil 6.6’da gösterilen ve “Ch5” olarak tanımlanan Prob’dan alınan eğilme gerilmesi değerleri Şekil 6.23, Şekil 6.24, Şekil 6.25 ve Şekil 6.26’de gösterilmiştir.



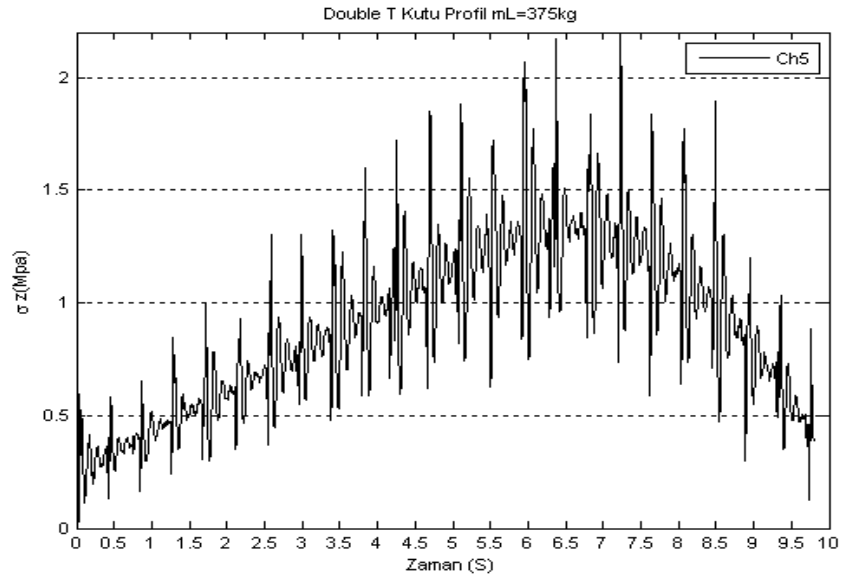
Şekil 6.23 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=0\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği



Şekil 6.24 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=125\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği



Şekil 6.25 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=250\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği



Şekil 6.26 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=375\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan nümerik gerilme-zaman grafiği

6.3 Deneysel Dinamik Gerilme Analizi

Bölüm 5’te bahsedildiği gibi imalatı yapılan “Double T” kompozit profiller Şekil 5.18 ve Şekil 5.19’daki gibi kren sehvası üzerine montajı yapılmıştır. Montaj M12 standardında saplamlarla sehpa üzerine daha önceden açılmış olan bağlantı delikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.27 Kirişin basit mesnet davranışı göstermesi için, dairesel boruların yerleştirilmesi

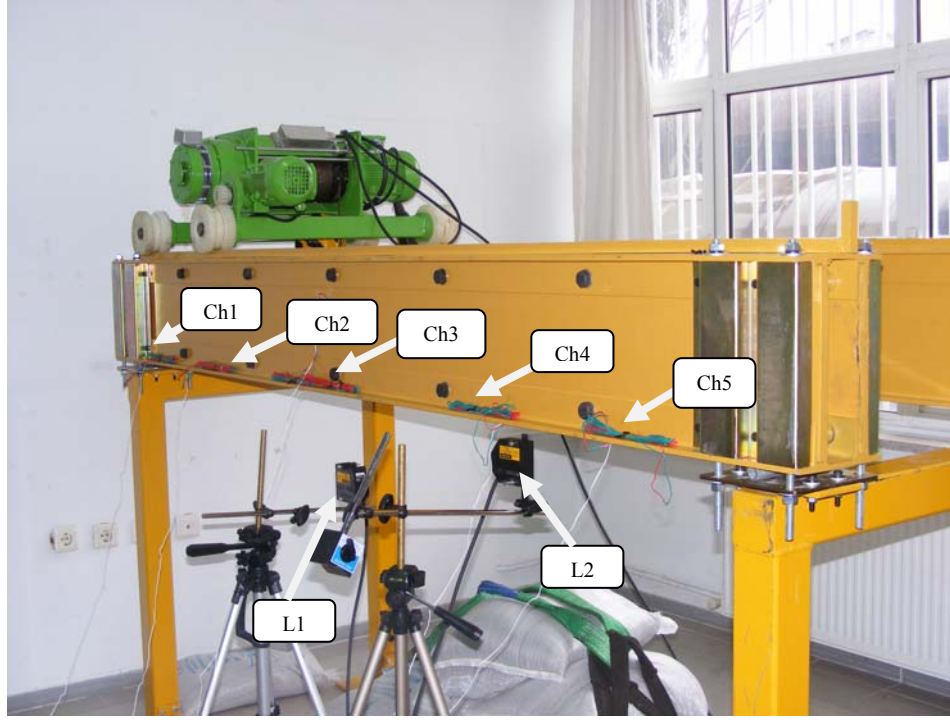
Kirişin montajı sırasında kiriş ile sehpa arasında dairesel boru şeklinde malzemeler yerleştirilmiş, bağlantılar tam olarak sıkılmayarak yük taşıma yönündeki hareket kısıtlı olarak serbet bırakılmış ve diğer yöndeki hareketler de engellenmiştir. Bu sayede kirişin basit mesnet şeklinde bir davranış göstermesi sağlanmıştır(Şekil 6.27).



Şekil 6.28 Strain gaugelerin belirlenen noktalara yerleştirilmesi

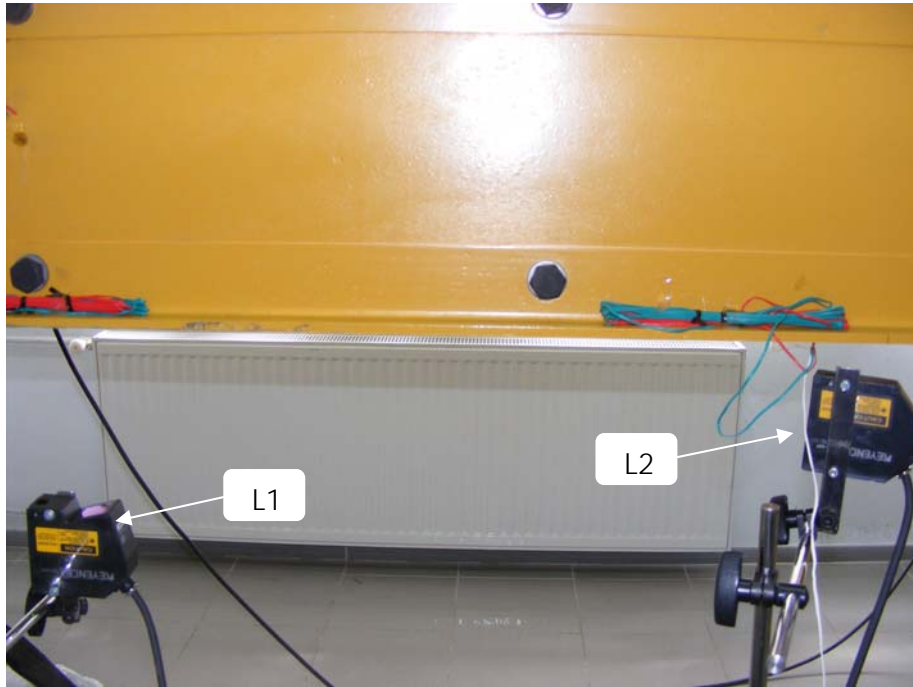
Kirişlerin montajından sonra strain gaugelerin yerleştirme işlemi yapılmıştır. Toplam olarak 5 noktadan ölçüm alınmıştır. Ölçüm alınacak yerler profil üzerinde işaretlenerek strain gaugeler Şekil 6.28 ve Şekil 6.29'de gösteriliği gibi belirlenen noktalara yerleştirilmiştir. Kullanılacak olan strain gaugeler Tokyo Sokki Kenkyujo Co. Ltd. firmasına ait olup FRA-5-8-3L modeli tercih edilmiştir. Strain gaugeler sırasıyla Ch1, Ch2, Ch3, Ch4, Ch5 olarak adlandırılmıştır.

Strain gaugelerin yanı sıra lazer ölçüm cihazlarıyla da ölçüm alınmasına karar verilmiştir. Bu amaçla lazer ölçüm cihazları kirişin alt kısmına Ch3 ve Ch2 nolu strain gaugelerin bulunduğu yerlere yerleştirilerek, iki noktadan lazer ölçümü alınmıştır.(Şekil 6.30)



Şekil 6.29 Strain gaugelerin kiriş üzerindeki dağılımı

Araba yerleştirilmeden önce kiriş üzerinden ölçüm değerleri alınmıştır. Daha sonra araba bir vinç yardımıyla raylar üzerine yerleştirilerek, sırasıyla 0, 125, 250, 375 kg'lık yükler için ölçüm değerleri alınmıştır.



Şekil 6.30 Lazer ölçüm cihazlarının yerleştirilmesi



Şekil 6.31 Lazer ölçüm sonuçlarının alınmasında kullanılan cihazlar

“Double T” kompozit kutu profil kren köprüsü için yapılan deneysel gerilme analizi için hazırlanan deney düzeneğinde FRA-5-8-3L strain gauge’ler, National Instruments firmasına ait birim uzama giriş modülü (SC-SG01) (Şekil 6.32), sinyal toplama ünitesi (SC-2345) ve çok fonksiyonlu analog giriş (PCI-6220) verilerin alınması ve toplanması için kullanılmıştır. FRA-5-8-3L strain gauge’ler tarafından



Şekil 6.32 National instruments firmasına ait birim uzama giriş modülü “Double T” kompozit kutu profil kren ana kirişi üzerinden alınan birim uzama değerleri birim uzama giriş modülü (SC-SG01) ve sinyal toplama ünitesi (SC-2345) üzerinden çok fonksiyonlu analog giriş kartına (PCI-6220) alınarak, LabVIEW (version 7.0) ile geliştirilen sinyal değerlendirme programı ile kişisel bilgisayarda değerlendirilmiştir.



Şekil 6.33 Deneysel analizler için hazırlanmış ölçüm cihazları

6.3.1 Deneysel Gerilme Değerlerinin Alınması

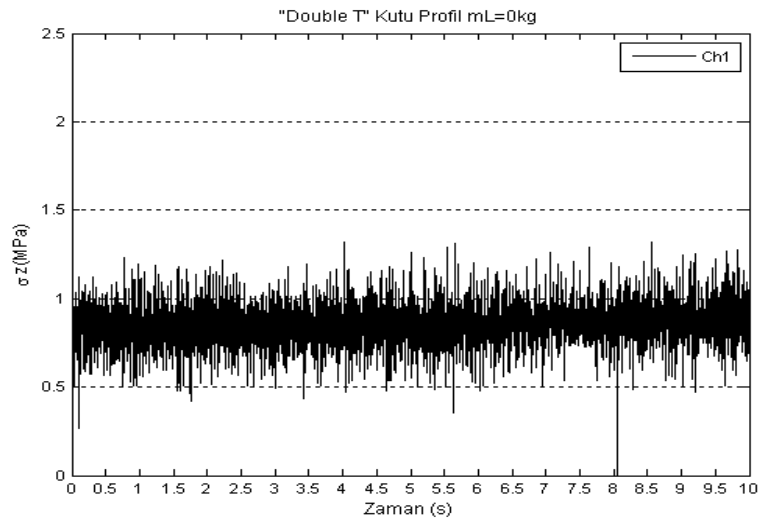
Sistemde oluşan Z yönündeki eğilme gerilmeleri dikkate alınmıştır. Burada malzemenin Z yöndeki elastisite modülü değeri, o bölgeden alınan gerinim değerleri ile çarpılarak kirişte Z yönünde oluşan eğilme gerilmeleri bulunmuştur.

Ölçüm süresi 10 saniye olarak belirlenmiş olup hareket yaklaşık 8 saniyede tamamlanmıştır. Buna göre “Double T” kompozit kutu profil üzerine yerleştirilen

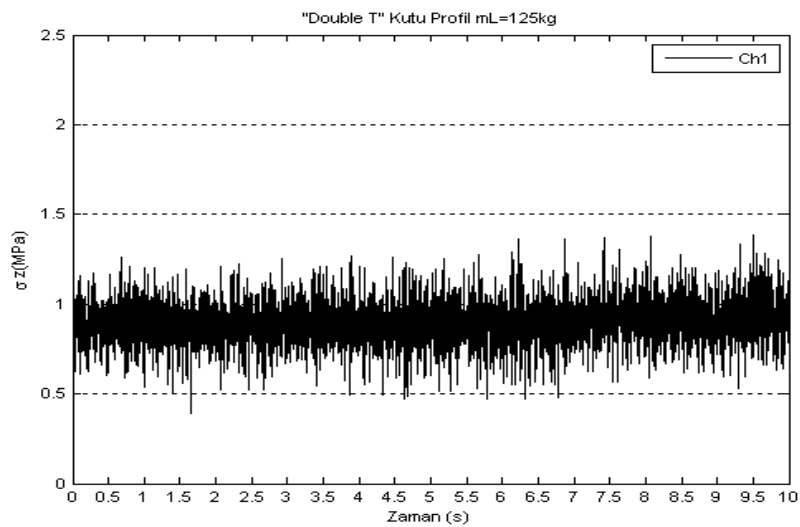
strain gaugelerden alınan ölçüm değerlerinin elastisite modülüyle çarpılması ile elde edilen eğilme gerilmeleri şu şekildedir;

6.3.1.1 Ch1'den Alınan Deneysel Ölçüm Değerleri

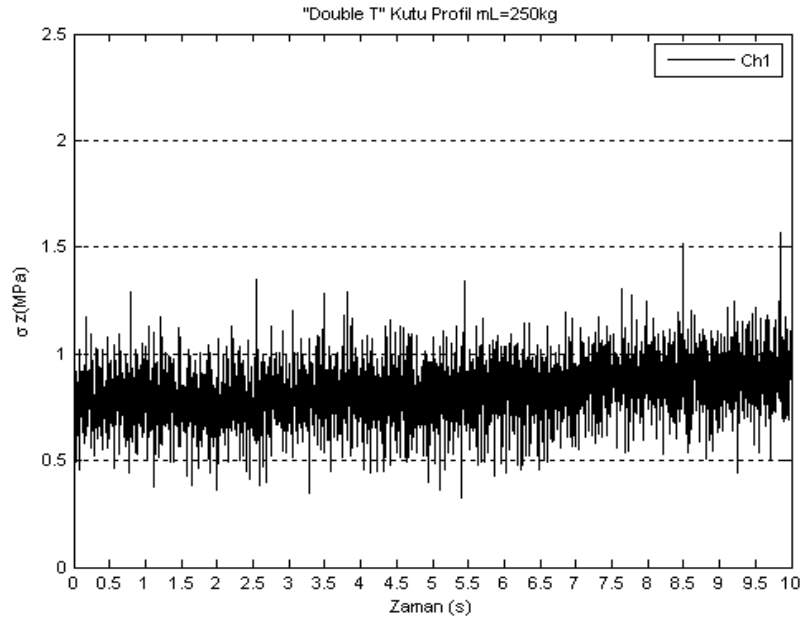
Şekil 6.29'da gösterilen ve "Ch1" olarak tanımlanan Strain gauge'den alınan eğilme gerilmesi değerleri Şekil 6.34, Şekil 6.35, Şekil 6.36 ve Şekil 6.37'de gösterilmiştir.



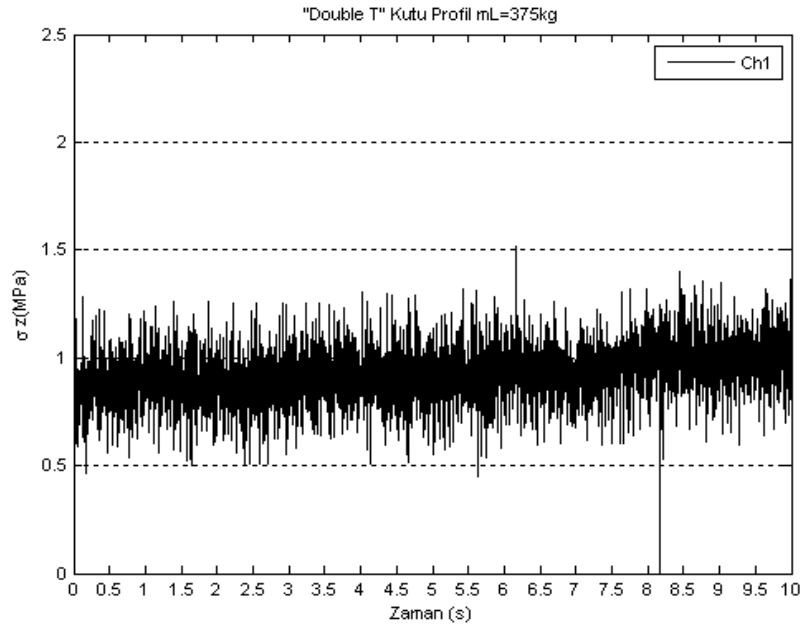
Şekil 6.34 "Double T" kompozit kutu profil $m_L=0\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği



Şekil 6.35 "Double T" kompozit kutu profil $m_L=125\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği



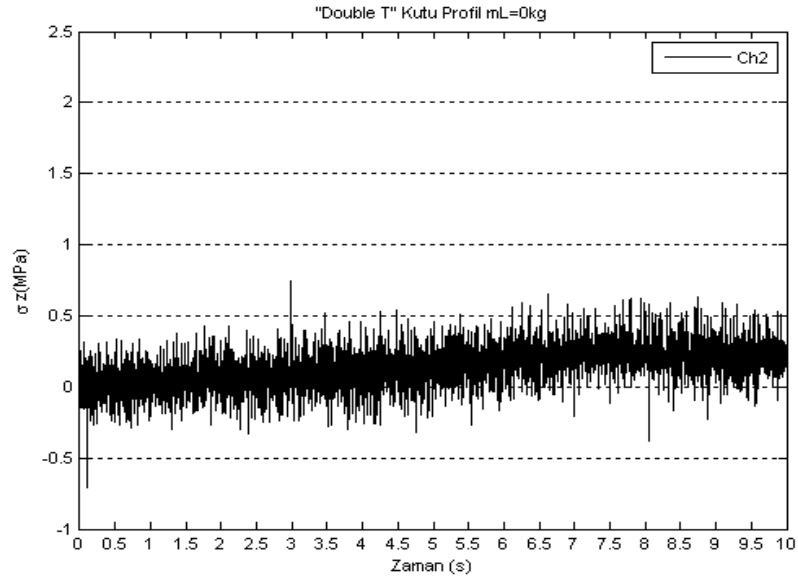
Şekil 6.36 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=250\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği



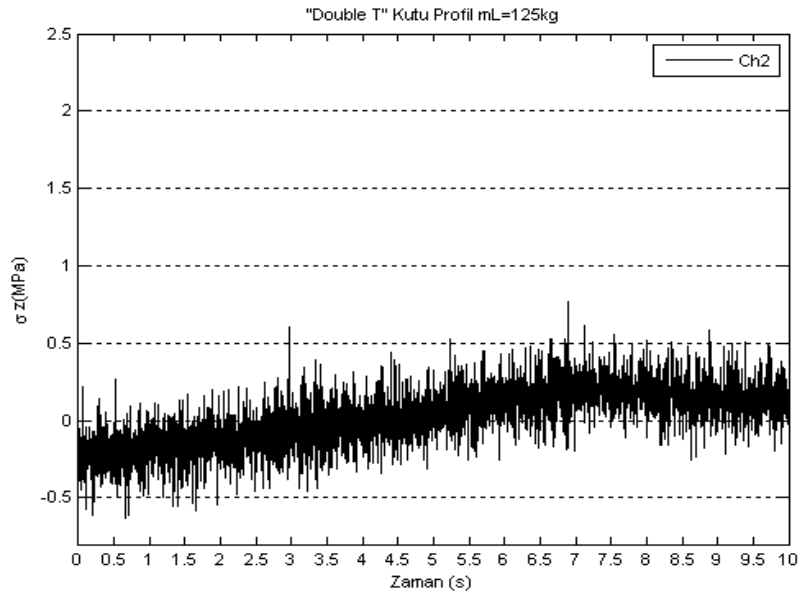
Şekil 6.37 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=375\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği

6.3.1.2 Ch2' den Alınan Deneysel Ölçüm Değerleri

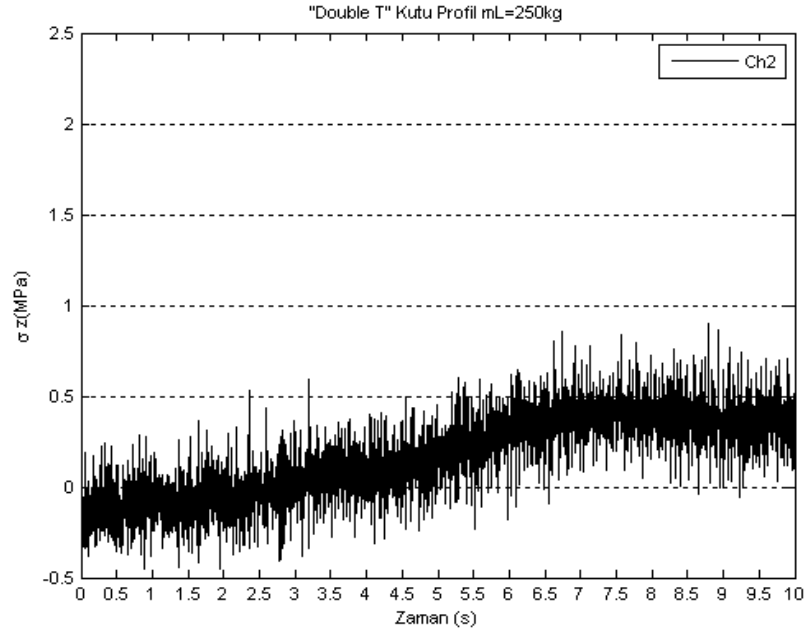
Şekil 6.29'da gösterilen ve "Ch2" olarak tanımlanan Straingauged'den alınan eğilme gerilmesi değerleri Şekil 6.38, Şekil 6.39, Şekil 6.40 ve Şekil 6.41'de gösterilmiştir



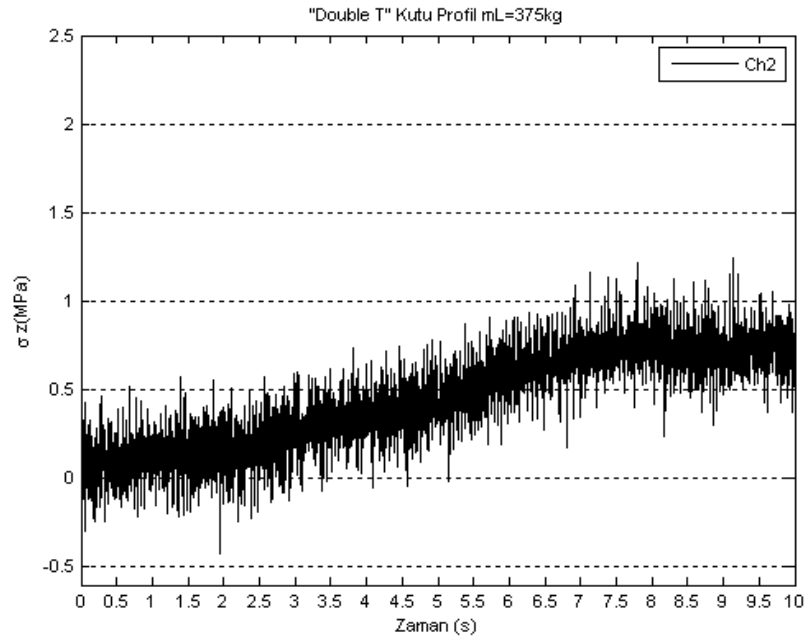
Şekil 6.38 "Double T" kompozit kutu profil $m_L=0\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği



Şekil 6.39 "Double T" kompozit kutu profil $m_L=125\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği



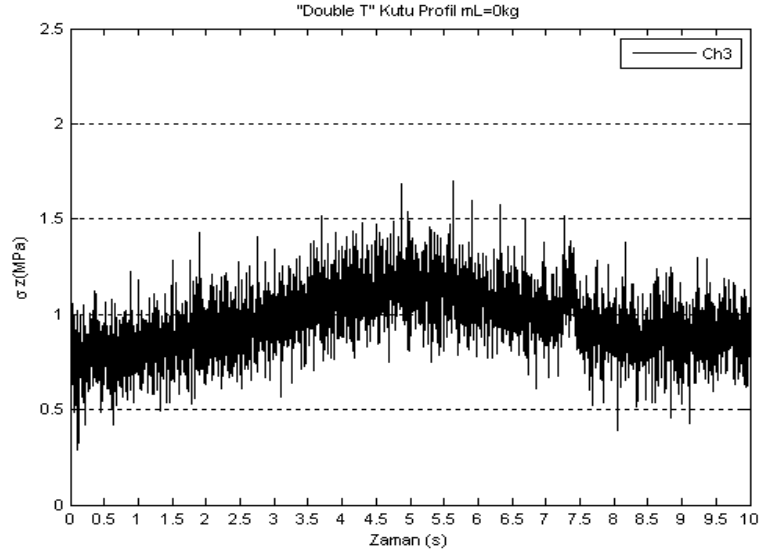
Şekil 6.40 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=250\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği



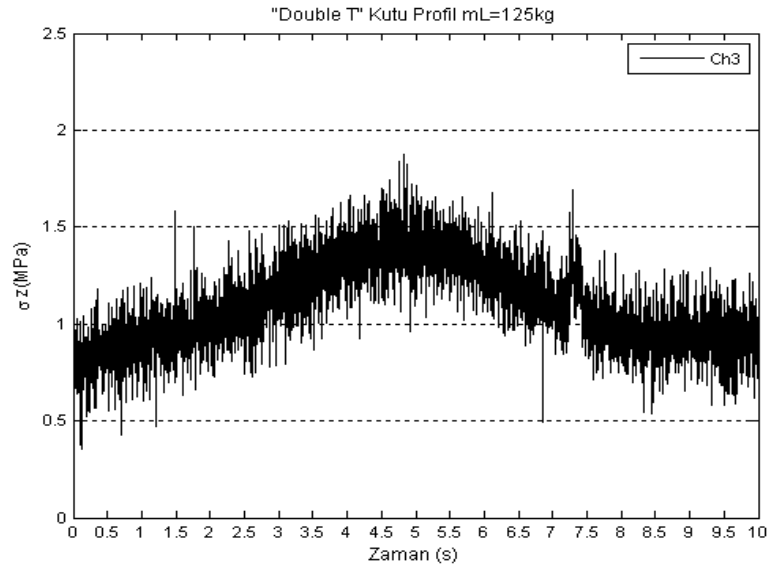
Şekil 6.41 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=375\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği

6.3.1.3 Ch3'den Alınan Deneysel Ölçüm Değerleri

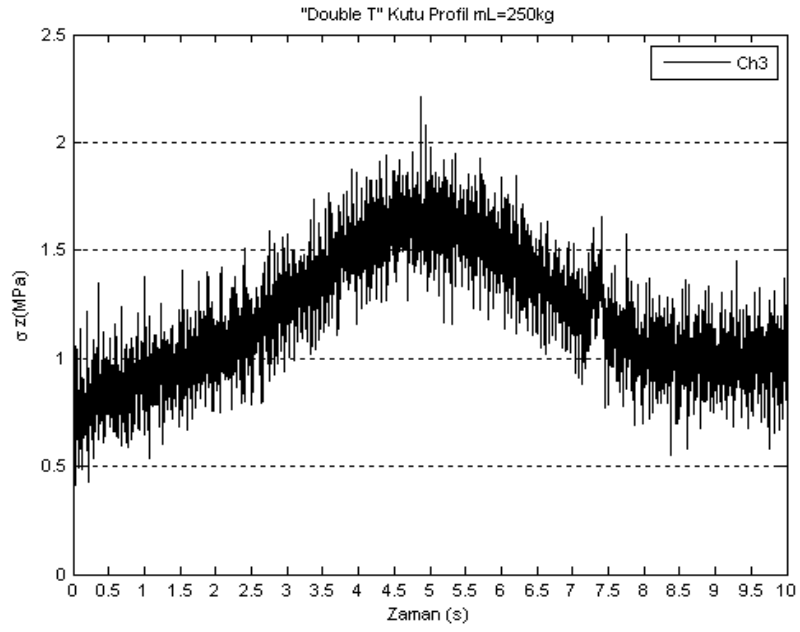
Şekil 6.29'da gösterilen ve "Ch3" olarak tanımlanan Straingauge'den alınan eğilme gerilmesi değerleri Şekil 6.42, Şekil 6.43, Şekil 6.44 ve Şekil 6.45'de gösterilmiştir.



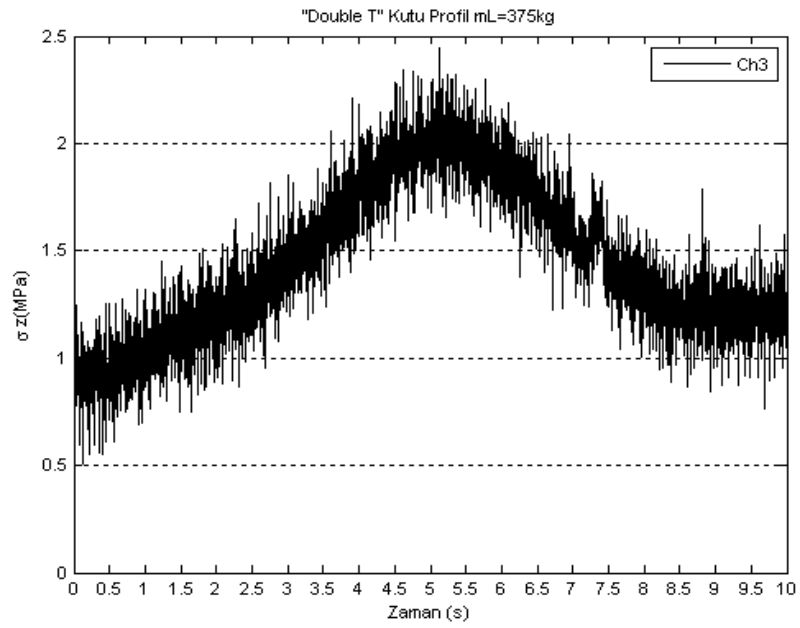
Şekil 6.42 "Double T" kompozit kutu profil $m_L=0\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği



Şekil 6.43 "Double T" kompozit kutu profil $m_L=125\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği



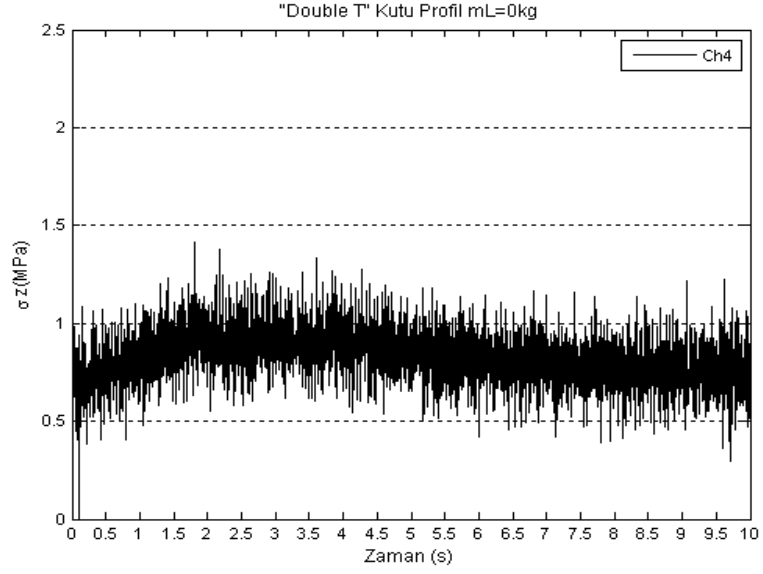
Şekil 6.44 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=250\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği



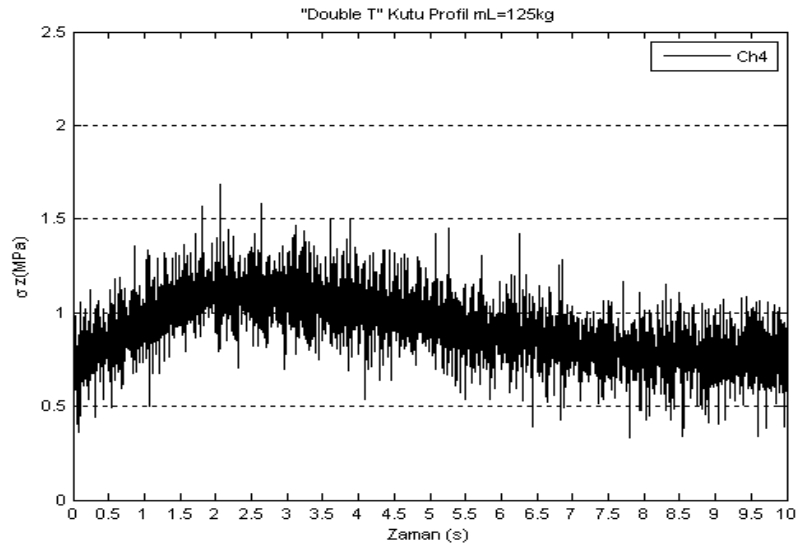
Şekil 6.45 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=375\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği

6.3.1.4 Ch4'den Alınan Deneysel Ölçüm Değerleri

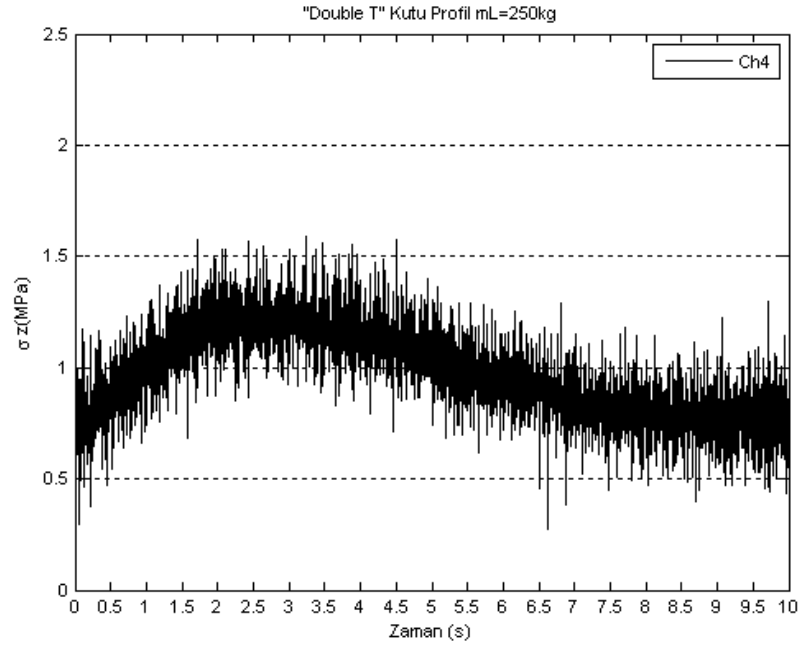
Şekil 6.29'da gösterilen ve "Ch4" olarak tanımlanan Straingauge'den alınan eğilme gerilmesi değerleri Şekil 6.46, Şekil 6.47, Şekil 6.48 ve Şekil 6.49'da gösterilmiştir



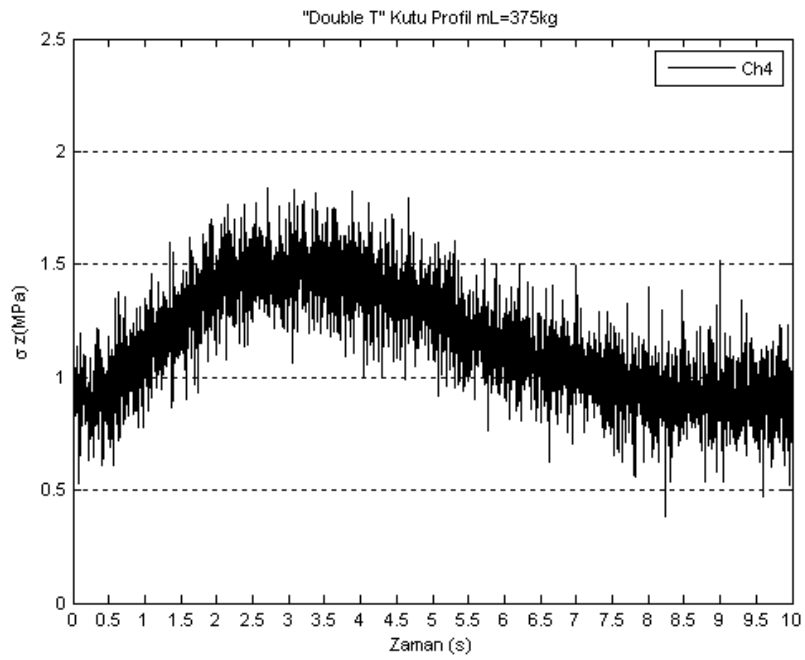
Şekil 6.46 "Double T" kompozit kutu profil $m_L=0\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği



Şekil 6.47 "Double T" kompozit kutu profil $m_L=125\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği



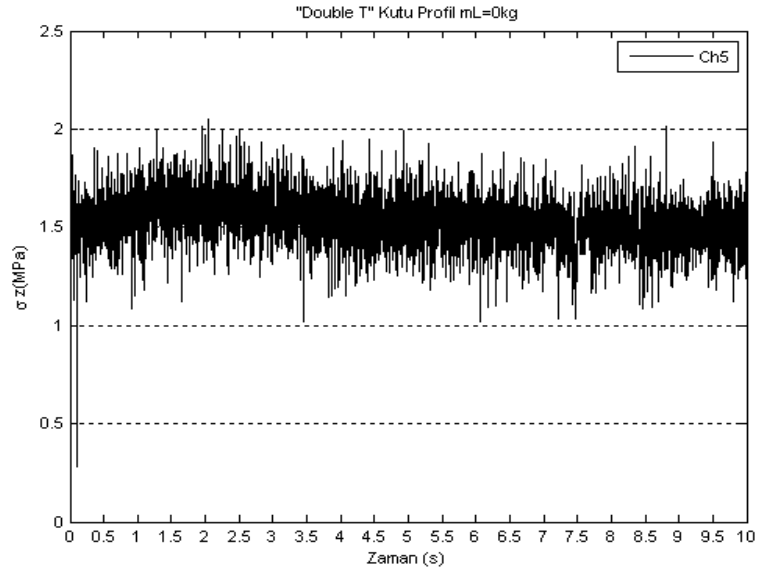
Şekil 6.48 "Double T" kompozit kutu profil $m_L=250\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği



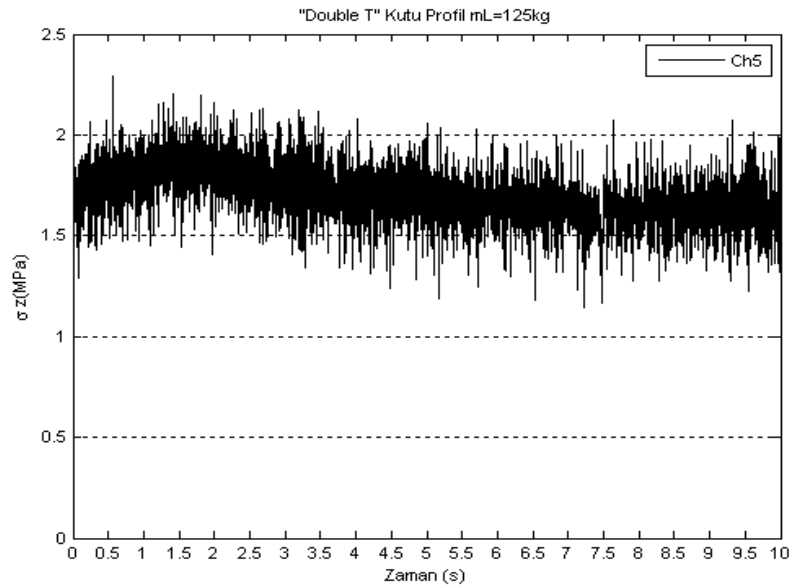
Şekil 6.49 "Double T" kompozit kutu profil $m_L=375\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği

6.3.1.5 Ch5'den Alınan Deneysel Ölçüm Değerleri

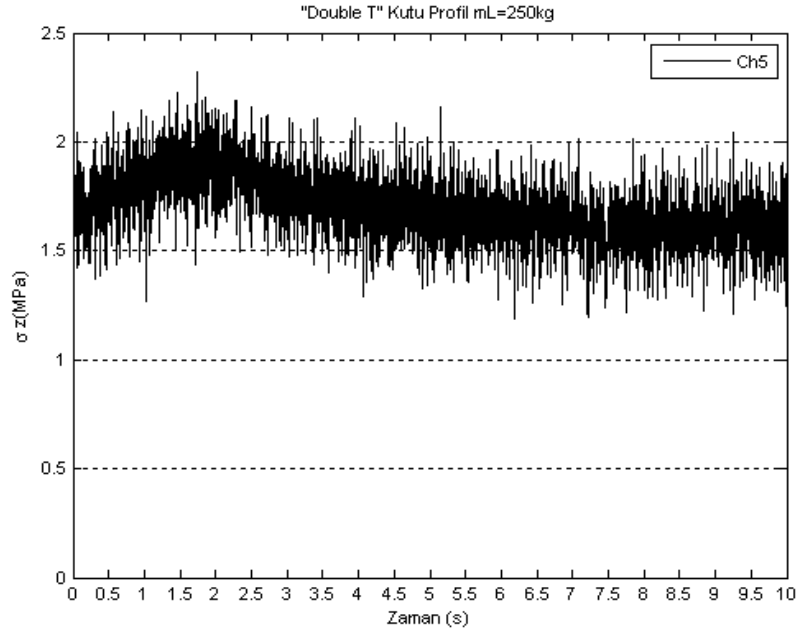
Şekil 6.29'da gösterilen ve "Ch5" olarak tanımlanan Straingauge'den alınan eğilme gerilmesi değerleri Şekil 6.50, Şekil 6.51, Şekil 6.52 ve Şekil 6.53'de gösterilmiştir



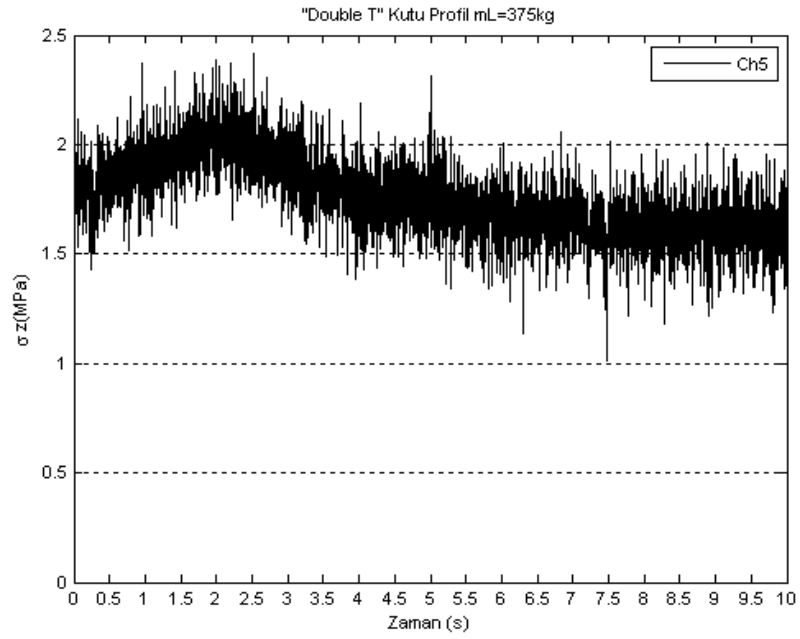
Şekil 6.50 "Double T" kompozit kutu profil $m_L=0\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği



Şekil 6.51 "Double T" kompozit kutu profil $m_L=125\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği



Şekil 6.52 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=250\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği



Şekil 6.53 “Double T” kompozit kutu profil $m_L=375\text{kg}$ için alınan ölçüm değerleri ile oluşturulan deneysel gerilme-zaman grafiği

6.4 Nümerik ve Deneysel Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

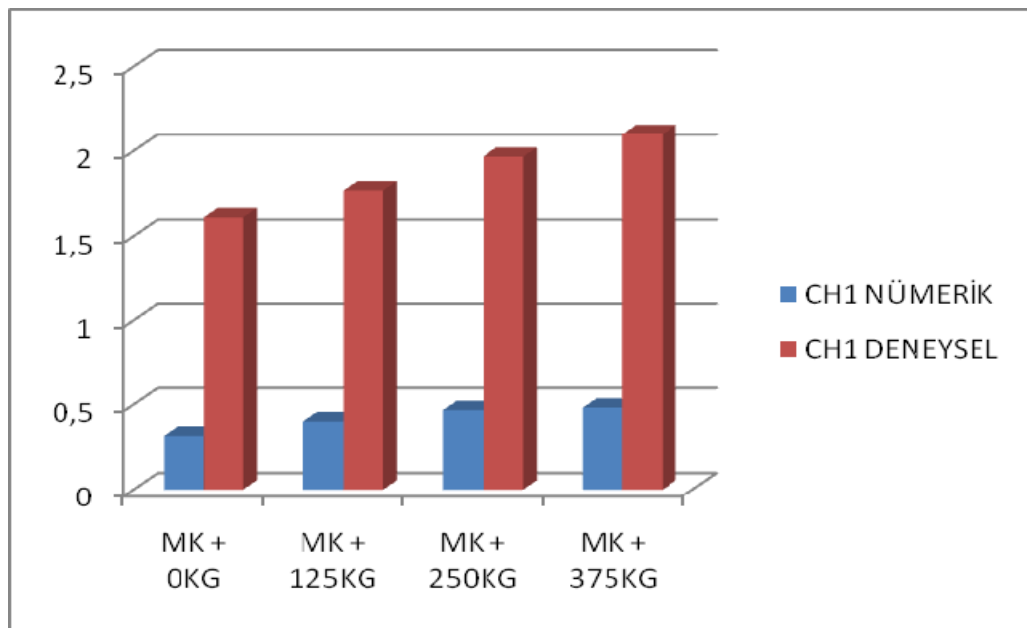
Bu bölümde RecurDyn V7.0 R1 programından elde edilen eğilme gerilmesi değerleri ile, hazırlanan deney düzeneğinden straingaugeler yardımıyla alınan eğilme gerilmesi değerleri karşılaştırılacaktır.

6.4.1 Ch1'den Alınan Deneysel ve Nümerik Sonuçların Karşılaştırılması

Ch1'den elde edilen nümerik ve deneysel sonuçlar Tablo 6.1 ve Şekil 6.54'te gösterildiği gibidir;

Tablo 6.1 Ch1 nolu kanaldan alınan deneysel ve nümerik eğilme gerilmesi değerleri (MPa)

DOUBLE "T"	CH1 NÜMERİK	CH1 DENEYSEL
M_k + 0KG	0,316	1,61
M_k + 125KG	0,4	1,767
M_k + 250KG	0,466	1,965
M_k + 375KG	0,481	2,101



Şekil 6.54 Ch1 nolu kanaldan alınan deneysel ve nümerik eğilme gerilmesi değerleri (MPa)

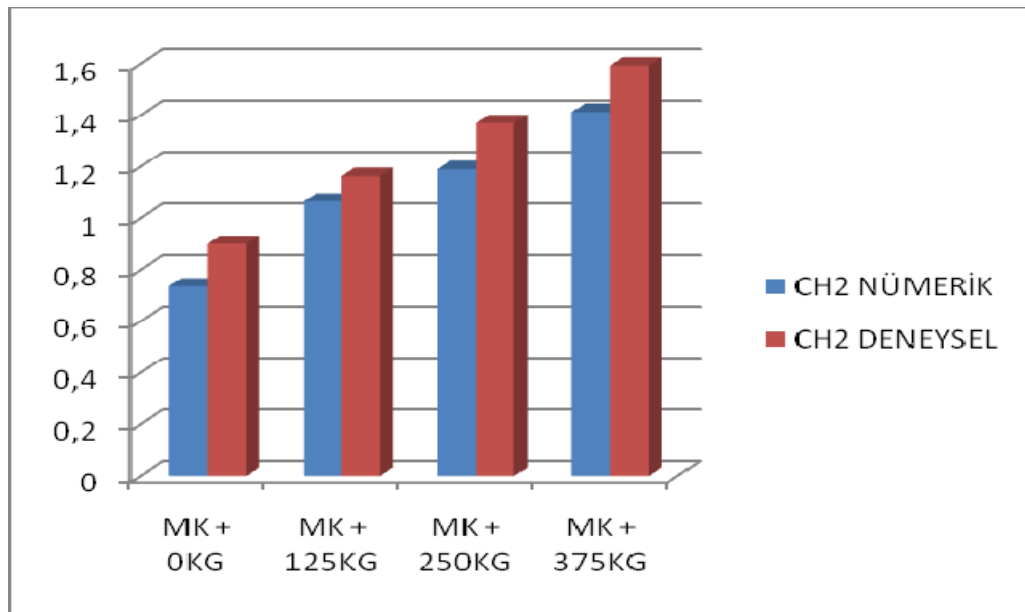
Ch1 nolu kanaldan alınan değerler incelendiğinde nümerik ve deneysel çalışmalar arasında bir fark olduğu görülmektedir. Bu farkın sebebi nümerik çalışmadaki şartların deneysel çalışmalara yansıtılmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Arabanın ilk harekete sabit bir ivmeyle başlaması, kren sehpasının yere tam olarak sabitlenememesi ve raylar ile tekerlekler arasındaki boşluktan dolayı ilk kalkış esnasında arabanın ani hareketinden dolayı oluşan salınım hareketinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

6.4.2 Ch2'den Alınan Deneysel ve Nümerik Sonuçların Karşılaştırılması

Ch2'den elde edilen nümerik ve deneysel sonuçlar Tablo 6.2 ve Şekil 6.55'te gösterildiği gibidir;

Tablo 6.2 Ch2 nolu kanaldan alınan deneysel ve nümerik eğilme gerilmesi değerleri (MPa)

DOUBLE "T"	CH2 NÜMERİK	CH2 DENEYSEL
M_k + 0KG	0,735	0,9
M_k + 125KG	1,065	1,163
M_k + 250KG	1,19	1,369
M_k + 375KG	1,413	1,593



Şekil 6.55 Ch2 nolu kanaldan alınan deneysel ve nümerik eğilme gerilmesi değerleri (MPa)

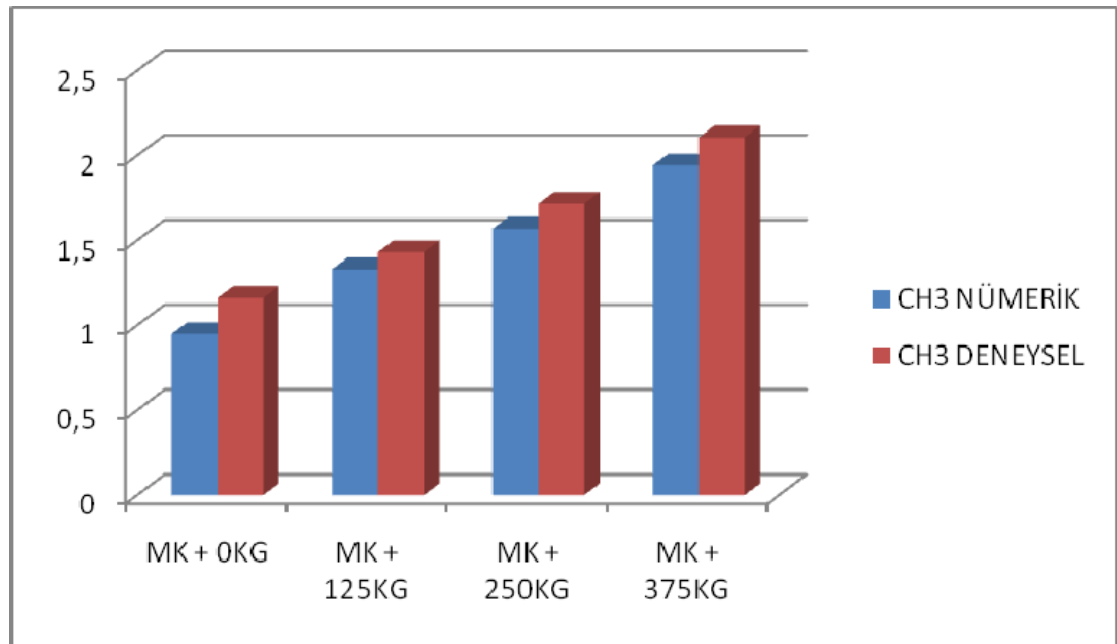
Ch 2 nolu kanaldan alınan ölçüm değerleri incelendiğinde deneysel değerlerin, nümerik değerlere göre yaklaşık olarak %15 daha yüksek olduğu görülmektedir. Aradaki farkın deneysel çalışmada hareket halindeki yükün oluşturduğu farklı salınım hareketleri ve hesaplanamayan dinamik etkilerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

6.4.3 Ch3'den Alınan Deneysel ve Nümerik Sonuçların Karşılaştırılması

Ch3'den elde edilen nümerik ve deneysel sonuçlar Tablo 6.3 ve Şekil 6.56'da gösterildiği gibidir;

Tablo 6.3 Ch3 nolu kanaldan alınan deneysel ve nümerik eğilme gerilmesi değerleri (MPa)

DOUBLE "T"	CH3 NÜMERİK	CH3 DENEYSEL
M_K + 0KG	0,948	1,16
M_K + 125KG	1,33	1,43
M_K + 250KG	1,569	1,715
M_K + 375KG	1,942	2,107



Şekil 6.56 Ch3 nolu kanaldan alınan deneysel ve nümerik eğilme gerilmesi değerleri (MPa)

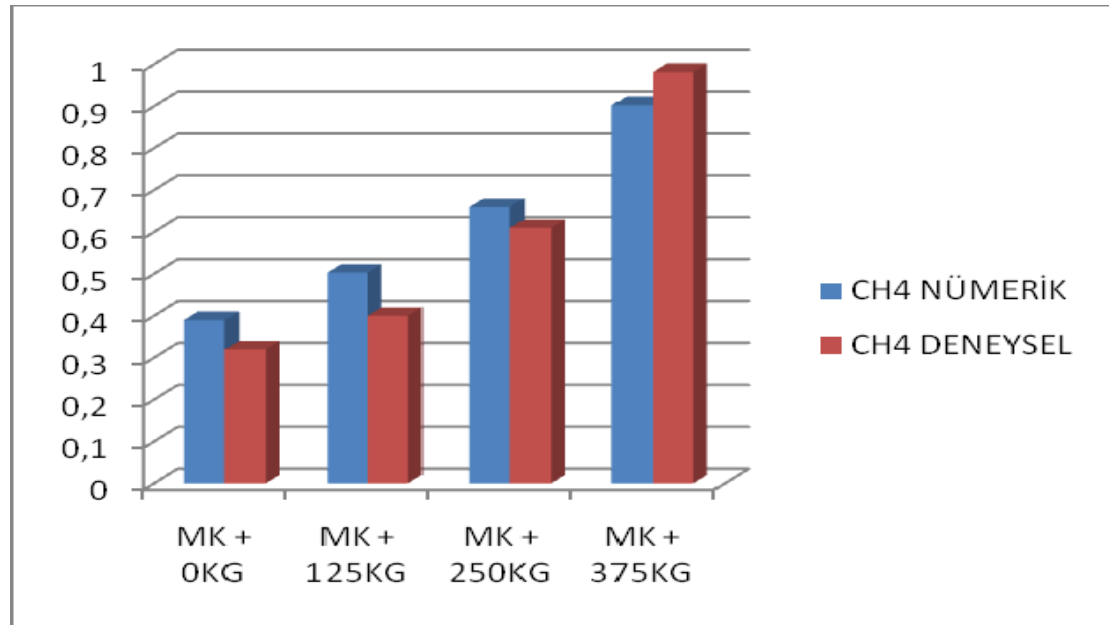
Ch3 nolu kanaldan alınan ölçüm değerleri incelendiğinde, deneysel ve nümerik değerler arasında yaklaşık %10-20 arasında farklılıklar görülmektedir. Bu farklılıkların hareket halindeki yükün hesaplanamayan dinamik etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kirişte elde edilen maksimum gerilme bu noktada oluşmuştur.

6.4.4 Ch4'den Alınan Deneysel ve Nümerik Sonuçların Karşılaştırılması

Ch4'den elde edilen nümerik ve deneysel sonuçlar Tablo 6.4 ve Şekil 6.57'de gösterildiği gibidir;

Tablo 6.4 Ch4 nolu kanaldan alınan deneysel ve nümerik eğilme gerilmesi değerleri (MPa)

DOUBLE "T"	CH4 NÜMERİK	CH4 DENEYSEL
M_k + 0KG	0,39	0,32
M_k + 125KG	0,503	0,4
M_k + 250KG	0,66	0,61
M_k + 375KG	0,903	0,982



Şekil 6.57 Ch4 nolu kanaldan alınan deneysel ve nümerik eğilme gerilmesi değerleri (MPa)

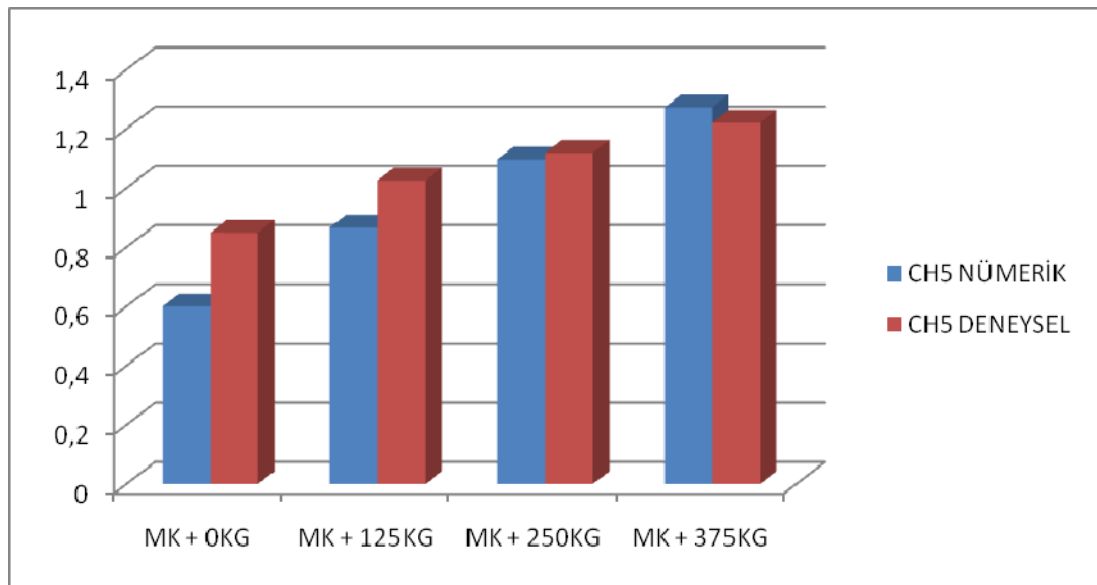
Ch4 nolu kanaldan alınan değerler incelendiğinde deneysel ve nümerik gerilme değerleri arasında yaklaşık olarak %15 civarında bir fark görülmektedir. Düşük ağırlıklarda nümerik gerilme değerlerinin deneysel değerleri aştığı görülmektedir. Bu farkın nümerik olarak yapılan çalışmadaki şartların, deneysel çalışmaya tam olarak aktarılamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Gerilme değerlerinde görülen azalma, yükün yaptığı salınım hareketinin azalmasına bağlanmaktadır.

6.4.5 Ch5'den Alınan Deneysel ve Nümerik Sonuçların Karşılaştırılması

Ch5'den elde edilen nümerik ve deneysel sonuçlar Tablo 6.5 ve Şekil 6.58'de gösterildiği gibidir;

Tablo 6.5 Ch5 nolu kanaldan alınan deneysel ve nümerik eğilme gerilmesi değerleri (MPa)

DOUBLE "T"	CH5 NÜMERİK	CH5 DENEYSEL
M_k + 0KG	0,6	0,85
M_k + 125KG	0,867	1,026
M_k + 250KG	1,097	1,119
M_k + 375KG	1,273	1,221



Şekil 6.58 Ch5 nolu kanaldan alınan deneysel ve nümerik eğilme gerilmesi değerleri (MPa)

Ch5 nolu kanaldan alınan gerilme değerleri incelendiğinde deneysel ve nümerik değerler arasında %15-20 arasında farklılıklar görülmektedir. Gerilme değerleri arasındaki farkların nümerik çalışmalardaki şartların, deneysel çalışma şartlarına tam olarak aktarılamaması ve hareketli yükün dinamik etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

6.5 Lazer İle Alınan Deneysel Sehim Değerlerinin, Nümerik Olarak Belirlenen Sehim Değerleri İle Karşılaştırılması

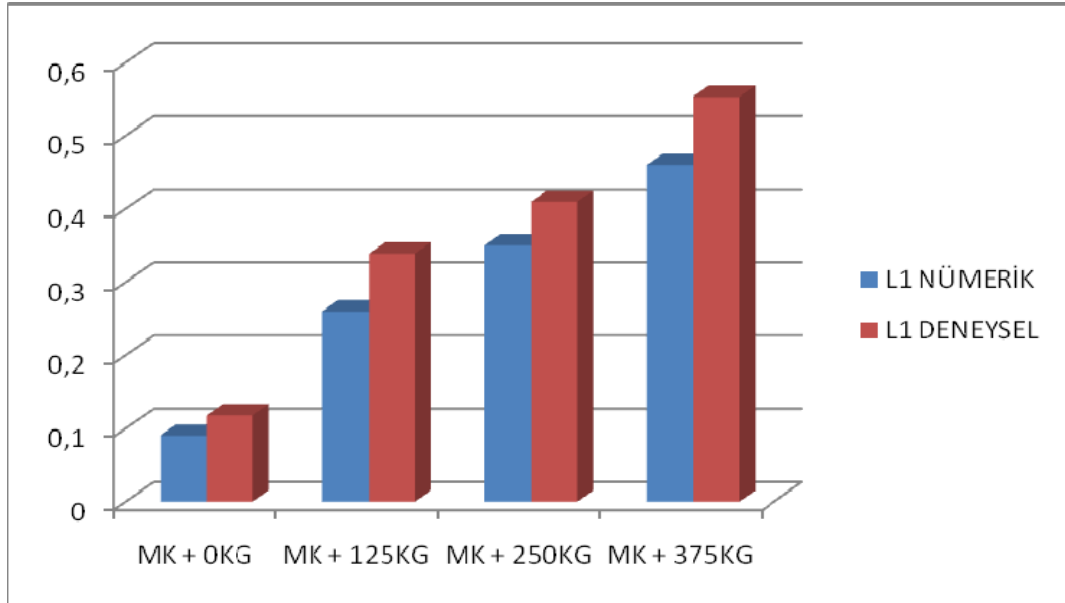
Şekil 6.29’da gösterildiği gibi konumlandırılan lazer ölçüm cihazları “Ch2” ve “Ch3” nolu kanallardan ölçüm alacak şekilde ayarlanmıştır. Bu bölümde RecurDyn V7.0 R1 programından elde edilen sehim değerleri ile, hazırlanan deney düzeneğindeki lazer ölçüm cihazlarından alınan deneysel sehim değerleri karşılaştırılacaktır.”Ch3” nolu kanala yerleştirilen lazer “L1”, “Ch2” nolu kanala yerleştirilen lazer “L2” olarak adlandırılmıştır.

6.5.1 L1’den Alınan Ölçüm Değerlerinin, Nümerik Ölçüm Değerleri İle Karşılaştırılması

Elde edilen nümerik ve deneysel sehim sonuçları Tablo 6.6 ve Şekil 6.59’da gösterildiği gibidir;

Tablo 6.6 Deneysel ve nümerik sehim değerleri (mm)

DOUBLE "T"	L1 NÜMERİK	L1 DENEYSEL
M_k + 0KG	0,09	0,118
M_k + 125KG	0,26	0,339
M_k + 250KG	0,35	0,41
M_k + 375KG	0,46	0,553



Şekil 6.59 Deneysel ve nümerik sehim değerleri (mm)

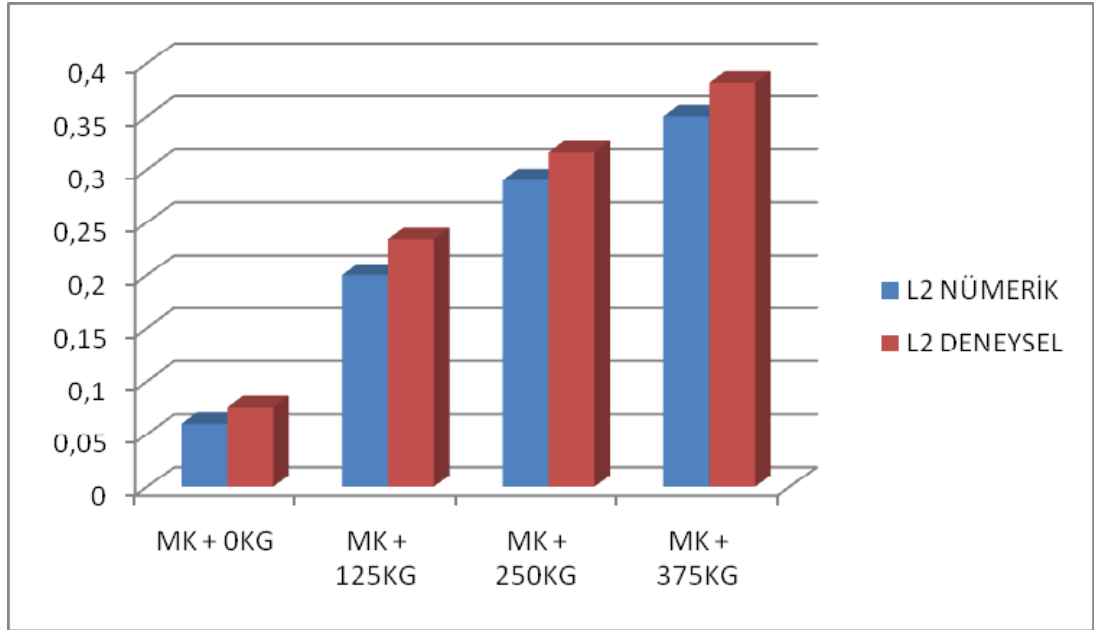
1 nolu lazerden alınan ölçüm değerleri ile nümerik ölçüm değerleri karşılaştırıldığında yaklaşık olarak %20 civarında farklılıklar görülmüştür. Sehim değerlerinin “L/1000” değerini geçmediği, aradaki farkların dinamik etkilerden kaynaklandığı düşünülmüştür.

6.5.2 L2'den Alınan Ölçüm Değerlerinin, Nümerik Ölçüm Değerleri İle Karşılaştırılması

Elde edilen nümerik ve deneysel sehim sonuçları Tablo 6.7 ve Şekil 6.60'da gösterildiği gibidir;

Tablo 6.7 Deneysel ve nümerik sehim değerleri (mm)

DOUBLE "T"	L2 NÜMERİK	L2 DENEYSEL
M_K + 0KG	0,06	0,075
M_K + 125KG	0,2	0,234
M_K + 250KG	0,29	0,316
M_K + 375KG	0,35	0,382



Şekil 6.60 Deneysel ve nümerik sehim değerleri (mm)

2 nolu lazerden alınan ölçüm değerlerinde deneysel ve nümerik analiz sonuçlarında yaklaşık olarak %20 civarlarında farklılıklar görülmektedir. Elde edilen değerler “L/1000” emniyetli sehim değerini geçmemekler beraber aradaki farkın dinamik yükün etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

BÖLÜM YEDİ

DEĞERLENDİRME

Yapılan araştırmalar ve literatür taramaları sonucunda kompozit kutu profillerin kren ana kirişi olarak kullanımasının önceden yapılmamış bir çalışma olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmada “Double T” kompozit kutu profillerin dinamik yükler altındaki deneysel ve nümerik davranışı incelenmiş, kompozit kutu kirişin kren ana kirişi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Deneysel ve nümerik çalışmalardan elde edilen gerilme değerleri kıyaslandığında deneysel çalışmaların nümerik çalışmalardan 1.2 kat daha büyük olduğu görölmüştür. Deneysel dinamik yüklerden kaynaklanan gerilmelerin yüksek olması nedeniyle, emniyet katsayısı değerinin bu tasarımda 1.2’den yüksek alınması gerekli olduğunu göstermiştir. Ayrıca kompozit profillerin elastisite değerlerinin 0°’ye göre 90°’de daha düşük olduğu ve kopma sırasında uzama göstermeden gevrek olarak koptuğu düşünölrse, emniyet katsayılarının yüksek tutulması daha uygun olacaktır.

Arabanın ani hareketlerinin gerilmeler üzerindeki etkisi oldukça büyük olarak tespit edilmiştir. “Ch1” nolu Straingauge’den alınan ölçümlerle nümerik değerler arasındaki büyük farkın, arabanın ani ivmelenmesinden ve sehpanın tam olarak sabitlenememesinden kaynaklandığı düşünölmüştür. Arabanın daha düşük ivmelerle hareketlenmesi durumunda bu gerilme değerleri daha düşük olacaktır.

Yükün artışına bağlı olarak gerilme değerlerindeki artış incelendiğinde, değerlerin lineer bir şekilde arttığı görölmüştür. Buna bağlı olarak kompozit kutu profilin deney yüklerinin çok üzerindeki yükleri emniyetli sehim değerini aşmadan, rahatlıkla kaldıracıleceğini göstermiştir. Profilin geometrik şeklinde yapılan değişikliklerle kaldırılabilecek yük değerleri çok daha yüksek değerlere ulaşabilir.

Salınım hareketinin dinamik yükler üzerindeki etkisi yapılan deneysel ve nümerik çalışmalar arasındaki farktan görölmektedir. Salınım hareketinin artmasına bağlı

olarak hareketli yükün dinamik etkileri de artmakta ve kompozit kutu kiriş üzerindeki gerilme değerlerini arttırmaktadır.

Geometrik olarak daha dayanıklı olması düşünülen “Double T” kutu profilin gerilme değerlerinin yüksek çıkmasının sebebi kontraplak malzemenin etkisi olduğu düşünülmüştür. Kontraplak malzemenin elastisite modülünün CTP malzemeye yakın olmasına karşın CTP malzemeye göre daha düşüktür.

Yapılan deneysel ve nümerik analizler “Double T” kompozit profilin belirli şartlar altında, uygun emniyet katsayı değerleri alınarak, kren ana kirişi olarak kullanılabilceğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

- Arıcasoy, O. (2006). Kompozit Sektör Raporu. *İstanbul Ticaret Odası Yayınları, 1*, 4-15.
- Bekhta P., Hızıroğlu, S., & Shepelyuk O. (2009). Properties of plywood manufactured from compressed veneer as building material. *Materials and Design, 30*, 947–953
- Boğoçlu M. E., Sağırılı A. ve Azeloğlu C. O. (b.t). *Transport Tekniği*. 15 Haziran 2008, www.yildiz.edu.tr/~bogoclu/Transport_5.pdf
- Bülten Ağustos 2005, Sayı 1 CTP eki*, (20 Temmuz 2007). 22 Temmuz 2007, http://www.ctpsander.org.tr/Dokumanlar/Aralik2005_Sayi1_Ctpeki.pdf
- Chotard, T. J., & Benzeggagh M. L.(1997). On the mechanical behaviour of pultruded sections submitted to low-velocity impact. *Composites Science and Technology, 58*, 839-854
- Correia, J. R., Cabral-Fonseca, S., Branco, F. A., Ferreira, J. G., Eusébio, M. I., Rodrigues, M. P. (2006). Durability of pultruded glass-fiber-reinforced polyester profiles for structural applications. *Mechanics of Composite Materials, 42*, 463-474
- Gan, L.H., Ye, L., & Mai, Y.W. (1999). Optimum design of cross-sectional profiles of pultruded box beams with high ultimate strength. *Composite Structures, 45*, 279-288
- Gerdemeli İ. (b.t). *Transport tekniğinde ileri konular*, 28 Mayıs 2008, www.mkn.itu.edu.tr/~gerdeme/MAK625/MAK625-2.pdf

- Gerdemeli İ. (b.t). *Transport sistemlerine etkiyen kuvvetler*, 28 Mayıs 2008
www.mkn.itu.edu.tr/~gerdeme/MAK625/MAK625-4.pdf
- Gerdemeli İ. (b.t). *Kren çeşitleri ve konstrüksiyonu*. 28 Mayıs 2008
www.mkn.itu.edu.tr/~gerdeme/MAK419/MAK419-9.pdf
- Gerdemeli İ. (b.t). *Pratik konstrüksiyon hesapları*. 15 Haziran 2008
www.mkn.itu.edu.tr/~gerdeme/MAK625/MAK625-11.pdf
- Gerdemeli İ. (b.t). *FEM ve DIN normları ile transport sistemlerinin projelendirilmesi*.
 15 Haziran 2008.
www.mkn.itu.edu.tr/~gerdeme/MAK625/MAK625-12.pdf
- Güller B. (2001). Odun kompozitleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 135-160.
- Ivanov, I.V., Sadowski, T., Filipiak, M., Kneć, M. (2008). Experimental and numerical investigation of plywood progressive failure in CT tests. *Budownictwo Architektura*, 2, 79-94
- İmrak E. C. ve Fetvacı C. M.(b.t). *Krenlerin periyodik koruyucu bakım esasları*. 28 Şubat 2008,
www.mmo.org.tr/resimler/ekler/5422afb467e9456_ek.pdf?dergi
- Kara C. (2008). Farklı taşıyıcı sistemli krenin analizi. 20 Ocak 2009 *Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*
http://www.fbe.deu.edu.tr/ALL_FILES/Tez_Arsivi/2008/YL_t2330.pdf
- Kompozit malzemeler (pdf)*. (b.t). 26 Nisan 2009
http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/malzeme_bilgisi/kompozit%20malzemeler.pdf

- Kopnov, V.A. (1999). Fatigue life prediction of the metalwork of a travelling gantry crane. *Engineering Failure Analysis*, 6, 131-141.
- Liao, K., Schultheisz, C. R., & Hunston D.L. (1999). Long-term environmental fatigue of pultruded glass-fiber-reinforced composites under flexural loading. *International Journal of Fatigue*, 21, 485–495.
- Mallick, P. K. (1997). *Composite Engineering Handbook (2. Baskı)*. NY: Marcel & Dekker.
- Maloney, T.M. (1996). The Family of Wood Composite Materials, *Forest Products Journal*, 46, 2-199.
- Mendes Ferreira A. J., Ribeiro, M. C. S., & Torres Marques A. (2004). Analysis of hybrid beams composed of GFRP profiles and polymer concrete. *International Journal of Mechanics and Materials in Design*, 1, 143–155.
- Niezdgodzinski, T., & Kubiak, T. (2005). The problem of stability of web sheets in box-girders of overhead cranes. *Thin-Walled Structures*, 43, 1913–1925
- Sarıbıyık M. ve Öztürk O.(2005). Pultruzyon metoduyla üretilen cam elyaf takviyeli plastiklerin prefabrik yapı tasarımında kullanılması. 26 Nisan 2009,4. uluslararası ileri teknolojiler sempozyumu, <http://kocaeli2007.kocaeli.edu.tr/kocaeli2005/bildiriler.htm>
- Sarıbıyık M. (2006). *Hafif yapı tasarımında pultruzyon metodu ile üretilen camelyaf takviyeli plastiklerin kullanılması*. 20 Nisan 2009, http://www.mmf.gazi.edu.tr/journal/2007_1/DERGI%202007%20V22%20NO1%20_sayfa%20199-205_.pdf
- Ünal O.(b.t). Kompozit Malzemeler. *Yapı malzemesi ders notları*. 26 Nisan 2009,

<http://www.muhendisiz.net/viewtopic.php?p=56803>

Yıldız K. ve Özman E. (2009). *Selçuk üniversitesi teknik bilimler meslek yüksekokulu teknik-online dergi*, 8, 20 Nisan 2009,

<http://alaeddin.cc.selcuk.edu.tr/~tekbil/ocaknisan2009/kursat/kursat.pdf>