

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

POLİMER KATKILI KOMPOZİT BETONLARIN
ATMOSFERİK VE DENİZEL KOŞULLARDAKİ
PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

A. Soner BAYRAM

Haziran, 2010
İZMİR

**POLİMER KATKILI KOMPOZİT BETONLARIN
ATMOSFERİK VE DENİZEL KOŞULLARDAKİ
PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Deniz Teknolojisi Anabilim Dalı

A. Soner BAYRAM

Haziran, 2010

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

A.SONER BAYRAM tarafından **Doç.Dr. GÖKDENİZ NEŞER** yönetiminde hazırlanan **“POLİMER KATKILI KOMPOZİT BETONLARIN ATMOSFERİK VE DENİZEL KOŞULLARDAKİ PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....
Doç. Dr. Gökdeniz NEŞER

Danışman

.....
Doç. Dr. Selçuk TÜRKEL

Jüri Üyesi

.....
Doç. Dr. Halit YAZICI

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Ülkemizde yaygın olarak bulunan hafif agregaların yapı sektörü içerisinde geniş bir kullanım alanı bulunmakta ve yoğun olarak kullanılmaktadır. Asidik ve bazaltik karakterli pomzalar bu amaçla kullanılan en yaygın ürünlerdir. Türkiye, bu açıdan çok zengin rezervlere hemen her bölgede sahiptir.

Biz bu çalışma ile yeni bir pencere açmayı düşündük. Çalışmamızın sadece üniversite ortamında kalmaması ve ticari olarak da üretilip kullanılma şansını arttırmak için, çalışmamız boyunca maliyet kaygısını da göz önünde tutarak hareket ettik. Bu çalışma temelinde kullanılabilir malzeme çeşidi çok fazladır. Agregalar olarak Isparta, Nevşehir, Tatvan, Erzurum, Kars yöresi pomzaları, Kütahya, Eskişehir, Afyon yöresi ignimbiritleri, genleşmiş veya ham perlitler, vermikülitler vb. yüzlerce malzeme kullanılabilir. Yine bağlayıcı olarak beyaz çimento yerine, normal çimento, çimento-uçucu kül karışımı, alçı, kireç, soral çimento, magnezyum oksit, magnezyum sülfat, polyester reçineler vb. bir çok ürün kullanılabilir. Dileriz farklı araştırmacılar da bu malzemeler üzerinde çalışarak bu alanı genişletirler.

Çalışma konusunun belirlenmesi ve yöntemin oluşturulması konusunda desteğini her zaman gördüğüm danışman Hocam Doç.Dr. Gökdeniz NEŞER' e teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca deneyleri yapabilmem için laboratuvarını bana açan Süleyman Demirel Üniversitesi Pomza Araştırma Merkezi Müdürü Prof. Dr. Lütfullah GÜNDÜZ'e teşekkür ederim.

Bu yaştan sonra yaşadığım öğrencilik stresine katlanan eşime ve çocuklarıma da teşekkür ederim.

POLİMER KATKILI KOMPOZİT BETONLARIN ATMOSFERİK VE DENİZEL KOŞULLARDAKİ PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZ

Bu çalışmada son yıllarda gelişen kompozit beton teknolojisinden kıyı ve deniz yapılarında nasıl faydalanılabileceğini tartışmak için, bu betonların denizel ortamlara direnci araştırılmıştır.

Öncelikli olarak konut yapıları için geliştirilmiş olan ve başlıca özelliği hafiflik olan kompozit betonlar; bina yüklerinin; dolayısı ile deprem etkilerinin azaltılması ve ısı yalıtımı açısından olumlu yönleri nedeniyle kullanımı sürekli artan ürünlerdir. Gözenekli olmalarından ileri gelen mukavemet düşüklüğü ve su emme gibi dezavantajları ise polimerlerin ve katkı maddelerinin gelişmesi ile birlikte kolaylıkla aşılabilen sorunlardır. Bu çalışmada farklı agregalar ile üretilen kompozit beton karışımlarının, denizel koşullara dayanımlarını test edilmiştir. Hazırlanan karışımlar birer beton reçetesi olup ihtiyaca göre, küçük değişiklikler ile deniz ve kıyı yapılarının onarılması ve korunması amaçlı olarak sıva gibi kullanılacağı veya düşük yoğunluklarının verdiği avantaj ile yüzen yapıların inşaatlarında bunlardan yararlanılacağı düşünülmektedir.

Hafif beton yapımında birinci ihtiyacın hafif agrega olması sebebiyle çalışmalarda ana malzeme olarak Manisa Kula yöresinde bulunan volkanik curuf (scoria-bazaltik pomza) agrega üzerine yoğunlaşmıştır. Malzemenin bol ve ucuz olarak bulunması; ayrıca Ege kıyılarına yakınlığı nedeniyle nakliye maliyetlerinin düşük olması, bu çalışmada ortaya çıkacak ürünün ticari şansını arttıracak birer avantaj olarak görülmüştür. Benzer şekilde farklı yörelerde yapılacak deniz yapıları için; bu çalışma temel alınarak o yöreye yakın hammadde kaynakları değerlendirilebilir. Örneğin Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yapılacak yapılar için Hatay Yöresi volkanik curufları, Batı Akdeniz Bölgesi'nde yapılacak yapılar için Isparta Yöresi pomzaları kullanılabilir.

Sadece bağlayıcı ve volkanik curuf agregası karışımı ile yoğunluğu 1100-1500 kg/m³ yoğunluklu beton elde edilebilmektedir. Farklı üretim teknikleri ile değişik sonuçlar alınabilmekle beraber, yoğunluk ile mukavemet arasında doğrusal bir ilişki vardır. Bu karışımı ihtiyaca göre daha hafif veya daha ağır yapıma amaçlı olarak sırasıyla porselen agregası, perlit agregası ve andezit agregası da karışımlar içerisinde kullanılmıştır.

Sonuç olarak kompozit betonların deniz ve kıyı yapılarında da kullanılabileceği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Kompozit, Beton, Deniz, Dayanım

COMPARISON OF PERFORMANCE OF COMPOSITE CONCRETES UNDER ATMOSPHERIC AND MARINE ENVIRONMENTS

ABSTRACT

In this study, the use of advanced composite concrete technology in marine applications has been investigated experimentally.

The composite concretes primarily used in building technology due to their lightweight and durability, strength during dynamic loading such as earthquake loads have a market potential increasing day by day. Some drawbacks such as weakness due to their lightweight and water absorption capability can be overcome by adding polymers and the other additives.

In the experimental stage of the study, the mix of composite concrete improved by some polymers additives and the different aggregates have been used as the test materials. Using of this type of materials in marine environment have some distinguished advantages such as buoyancy due to their lightweight and can be used as the mortar for repair and maintenance purposes.

Since the primary component of a light concrete is the light aggregate, scoria (come from Kula / Manisa region of Turkey) has been used. Because this material has some advantages such as availability, and cost effectiveness, it can find a chance to enter easily to the related market. Similar materials can be found in the Aegean Region of Turkey so that the construction of marine facilities can be performed by using the light aggregate from the closest region i.e. for the construction in Eastern Mediterranean, scoria from Hatay can be used.

It can be obtained concrete of the density of $1100 - 1500 \text{ kg/m}^3$ with the scoria and ordinary cement. Although it can be obtained different characteristic by different production techniques, there is always a linear relationship between density and strength of the materials. Porcelain, perlite and andezite aggregates have been used in order to obtain different concrete properties.

As a the result, it has been found that the composite concretes can be used as the construction materials for the marine applications.

Keywords: Composite concrete, Marine application, Degredation

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
BÖLÜM BİR GİRİŞ	1
BÖLÜM İKİ KAYNAK BİLGİSİ	3
2.1 Kompozit Betonlar	3
2.1.1 Kompozit Beton Kullanım Alanları.....	4
2.1.2 Kompozit Betonda Kullanılan Malzemeler	4
2.2 Deniz Yapıları	5
2.3 Deniz Yapılarında Kompozit Beton İhtiyacı	5
BÖLÜM ÜÇ MATERYAL ve METOD	8
3.1 Volkanik Curuf Agrega	8
3.2 Seramik Agrega	14
3.3 Andezit Agrega	15
3.4 Perlit Agrega	15
3.5 Çimento	16
3.6 Polimerler.....	18
3.6.1 Hidroksi Metil Etil Selüloz	18
3.6.2 Priz Hızlandırıcı Polimer.....	18
3.6.3 Su İtici Toz Polimer	18
3.6.4 Bağ Kuvveti Arttırıcı Toz Polimer.....	18
3.6.5 Rötire Giderici Toz Polimer.....	18
3.6.6 Çiçeklenme Giderici Toz Polimer.....	18
3.7 Kullanılan Yöntem	19

3.8 Karıştırma Yöntemi	19
3.9 Karışım Hesapları	20
BÖLÜM DÖRT DENEYSEL ÇALIŞMALAR	21
4.1 Sertleşmiş Harcın Birim Hacim Ağırlığı Tayini	21
4.2 Sertleşmiş Harcın Eğilme Dayanımının Tayini	24
4.3 Sertleşmiş Harcın Eğilme Dayanımının Tayini	27
4.4 Sertleşmiş Harcın Kapiler Etkiler Esnasında Su Emme Katsayı Analizi	30
4.5 Sülfat (Na_2SO_4) ve Tuz (NaCl) Dayanıklılık Analizi	33
BÖLÜM BEŞ ARAŞTIRMA VE BULGULAR	36
5.1 Birim Hacim Ağırlık	51
5.2 Basınç Mukavemetleri	52
5.3 Kapilerite	53
5.4 NaCl Direnci	53
5.5 Na_2SO_4 Direnci	54
BÖLÜM ALTI SONUÇ VE ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR	57

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Üç tarafı denizler ile kaplı olan ülkemizde maalesef deniz kültürü eldeki imkanlar oranında gelişmemiştir. Bu özellik; gerek kıyı yapılarının ve deniz araçlarının azlığı ile birlikte, deniz ürünlerinin tüketim miktarları ile de göze çarpmaktadır. Ancak bu sektörlerde çok hızlı bir artış gözlenmektedir. Türkiye tersaneleri dünyanın önemli gemi üretim merkezleri arasına girmiştir. Yat turizmi açısından dünyanın en uygun üç bölgesinden biri olan (Karayibler ve Adriyatik Kıyıları ile birlikte) Ege ve Akdeniz kıyılarında marina yatırımları devam etmektedir. Ayrıca 1980’li yıllarda dikkat çekmeye başlayan turizm sektörü son 10 yıl içerisinde daha da hızlanmış, bu da otel ve tatil köyleri ile birlikte iskele, rıhtım, dolfın gibi küçük büyük deniz yapıları ihtiyacı doğurmuştur. Kıyılarda yapılan kültür balıkçılığı ise önemli bir ihracat kalemi olmuştur.

Dünya ve Türkiye ticaretinin artışı ile birlikte deniz nakliyesinin önemi de artmış, mevcut limanlara yenilerinin eklenmesi ihtiyacını doğurmuştur. Ayrıca bir çok büyük kurum da kendi limanlarını inşa ederek kullanmaktadırlar. Böylece deniz yapısı şantiyeleri ve bunlara dönük malzeme ihtiyacı bugün ve gelecek için önemli bir sektör olacaktır.

Hemen her türlü deniz yapısındaki temel ihtiyaçlar; mukavemet, neme ve tuzlu suya dayanım olmaktadır. Betonun gözenekli bir malzeme olması nedeniyle, kapilarite etkisiyle su emmesine neden olmaktadır. Su emme oranı betonun malzemelerinin özelliklerine, tane çapına ve tane şekline göre değişebilmektedir. Su veya nemim bu şekilde beton içerisinde hareketi; kuruyan kesimlerde suyun buharlaşarak havaya uçuşması ve geride ergimiş tuzları bırakarak lekelenme ve çiçeklenmelere sebep olmaktadır. Ayrıca suyun donma esnasında hacimce genişlemesi, son derece rijit bir malzeme olan betonu zamanla tahrip edebilmektedir.

Deniz suyunun yüksek oranda NaCl içermesi, onu beton için daha tahrip edici yapmaktadır (Sarıışık,1995). Bu çalışmada üretilen kompozit betonlar, mukavemet olarak klasik betondan daha düşük basınç mukavemetlerine sahiptir. Maliyet kaygısı düşünülmediğinde, mukavemet sorununu da aşmak mümkündür. Hafiflikleri ve aderanslarının yüksekliği, klasik harç ve betonlara göre avantaj sağlayacaktır.

Kullanılan ana agregası, gözenekli yapıdaki volkanik cüruf agregası olmasına rağmen, uygun polimer takviyesi ile bu betonların su emme oranlarının en aza indirilmesi hedeflenmiştir. Bu betonlar; kullanılacak agregası boyutu ve bağlayıcı miktarı değiştirilerek tuzlu suya ve neme dayanıklı sıvalar, tamir harçları ve yüzen deniz yapıları yapılabilecektir. Örnek olarak yat limanları için yüzen iskeleler, hatta beton tekne ve gemiler düşünülebilir.

Bu çalışmada reçete bazında karışımların mekanik özellikleri incelenmiştir.

Kıyı bölgesinde yapılan inşaatların nem ve yalıtım sorunlarını giderecek uygun sıva harçları bugün bile büyük ihtiyaçtır.

Kula yöresi volkanik cürufları, doğal olarak bulunan ve çok büyük rezervleri olan bir kaynaktır. Bu kaynak bir süre çimento fabrikaları için puzzolanik katkı olarak kullanılmış, daha sonra yerini traslara kaptırdığı için uzun süre atıl kalmıştır. Son on yılda ise bimsblok duvar blokları için yeniden kullanılmaya başlanmıştır. Ancak bu sektörün mevcut kaynakları tüketmesi söz konusu değildir. Bu nedenle yol dolguları, bitüm katkıları, beton agregası ve beton katkısı olarak daha çok çeşitli kullanım alanı olduğuna ve kullanıcılara ucuz ve değişik alternatifler sunacağına inanılmaktadır.

BÖLÜM İKİ

KAYNAK BİLGİLERİ

2.1 Kompozit Betonlar

Birbirinden farklı teknik özelliklere sahip iki veya daha fazla ürünün bir araya gelip tamamen farklı özelliklere sahip yeni bir ürünü oluşturduğu ürünler için kullanılan kompozit kelimesine uyan farklı beton karışımları vardır. (Fibrobeton, çelik fiberli beton vb) Hatta betonun kendisi de kompozit bir üründür. Bizim bu çalışmada kullanılan kompozit betonlar; klasik agrega dışındaki bazı agregalar, polimerler ve sentetik liflerin birleşimi ile oluşan betonlardır.

Bu betonların üretilmesindeki amaç, klasik betonun dezavantaj gösterdiği yerlerde, ağırlık, su emme, rötre, aderans vb. durumlarda kalitesini arttırmaktır.

Ürettiğimiz kompozit betonlar, birim hacim ağırlıkca normal harç karışımlarından daha hafif olan karışımlardır. Hafif beton yapımında en çok kullanılan yol, doğal hafif agrega kullanılmasıdır. Ancak bu yolla üretilen betonların da yüksek su emme ve düşük basınç mukavemeti riski vardır.

Özellikle asidik karakterli pomza agreganın ülkemizde çok miktarda bulunması nedeniyle (Nevşehir, Kayseri, Isparta, Van, Bitlis, Erzurum, Kars yöreleri) bu agrega ile çok sayıda akademik çalışma yapılmıştır. Gelişen polimer teknolojisi ile birlikte bu şekilde yapılan hafif kompozit betonların fiziksel ve kimyasal dayanımları arttırılmıştır. (Gündüz L. 2007)

2.1.1 Kompozit Beton Kullanım Alanları

Günümüzde kompozit betonlar genel olarak, yapıların taşıyıcı olmayan bölümlerinde kullanılmaktadır. Örnek olarak, sıvalar, cephe kaplamaları, söveler vb. bunların dışında, yapı harici beton elemanlarda, örneğin şehir mobilyalarında kullanılmaktadır. Prefabrik beton ve hafif prefabrik yapı sektöründe kompozit malzemeler ve betonlar özellikle kullanılmaktadır. Bu ürünler üretim hızının ve standardın önemli olduğu üretimlerde avantaj sağlamaktadır.

2.1.2 Kompozit Betonda Kullanılan Malzemeler

Bu tez kapsamında bağlayıcı olarak beyaz çimento kullanılmıştır. Normal Portland Çimentosu veya Sülfata Dayanıklı Çimento kullanılması da mümkündür. Beyaz çimentonun kullanılmasında amaç; denizel ortamlarda çok çabuk tahrip olan boya gibi koruyuculara gerek bırakmadan kaplama malzemesi olarak kullanabilme avantajı sağlamaktır. Bu avantajın gerekmediği durumlarda, diğer çimento türleri kullanılarak maliyet düşürülebilir.

Agrega olarak Manisa-Kula Bölgesi' nden alınan volkanik curuf agregalar ana materyal olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte, mukavemet ve yoğunluk kontrolü amacıyla seramik agregası, ham perlit ve andezit taşı kullanılmıştır. Polimer olarak, hidroksi metil etil selülozun yanında, su itici, bağ kuvveti artırıcı, rötre giderici, çiçeklenme giderici toz polimerler kullanılmıştır. Üretim kolaylığı ve ürünlerin toz olarak ticari satışı sunulmasına olanak vermek için toz polimerler tercih edilmiştir. Ayrıca betonun atmosferik koşullardan en az etkilenmesi amacıyla priz hızlandırıcı katkı kullanılmıştır. Özellikle sıva şeklinde kullanımlarda oluşabilecek çatlakları önlemek için sentetik lif kullanılmıştır.

2.2 Deniz Yapıları

Deniz yapısı denildiğinde deniz kıyısında ve denizde yapılacak her türlü inşaat yapısı akla gelmektedir. Liman, iskele, dalgakıran, mendirek, balıkçı barınağı, yat limanı, dolfin, açık deniz platformları gibi yapılar en bilinenleridir. Ayrıca deniz kıyısında yapılacak olan ve doğrudan suyun hidrolik kuvvetine maruz kalmamakla birlikte, deniz suyunun tahrip edici yönünden olumsuz etkilenebilecek, deniz kıyısına yapılacak her türlü yapıyı da kıyı yapısı olarak düşünüyoruz.

Bu tez kapsamında geliştirilen ürünlerin tüm bu yapılara ve yüzen beton yapı elemanlarına faydalı olması amaçlanmıştır.

2.3 Deniz yapılarında Kompozit Beton İhtiyacı

Deniz yapılarının inşaatı, karada yapılan inşaatlara göre daha zordur. Bu yapılar için kullanılacak en sağlam yapı malzemesi olan betonun zamana bağlı olarak sertleşmesi ve mukavemet kazanması gerekmektedir. Bu zaman zarfında beton, onu koruyan ve taşıyan iskele ve kalıpların içerisinde beklemek zorundadır. Deniz yapılarında ise bu beton ve kalıpların çoğunlukla suyun içerisine veya yanına kurulması gerekmekte, bu da daha beton prizini almadan gelen olumsuz hava şartları nedeniyle büyük sorunlar çıkarmaktadır.

Özellikle rüzgarlı havalarda denizin hareketleri tüm kıyı şantiyelerinin en büyük sorunudur. Karada tamamen düşey yüklere göre betonun zati ağırlığını taşımak amacıyla kurulan iskele ve kalıplar; kıyı yapısında aşağıdan ve yandan gelecek dalga kuvvetlerini de taşımak zorundadır. Bu nedenle deniz yapısı en hızlı şekilde üretilmek zorundadır. Maliyet şartları elverdiği ölçüde prekast yapı elemanlarını tercih edilmelidir.

Betonun su emebilen bir yapı malzemesi olması ve deniz suyunun da içerdiği klor ve sülfat nedeniyle betonu ve içerisindeki demiri tahrip edici özelliği, deniz

yapılarının zamana bağı en büyük problemidir. Bu nedenle deniz yapılarında, kara yapılarına göre çok daha kısa zamanda yenileme ihtiyacı doğabilmektedir.

Deniz içi yapılar kadar, deniz kıyısındaki yapılar da deniz suyunun tahrip edici etkileri nedeniyle, daha çabuk yıpranmaktadır. Bu nedenle, bu yapıların da betonları ve betonu koruyucu sıvaları denizel ortamlara dayanıklı olmak zorundadır. Kompozit betonların bu sorunlara karşı değişik çözüm olanakları sunacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada hazırlanan kompozit beton örneklerinin iki amaca hizmet edeceği düşünülmektedir. İlk olarak hazırlanan reçetelerin sıva ve tamir harcı yapımında kullanılması düşünülmektedir. Hazırlanan karışımların yoğunlukları, klasik sıvalara daha düşüktür. Bu da kullanıldığı yapı için daha az yük taşıma avantajı getirdiği gibi, kullanılan polimerlerin de etkisiyle aderans artışı ve sıva dökülmesinin en aza inmesini sağlayacaktır. Karışımların beyaz çimento ile yapılmasından dolayı deniz kıyılarında en çok tercih edilen renk olan beyaz yapı yapmak için boya kullanmak gerekmeyecektir. Eğer istenilirse bu karışımların içerisine toz pigmentlerim katılması ile renkli sıva da elde edilebilir.

Yapılan çalışma bir ana reçetedir. Daha önce belirtildiği gibi yöresel şartlara ve ihtiyaçlara göre çok farklı dizaynlar geliştirilebilecektir. Yapılan dizaynlar gerektiğinde tamir harcı olarak da kullanılabilir. Yıpranan bölümlerin tamir edilmesi için hafif ve yüksek aderanslı bu karışımlar, içerdikleri su itici polimerler sayesinde pratik ve hızlı priz alan mukavemetli harçlar olarak kullanılabilir.

Deniz yapıları içerisinde özel bir alan ise yüzen yapı elemanlarıdır. Örnek olarak yat limanlarında kullanılan yüzen iskeleler verilebilir. Bu tip yapı elemanları, iskelenin kullanım alanının değişmesine olanak verdiği için büyük avantaj sağlamaktadır. Yat limanlarına gelebilecek farklı büyüklükte yatlarla hizmet vermek ve mevcut marina alanını maksimum verimde kullanmak amacıyla iskele aralarının açılması veya kapanması gerektiğinde kullanılabilir. Veya bir tatil köyü ya da otel sakinlerinin yüzerken deniz ortasında dinlenebilecekleri ve güneşlenebilecekleri bir dolfin yapılması için çok kullanışlıdır. Bu gibi yapılar halen beton içerisinde boşluk

oluşturma veya polistren gibi çok hafif malzemeler ile beton içinde hafif bir kütle oluşturup toplam kütle birim hacim ağırlığını düşürmek suretiyle yapılmaktadır. Bu tez de hazırlanan dizaynların geliştirilmesi ile yoğunluğu sudan az olan, dolayısı ile yüzebilen dolu kütleli yapılar yapılabilir.

BÖLÜM ÜÇ

MATERYAL VE METOD

3.1 Volkanik Cüruf Agregası

Volkanik cüruf agregası, çeşitli volkanik aktivitelere bağlı olarak, bazaltik karaktere sahip lavların, patlamanın oluşturduğu basıncın etkisiyle, çatlaklar boyunca sızması sonucu oluşan bazaltik-andezitik kompozisyona sahip, gözenekli, camsı volkanik bir kayaç türüdür. (Demirdağ ve Gündüz, 2003) Bazı kaynaklarda bazaltik pomza adıyla karşılaştığımız cüruf agregalara, mineralojik ve petrografik yapısı nedeniyle, scoria da denilebilmektedir. Bu agregalar, demir ve magnezyum bakımından zengin, silis içeriği bakımından fakir mafik lavların boşalımı esnasında, magmanın zamanla yüzeye doğru yaklaşması ve basınçta meydana gelen azalma nedeniyle, lavın bünyesinde bulunan uçucu gazların ve çeşitli volkanik bileşenlerin bünyeyi terk ederek ortamdaki uzaklaşması ve ani soğumaya bağlı olarak meydana gelmiştir. Düzensiz şekilli ve farklı tane boyut dağılımlarına sahip kırıntılardan oluşmuş ve yüksek demir içeriğinden dolayı, koyu griden siyaha kadar değişen bir renk aralığına sahiptir. Özellikle oksidasyonun etkisiyle daha ziyade kırmızı, kahverengi ve siyah tonlarda görülebilmektedir. Ancak bazaltik karakterli kayacı sayesinde mukavemeti de yüksektir. Yığın olarak yoğunlukları 500-1400 kg/m³ arasında değişir.

Tablo 3.1 de volkanik cüruf agregasının kimyasal analizi yer almaktadır. Bizim çalışmalarımızda kırmızı agregası kullanılmıştır.

TS 1114 standardına göre, hafif beton agregası olarak bir malzemenin değerlendirilebilmesi için, aşağıdaki paragraflarda belirtilen teknik özelliklerin detaylı olarak analiz edilmesi gerekmektedir.

Hafif beton agregası olarak kullanılacak doğal agregalarda, su içersine bırakılan malzeme, belirli bir süre zarfında suyun da etkisi ile herhangi bir dağılmaya maruz kalmaması arzu edilmektedir. TS 1114 standardında öngörülen prensipler dahilinde

yapılan su etkisinde agregaların karakteristik davranış analizlerinde, su içersinde uzun bir dönem bırakılan cüruf agrega örneklerinde, su etkisi ile malzemede herhangi bir dağılmanın meydana gelmediği görülmüştür. Bu özellik genelde, su içersinde bırakılan malzemenin, su içinden çıkartıldıktan sonra, ne ölçülerde ağırlık kaybına uğradığının ölçülmesi ile analiz edilebilmektedir. Bu analiz uygulamasında, cüruf agregalarında su etkisi ile malzemede ağırlık kaybı %0.042 civarlarında kalmaktadır ki, bu değer de ihmal edilebilecek büyüklükte bir değerdir.

Tablo 3.1. Volkanik cüruf agrega kimyasal analizi (Demirdağ ve Gündüz 2003)

	Siyah curuf agrega	Kırmızı curuf agrega
SiO ₂	43.4-46.3	45.4-49.0
Al ₂ O ₃	15.5-16.6	15.8-17.5
Fe ₂ O ₃	12.87-14.58	8.2 -9.5
CaO	8.82-9.38	8.2 -10.0
MgO	6.8-7.9	4.5 - 5.0
Na ₂ O	3.4-4.05	2.9 - 4.3
K ₂ O	0.62-0.81	0.4 -1.00

İnşaat sektöründe, özellikle boşluklu bimsblok yapımında yoğun olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda düşük yoğunluğu nedeniyle, şap betonu için agrega olarak kullanılmaya başlamıştır. Isı yalıtımlı sıva imalinde kullanılması için çalışma yapan firmalar mevcuttur. İnşaat sektörü dışında tarım sektöründe de yaygın olarak kullanılmaktadır. Puzzolanik özelliği nedeniyle çimento katkı maddesi olarak kullanılabilir.

Şekil 3.1 ve 3.2'de siyah ve kırmızı renkteki volkanik cüruf agreganın doğal (kırılmamış) haldeki bazı fotoğrafları görülmektedir.



Şekil 3.1 Siyah Volkanik Curuf Agregası Doğal Görüntüsü



Şekil 3.2 Kırmızı Volkanik Curuf Agregası Doğal Görüntüsü

Volkanik cüruf agrega kayacının yapısında, çoğunlukla farklı şekil ve boyut dağılımlarına sahip bazalt kırıntılına rastlanabilmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Kırmızı Volkanik Curuf Kayaçta Bazalt Kırıntıları



Şekil 3.4 Kırmızı Volkanik Curuf Kayaç Yüzeyi

Şekil 3.4'de scoria kayacı yüzey yapısına ait 50 mm uzunluğunda bir alanın görünümü verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, yüzey üzerinde bulunan ve hemen hemen yapının tamamını oluşturan gözenek oluşumları, çoğunlukla şekil, boyut ve

dağılım açısından belirli bir homojenliğe sahip olması nedeniyle, oldukça düşük bir ağırlık değerine sahiptir.

Volkanik curuf agregalar; betonda kullanılan kalker granit benzeri agregalar ile aynı yöntemlerle kırılır ve elenirler. Aşındırıcı yapıları kırıcı seçiminde etkili olur. Tez çalışmamızda ince kum boyutu tabir edeceğimiz 2 mm den küçük tane çapındaki malzeme kullanılmıştır. Farklı amaçlı kullanımlar için klasik beton agrega boyutundaki malzeme ile çalışılabilir. Şekil 3.5' te kırılmış elenmiş 5-15 mm boytunda agrega örneği görülmektedir.



Şekil 3.5 Kırılmış elenmiş kırmızı volkanik curuf agrega

Tablo 3.2 Volkanik cüruf agrega örneklerinin teknik özellikleri.

Özellikler	Birim	Numune			Ortalama
		1	2	3	
Agrega Boyutu	mm	0 - 3	0 - 3	0 - 3	0 - 3
Renk	-	Kırmızı	Kırmızı	Kırmızı	Kırmızı
Sertlik (MOHS Ölçeği)	-	5 – 5.5	5 – 5.5	5 – 5.5	5 – 5.5
Özgül Kütle	gr/cm ³	2.65	2.67	2.71	2.68
Kuru Gevşek BHA	kg/m ³	1128.45	1098.78	1093.42	1107
Kuru Sıkışık BHA	kg/m ³	1286.06	1232.29	1247.89	1255
Su Emme	%	1.01	4.26	9.87	5.05
Açık Gözenek	%	6.04	9.02	18.37	11.14
Kapalı Gözenek	%	51.39	49.51	40.38	47.09
Doluluk Oranı	%	42.57	41.47	41.25	41.77
Gerçek Gözeneklilik	%	57.43	58.53	58.75	58.23
Gang Malzeme	%	3,75	3.22	2.91	3.29
Doyma Derecesi	%	1.76	7.28	16.80	8.61
Zararlı Maddeler Analizi	-	Yok	Yok	Yok	Yok
Kükürt Analizi	%	0.35	0.38	0.32	0.35
Yapısal Bozunma	°C	840	840	840	840
Erime Noktası	°C	980	980	980	980
Kuru Durumda Isı İletkenlik (□)	Kcal/mh°C W/mK	0.227 0.264	0.216 0.251	0.213 0.248	0.218 0.254
Ses Geçiş Katsayısı	-	0.20	0.20	0.20	0.20
Ses Yutuculuk	dB	43-56	43-56	43-56	43-56
Ateşe Dayanım	-	Yanmaz	Yanmaz	Yanmaz	Yanmaz
	-	3 saat	3 saat	3 saat	3 saat
Sıva Tutma	Normal sıvalar ile çok iyi sıva tutuculuk				
Duraylılık	İnorganik, zararsız-zehirsiz, çürümez, bozulmaz, küf tutmaz, haşarat barındırmaz, ısıya dayanımlı.				
Çimento İle Bağ Yapma	Yüksek derecede bağ yapma				

3.2 Seramik Agrega

Seramik agrega, atık camların özel bir yöntemle, yüksek ısıda genleştirilmesi ile elde edilir. Özgül ağırlıkları çok düşük, hafif yapı malzemeleridir. Su emme yüzdesi düşüktür. Suda yüzer. Isı geçirmez. Ses ve ısı emici özellikler sunar. Kimyasallara karşı dayanıklıdır. Asit ve alkaliye dayanıklıdır. Çevresel baskılar sonucunda dağılmaz, çözülmez. Yanıcı değildir. Soğuk ve buzdan etkilenmez. Kokusuzdur. Prekast yapı elemanlarından, akustik panel üretimine, onarım alçılarından, ısı ve ses izolasyonuna kadar yapı sektörünün her kademesinde kullanılır. İşleme tabi olmadan izolasyon amaçlı dolgu olarak kullanılabilirdiği gibi çimento, polyester, epoksi, vinilester gibi bağlayıcılarla güzel performans sağlar.

(URL:<http://www.plasto.com.tr>)

Bu çalışmada seramik agregayı, yoğunluğu düşürmek amacıyla kullandık. Malzemenin Türkiye’ de üretiminin olmaması nedeniyle, maliyeti yükseltmektedir. Bu malzemenin yerine genleştirilmiş perlit, vermikülit veya pomza kullanarak yeni çalışmalar yapılabileceğini düşünülmektedir.

Tablo 3.3 Seramik Agrega Özellikleri ^(*)

Tanecik Ölçüleri (mm)	0,1-0,3	0,25-0,5	0,5-0,1	1,0-2,0	2,0-4,0
Ambalaj şekli (plt-m3)	2 m ³	2 m ³	2 m ³	2 m ³	2 m ³
Ambalaj Şekli (trb-lt)	100 lt	100 lt	100 lt	100 lt	100 lt
Birim Hacim Yoğ.(kg/m ³)	450±15	300±15	250±15	220±15	190±15
Ezilmeye Dayanıklılık (N/mm ²)	3,2	2,9	2,6	2,4	2,2
Ph Değeri	7				
Isı İletkenliği (W/mk)	0,07				
Suda Çözünürlük	suda çözünmez				
Erime Noktası	750 °C				
Yanmazlık Sınıfı	A1(DIN 4102)				

^(*)[URL:http://www.plasto.com.tr](http://www.plasto.com.tr)

3.3 Andezit Agregası

Çalışmada; volkanik curuf agreganın yan kayacı olarak denenen malzemelerden bir tanesi andezit agregadır. Andezit; volkanik kökenli son derece sağlam bir kayaç olup, Türkiye’de bolca bulunmaktadır. Bu tezde, karışımlarda mukavemetin daha önemli olduğu yerlerde kullanılabilmesi amacıyla test edilmiştir. Andezitin yerine bazalt vb. sağlam volkanik kayaçlar da kullanılabilir. Aslında kireçtaşı kökenli kalker yada dolomit de kullanılabilir. Ancak denizel koşulların etkisi düşünülerek SiO₂ içeriği yüksek bir kayaç tercih edilmiştir. Ülkemizde; beton üretiminde yaygın olarak kullanılan kalker ve dolomit agregalar suda çözünme ve tahrip olma riski taşırlar. Bizim bu çalışmamızda kullanacağımız polimerlerin, karışımın su emmesine karşı etkili olacağını düşünmemize rağmen silis içerikli agregaları tercih ettik.

3.4 Perlit Agregası

Perlit, doğal olarak oluşan silis esaslı volkanik kayaçlara verilen bir isimdir. Perlit diğere volkanik camlardan ayıran en önemli özellik ise yumuşama sıcaklığı civarında ısıtıldığı zaman orjinal hacminin dört ile yirmidört katına çıkabilmesidir. Bu genleşme ham perlitte % 2- 4 arasında bulunan özsuya (kristal su) bağlıdır. Perlit 870 derece üzerinden hızlı bir şekilde ısıtıldığı zaman bünyesindeki özsuyun buharlaşması ile mısır taneleri gibi patlar ve ısıyla genleşen perlit üzerinde sayısız gözenekler oluşur. İşte bu genleşmiş perlit mükemmel bir ısı ve ses izolasyonu malzemesidir. Bu çalışmada genleşmemiş perlit kullanılmıştır. Ham perlit kırılmış elenmiş olarak 1000 – 1100 kg/m³ yoğunluğundadır. Sağlam ve klasik agregalardan daha hafif olması nedeniyle denenmiştir ([URL:http://www.pertas.net](http://www.pertas.net)).

Ham perlitin kimyasal özellikleri Tablo 3.4 ‘ de gösterilmiştir.

Tablo 3.4 Perlit agrega kimyasal analizi

<i>Birleşen</i>	<i>Oranı %</i>
<i>SiO₂</i>	<i>71,00 – 75,00</i>
<i>Al₂O₃</i>	<i>12,50 – 16,00</i>
<i>H₂O</i>	<i>3,00 – 4,00</i>
<i>K₂O</i>	<i>4,00 – 5,00</i>
<i>CaO</i>	<i>0,40 – 0,80</i>
<i>Fe₂O₃</i>	<i>0,30 – 0,50</i>
<i>MgO</i>	<i>0,03 – 0,20</i>
<i>TiO</i>	<i>0,00 – 0,10</i>
<i>AZ</i>	<i>4,10 – 4,30</i>

3.5 Çimento

Bu çalışmada çimento olarak Adana Çimento fabrikasını üretimi olan süper beyaz çimento kullanılmıştır. Kullanılan reçetelerin sıva veya harç uygulamalarında da kullanılabilir olması nedeniyle beyaz çimento ile deney yapılması tercih edilmiştir. Rengin önemli olmadığı, maliyetin daha ön planda olduğu uygulamalarda gri çimento da kullanılabilir. Ancak dikkat edilmesi gereken nokta; kullanılan çimento PÇ 52.5 sınıfındadır. Gri çimentolar piyasada genellikle PÇ 42,5 ve 32,5 sınıfında bulunmaktadır. Karışım dizaynında bu durum göz önüne alınmalıdır. Kullanılan çimentonun, üretici firma tarafından verilen teknik özellikleri tablo 3.5' de verilmiştir.

Tablo 3.5 Kullanılan Çimento'nun Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

A D A N A ÇİMENTO SANAYİİ T.A.Ş. ADANA/TÜRKİYE		ANALİZ RAPORU ANALYSIS CERTIFICATE				Rapor No: Report No :	
				Rapor Tarihi : Date of report		03.09.2010	
Numune / Sample:		Beyaz Portland Çimento / White Portland Cement					
Standard :		BPÇ 52,5 R / 85 (TS 21:2008) - CEM I 52,5 R (TS EN 197-1:2002)					
Numune Tarihi / Date of sample :		Temmuz / July - 2010					
Analiz Tarihi / Date of test :							
KİMYASAL ANALİZ CHEMICAL REQUIREMENTS	Standartlar Standards %	Analiz Sonuçları Test results %	FİZİKSEL DENEMELER PHYSICAL REQUIREMENTS			Standartlar Standards	Deneme Sonuçları Test results
SiO ₂ Çözünen-soluble		22,09	Özgül ağırlık Specific gravity g/cm ³				3,06
Erimez kalıntı Insoluble residue	Max. 5,00	0,10	Donma Süresi Setting time (hours)	Başlangıç Initial	Min. 0 ⁴⁵		1 ³⁵
Al ₂ O ₃		4,11		Son Final			
Fe ₂ O ₃		0,21	Hacim Sabitliği Soundness mm.			Max. 10	3
CaO		65,91	İncelik Fineness	Özgül yüzey Specific surface (Blaine) cm ² /g			3850
MgO		0,56		0.090 mm elekte kalıntı Residue on 0.090 mm sieve %			0,0
SO ₃	Max. 4,00	2,61		0.045 mm elekte kalıntı Residue on 0.045 mm.sieve %			0,3
Kızdırma Kaybı Loss on ignition	Max. 5,00	3,79	DAYANIM DENEMELERİ STRENGTH REQUIREMENTS				
Na ₂ O		0,43	TEST METOD: TS EN 196-1				
K ₂ O		0,33					
Na ₂ O+0.658K ₂ O		0,65					
Serbest CaO Free Lime		2,50		Eğilme dayanımı Bending strength, N/mm ²		Basınç dayanımı Compressive str, MPa	
Mineralojik Bileşim Mineralogical composition	C3S		Gün Days	Standard	D.Sonuç T.results	Standard	D.Sonuç T.results
	C2S		2			Min. 30,0	33,8
	C3A		3				-
	C4AF		7				46,0
Cl	Max. 0,10	0,0031	28			Min. 52,5	57,9
Beyazlık / Whiteness :	(Min. 85)	86,33	Kalite Kontrol Şefi Quality Control Chief				

3.6 Polimerler

3.6.1 Hidroksi Metil Etil Selüloz

Beton karışımının tanelerini bir arada tutup, kompakt hale getiren ve işleme kolaylığı sağlayan bir polimerdir. Vizkozitesi 40000-70000 m.p.s dir. Maksimum NaCl₂ oranı % 1,5 ‘ tur. Beyaz renklidir.

3.6.2 Priz Hızlandırıcı Polimer

Melamin Sülfonat bazlı bir polimerdir. PH 8,5 ve yoğunluğu 0,75 t/m³’ tür. Betonun hızlı mukavemet alması ve karışımı suyu ihtiyacını azaltması amacıyla kullanılır.

3.6.3 Su İtici Toz Polimer

Vinil asetat ve vinil versatol kopolimer olup polivinil alkol koruyucudur. Dökme yoğunluğu 0,47-0,57 t/m³’ tür. PH=11-12’ dir. Minimum film oluşma sıcaklığı 0° C, film özelliği opak ve viskoplastiktir. Rengi beyazdır.

3.6.4 Bağ Kuvveti Arttırıcı Toz Polimer

Beyaz renkli, vinil asetat bazlı ve akrilik asit ester kopolimerdir. PH= 4,5 ve yoğunluk 1,15 t/m³’ tür. Minimum film oluşturma sıcaklığı +3° C, vizkozitesi 2000-5000 mps’ dir.

3.6.5 Rötire Giderici Toz Polimer

Propilen oksid ve etilen pksidin polimerizasyonu ile elde edilmiş olan toz polimerdir. PH= 8,5 ve yoğunluk 0,80 t/m³’ tür. Rengi beyazdır.

3.6.6 Çiçeklenme Giderici Toz Polimer

Reçine bazlı, polivinil alkol koruyuculu toz polimerdir. PH= 6-7 ve dökme yoğunluk 0,25-0.45 t/m³ olan sarımsı renkte toz polimerdir.

3.7 Kullanılan Yöntem

Çalışmalarımız sırasında, ilk olarak hammadde analizleri yapılmıştır. Burada, volkanik curuf agregalar detaylı olarak incelenmiş, diğer materyallerde üreticilerin verdiği değerler kabul edilmiştir. Perlit agrega ve andezit agrega sadece gevşek birim hacim ağırlık bakımından incelenmiştir. Daha sonra karışım hesaplarına geçilmiştir. Klasik beton ve harç hazırlama ilkeleri kompozit beton için de geçerlidir. Uygun karışım değerlerine karar verildikten sonra numune betonlar dökülmüştür. Beton hazırlanma sırasında karşılaşılan problemlere göre karışım değerlerinde düzeltmeler yapılmıştır. Numunelerin priz alması ve kürlenmesi tamamlandıktan sonra, numuneler üzerinde deneyler yapılmıştır. Son olarak, alınan deney sonuçları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

3.8 Karıştırma Yöntemi

Genel olarak bu çalışmada hazırlanan kompozit betonların karıştırma yöntemi, klasik beton karıştırma yöntemi ile aynıdır. Ancak volkanik cüruf agreganın yapısından ileri gelen bazı sorunlar nedeniyle, karıştırma esnasında dikkat edilmesi gereken ayrıntılar vardır. Öncelikle volkanik curuf agreganın gözenekli yapısı nedeniyle karışım suyunun hesabında güçlük çekilebilir. Agregaya bünyesine % 25 oranına kadar su alabilmekte, bu da çimentonun hidratasyonu için gerekli suyu azaltmaktadır. Bu nedenle öncelikle karışıma su verilip daha sonra çimento ilave edilmesi gerekmektedir. Ayrıca karıştırma işlemi mümkün olan en kısa sürede yapılmalıdır. Çünkü volkanik curuf agrega, karışım sırasında kırılıp ufalanabilmekte, bu da granülometriyi değiştirerek ilave çimento ihtiyacı doğurmakta ayrıca yoğunluğu arttırmaktadır.

3.9 Karışım Hesapları

Karışım hesaplarının yapılmasında, klasik beton karışımı için yapılan hesaplar geçerlidir. Agreganın gevşek birim hacim ağırlığı hesaplanır. Agreganın taneleri arasındaki boşlukları bağlayıcı malzemenin ve bağlayıcı için gerekli hidrasyon suyunun dolduracağı düşünülür. Volkanik curuf agreganın dezavantajlarından bir tanesi, tane yüzeylerinin gözenekli olmasıdır. Bu gözeneklerin de çimento ile dolması nedeniyle, normal şartlar altında sadece bağlayıcı olarak ihtiyaç olunandan daha fazla çimento kullanmak gerekir.

Bu tez çalışmasında, volkanik curuf agrega temelinde düşünülen harç karışımları içerisinde farklı yapı malzemelerini deneyip, bu malzemeler ile yapılan karışımlarda farklı miktarda çimento oranları deneyerek; mukavemet, NaCl direnci ve kapilariteleri test edilmiştir. Volkanik curuf agreganın gözenekli yüzeyinin getirdiği bir diğer dezavantajı da işleme zorluğudur. Özellikle sıva veya tamir harcı şeklinde kullanılacak malzemeler için bu çok önemlidir. Agregaya hafifliğini veren iç yapısındaki hava boşlukları ise agreganın ve dolayısı ile harcın su emmesini arttırmaktadır. Tüm bu dezavantajları ise polimerler yardımı ile giderilmiştir. Çimento oranına bağlı olarak katılan polimerler, işlemeyi kolaylaştırma, su iticilik, priz hızlandırma, çiçeklenmeyi önleme ve olası rötne çatlaklarının oluşumuna engel olma ve bağ kuvvetini arttırarak daha sağlam bir harç oluşturmak için yararlı olmuşlardır. İlave olarak, yine çatlakları önlemek için polipropilen sentetik lif kullanılmıştır. Yapılan karışımlar harç gibi düşünülerek test edilecekleri için K1 kıvamında karışımlar yapılmıştır. Su/çimento oranı sadece çimentonun hidrasyonu için gerekli olacak kadar düşünülmüştür. Ancak karışım listelerinde görüleceği gibi, su/çimento oranı; çimento için gerekli 0,33 değerinden daha yüksektir. Bunun nedeni ise kullanılan suyun bir bölümünün, daha önce belirttiğimiz gibi agreganın boşluklarınca emilmesidir.

BÖLÜM DÖRT

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1 Sertleşmiş Harcın Birim Hacim Ağırlığının Tayini

Kagir birimler için sertleşmiş kuru birim hacim kütlelerinin tayini analizi TS EN 1015-10 standardında belirtilen prensiplere göre gerçekleştirilir. Deney metodu, hafif harçlar, genel amaçlı harçlar ve ince tabaka harçlarından meydana getirilen düzgün şekilli numunelere uygulanmaya elverişlidir. Bu deney için hazırlanacak taze harç numunesini hacmi, agrega en büyük tane büyüklüğünün 50 katından daha fazla olmalı ve hiçbir durumda 50 mL ve deney için gerekli en az numune hacminin 1,5 katından hangisi büyükse ondan daha az olmamalıdır. Kullanıma hazır harçlar (geciktiricili, fabrikasyon taze harçlar) ve ön - harmanlı hava kireci + kum karışımı hidrolik bağlayıcısız taze harçlar, belirlenmiş işlenebilme süresi içerisinde deneye tabi tutulmalıdır. Karıştırma süresi, bileşenlerin tümünün karıştırıcıya konulduğu andan itibaren ölçülmelidir. Taze harç harmanı, mala veya tesviye bıçağı kullanılarak herhangi yalancı priz vb'nin önlenmesi amacıyla deney öncesi elle 5 sn ile 10 sn arasında süreyle hafif şekilde karıştırılmalıdır. Deney numunesi takımı, biçimi, hazırlanması ve muhafazası, EN 1015-11/2000'e göre yapılmış ve kalıplara dökülerek yapılmış 3 adet numuneden oluşur.

Bizim bu çalışmada hazırladığımız numuneler 160 mm*40 mm*40 mm ölçülerinde prizmatik numunelerdir. Bu numuneler, sökülüp takılabilen paslanmaz çelik numune kapları içine dökülmektedir (Şekil 4.1). Numune kabı içerisinde 24 saat bekleyen kompozit beton kalıptan çıkarılarak küre tabi tutulur. Harç kıvamındaki betonların kürlenmesi, normal beton numunelerinden farklı olarak bir havuz içerisinde ancak suyun içerisine batırılmadan su üzerine yerleştirilme suretiyle yapılır. Havuzun üstü örtülerek örtü altının nemli olması ve oda sıcaklığı değerini muhafaza etmesi sağlanır.

28 günlük priz süresini dolduran numuneler, kurulanıp tartılırlar. Ağırlığın, prizma hacmine bölünmesi ile normal birim hacim ağırlık bulunur. Daha sonra

numuneler $70^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa ayarlı etüvde sabit kütleye ulaşıncaya kadar kurutulur. Numune kütlesi, en yakın 0,001 hanesine yuvarlatılarak kg olarak kaydedilir. Bu değerin prizma hacmine bölünmesi ile kuru birim hacim ağırlığı bulunur.



Şekil 4.1 40 mm x 40 mm x 160 mm ölçülerinde numune alma kabı



Şekil 4.2 50mmx50mmx50mm ölçülerinde numune alma kalıbı



Şekil 4.3 Üzerinde deney yapılmış deney numuneleri

4.2 Sertleşmiş Harcın Eğilme Dayanımının Tayini

Kagir harçlar için sertleşmiş harcın; basınç ve eğilme dayanımının tayini analizi, TS EN 1015-11 standardında belirtilen prensiplere göre gerçekleştirilir. Bu deney için numuneler, gerekli en az numune hacminin 1,5 katı veya 1,5 litreden fazlası, numune bölgeci kullanılarak veya çeyrekleme metoduyla (EN- 1015-2) küçültülerek elde edilir. Bu elde edilen numune laboratuvarda su ile karıştırılır. Kullanıma hazır harçlar (geciktiricili fabrikasyon taze harçlar) ve ön harmanlı hava kireci+kum karışımı hidrolik bağlayıcısız taze harçlar belirlenmiş işlenebilme süresi içerisinde deneye tabi tutulur. Karıştırma süresi bileşenlerin tümü karıştırıcıya girdiği andan itibaren ölçülür. Taze harç, mala ve tesviye bıçağı kullanılarak herhangi yalancı priz vb.nin önlenmesi amacıyla deney öncesi, elle, dikkatli bir şekilde 5 sn ile 10 sn arasında süreyle ilave karıştırma etkisi oluşturmaksızın karıştırılır. Deney numuneleri 160 mm × 40 mm × 40 mm boyutlarında prizma şekilli olur. Üç numune hazırlanır. Basınç dayanım deneyinde prizmaların ortadan ikiye bölünmesiyle oluşan altı adet yarım prizma numune kullanılır. Hidrolik bağlayıcı esaslı harçlar ve hava kireci kütlelerinin toplam bağlayıcı kütlelerine oranının % 50'yi geçmediği hava kireci+çimento harçları kalıp yaklaşık eşit kalınlıktaki iki tabaka halinde her tabaka 25 defa tokmaklanıp sıkıştırılarak harçla doldurulur. Fazla harç numune yüzeyi düz ve kalıp üst kenarı ile aynı seviyede olacak şekilde tesviye bıçağıyla sıyırılarak alınır. Daha sonra kalıplar, rutubetli oda veya yalıtılmış polietilen torbalar içerisine konulur. Aksi belirtilmedikçe, 28 günlük olarak deneye tabi tutulmak üzere 3 adet numune veya harçta geciktirici katkı kullanılmışsa daha fazla sayıda numune hazırlanır. Kalıplar temizlenir ve kullanım için hazırlanmış kalıpların iç yüzeyleri, harç yapışmasını önlemek üzere madeni bir yağla, ince bir tabaka halinde yağlanır. Numuneye, yükte ani sıçrama olmaksızın, 30 sn ile 90 sn süre içerisinde kırılma meydana gelecek şekilde, 10 N/s ile 50 N/s arasında yükleme hızı sağlanarak, kırılıncaya kadar sabit hızda yük uygulanır. Deneyler Baz makine markalı, Harç Numuneleri Kırabilmeye göre tasarlanmış, TSE belgeli ve kalibrasyonlu hidrolik preste yapılmıştır. (Şekil 4.4) Müsaade edilen sınır içerisinde en düşük yükleme hızı düşük dayanımlı harçlara uygulanır. (Şekil 4.5) Uygulanan en yüksek yük Newton olarak kaydedilir. Basınç dayanımı da belirlenecekse, deney sonucunda ortaya çıkan

kırılmış prizma parçaları tekrar muhafaza odasına konularak deney anına kadar orada tutulur.

Eğilme ve çekme dayanımı (f), aşağıda verilen eşitlik kullanılarak N/mm^2 olarak hesaplanır:

$$f = 1,5 \frac{F.L}{b.d^2}$$

F : Numuneye uygulanan en büyük yük (N)

L : Mesnet silindirlerinin eksenleri arasındaki mesafe(mm)

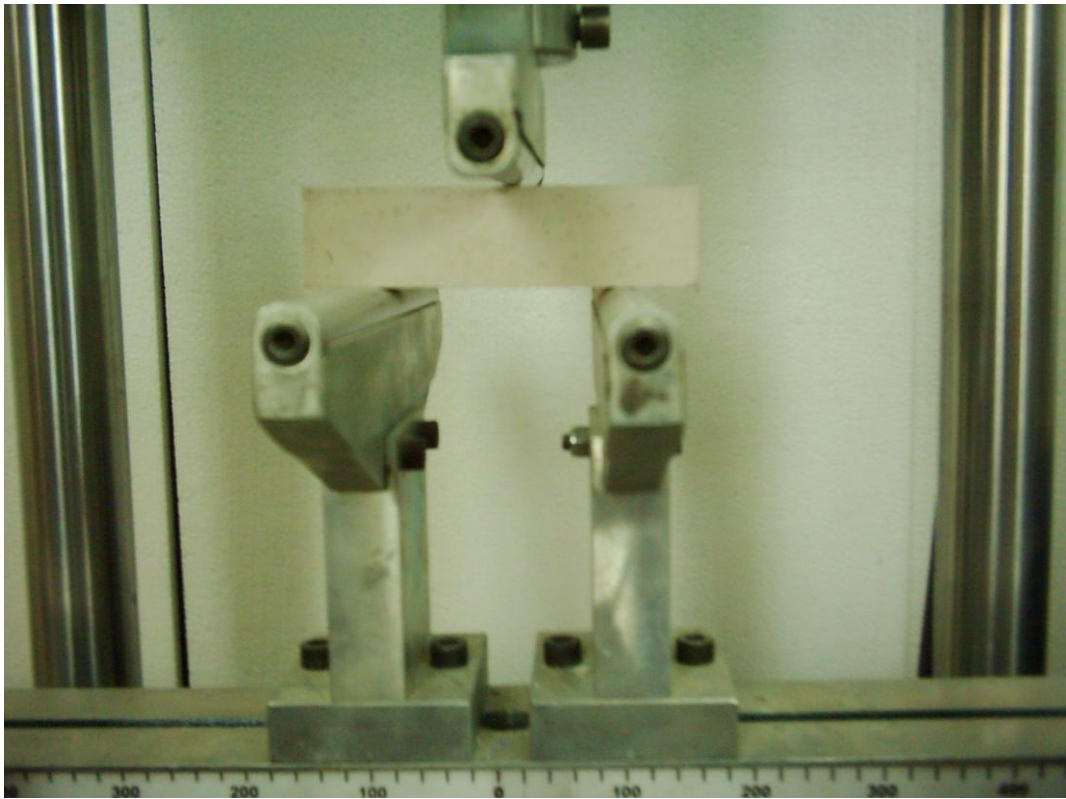
b : Numune genişliği (mm)

d : Numune yüksekliği (mm)

Her numuneye ait eğilmede çekmede dayanımı, en yakın $0,005 N/mm^2$ 'ye yuvarlatılarak kaydedilir. Numunelere ait ortalama çekme dayanımı $0,1 N/mm^2$ yaklaşımla hesaplanır.



Şekil 4.4 Eğilme Deneyi Cihazı



Şekil 4.5 Eğilme Deneyi Numune Yerleştirilmesi

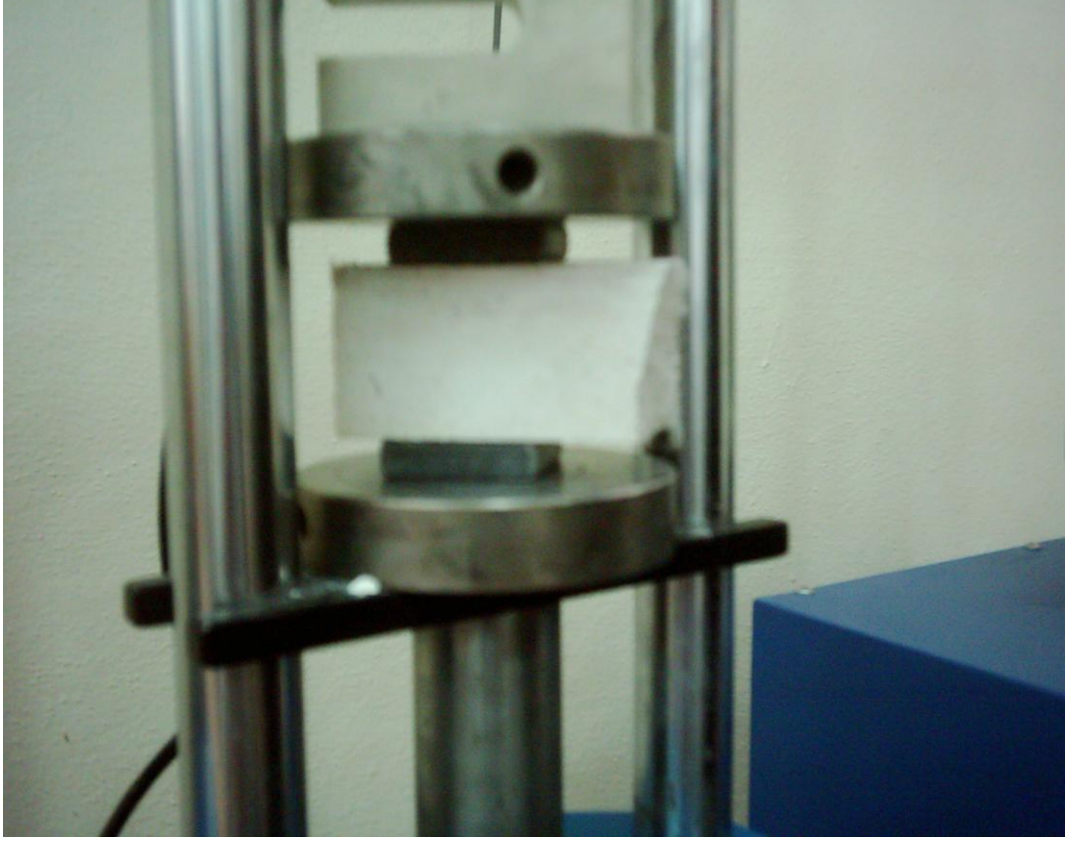


Şekil 4.6 Eğilme Deneyi Testinde Kırılmış Numune

4.3 Sertleşmiş Harcın Basınç Dayanımının Tayini Analizi

Aksi belirtilmedikçe numuneler, normal olarak dökümden itibaren 28 gün, harçta geciktirici katkı kullanılmışsa daha geç sürede, muhafaza edildikleri ortamdan alındıktan hemen sonra veya eğilme deneyinden hemen sonra deneye tabi tutulur. Harç numunenin kalıba temas eden yüzeylerinde yapışmış herhangi gevşek malzeme uzaklaştırılır. Deney makinesi (pres) yükleme başlıkları ve yükleme parçası basınç başlıkları temiz bir bezle silir ve numune, yükleme parçası içerisine, yüklemenin çelik yüzeyine temas eden numune yüzeylerinde birisine yapılması temin edilecek şekilde yerleştirilir (Şekil 4.8). Numuneye, yükte ani sıçrama olmaksızın, 30 sn ile 90 sn süre içerisinde kırılma meydana gelecek şekilde, 50 N/s ila 500 N/s arasında yükleme hızı sağlanarak, kırılıncaya kadar sabit hızla düzgün olarak artan yük uygulanır. (Şekil 4.9) Numune kırılıncaya kadar yükleme devam eder (Şekil 4.6) Deneyde uygulanan en yük Newton olarak kaydedilir. Basınç dayanımı, numunenin taşıyabileceği en fazla yükün, numunenin yük uygulanan kesit alanına bölünmesiyle hesaplanır.

Her numunenin basınç dayanımı, en yakın $0,05 \text{ N/mm}^2$ 'ye yuvarlatılarak kaydedilir. Ortalama dayanım $0,1 \text{ N/mm}^2$ yaklaşımla hesaplanır. Elde edilen verilere göre rapor hazırlanır. Bu işlemlerde TS EN 1015-11 standardında öngörülen prensipler uygulanır.



Şekil 4.7 Basınç Dayanımı Numune Yerleştirilmesi

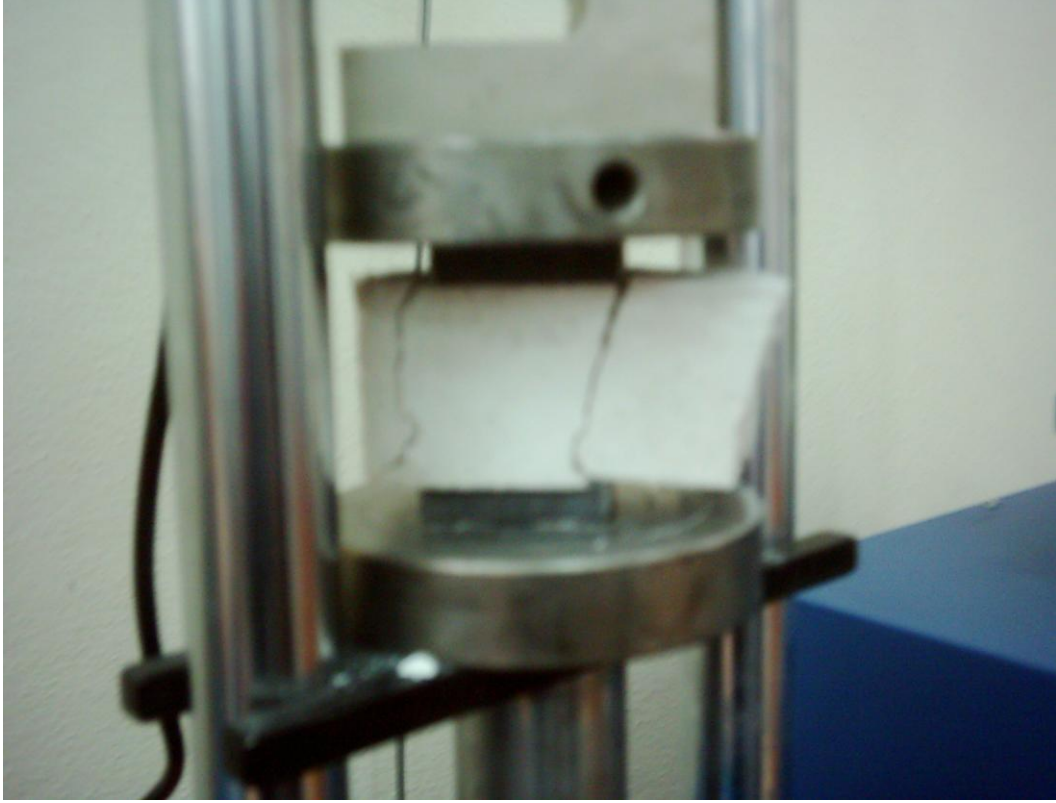
Eğilme deneyinde kullanılan parçalardan her biri üzerinde basınç dayanım testi yapılır. Bunun için numune üzerine $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ ölçülerinde metal plakalar konularak basınç uygulanır. (Şekil 4.7) Eğilme deneyinde numunelerin kırılması esnasında, sağlam görülen parçaların içinde kılcal çatlakların oluşma ihtimaline karşı, basınç testi için $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ ölçülerinde numuneler de dökülerek (Şekil 4.2) test yapılmıştır.



Şekil 4.8 Basınç Dayanımı Test Aleti



Şekil 4.9 Basınç Dayanımı Testi



Şekil 4.10 Basınç Dayanımında Kırılmış Numune

4.4 Sertleşmiş Harcın Kapiler Etkiler Esnasında Su Emme Katsayısı Analizi

Sertleşmiş harcın kapiler etkiler esnasında su emme katsayısı değerinin belirlenmesi, TS EN 1015-18 standardında öngörülen prensibe göre gerçekleştirilir. Deney için öncelikle 40 mm x 40 mm x 160 mm boyutlarında prizmatik harç örneklerinden TS EN 1015-11 standardına göre en az 3 adet hazırlanır. Hazırlanan harç örnekleri TS EN 1015-18 standardı Çizelge 1’de belirtilen ölçütlerde küremeye tabi tutulur. Kürelemesi tamamlanan numuneler, kalıptan çıkartılarak, ortadan ikiye bölünür. Numuneler, $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ortamında sabit kütleye ulaşıncaya kadar, kurutma işlemine devam edilir. En son numune kuru ağırlığı, başlangıç kuru ağırlık değeri (M_0) olarak kaydedilir. Daha sonra, numuneler kapiler su emme testinin yapılabilmesi amacıyla, kırılmış yüzeyler suyla temas edecek şekilde bir Kapilarite teknesinin içersine yerleştirilir. Eğer, kırılan numune yüzeyi pürüzsüz ve düzgün bir texture sahipse, tabandan itibaren 5 mm su içersinde kalacak şekilde, düzgün bir yüzeye sahip değilse, tabandan 10mm su içersinde kalacak şekilde tekneye

yerleştirilir. Numuneler su içerisine yerleştirildikten sonra, numunenin yapısına bağlı olarak farklı oranlarda sürekli bir su emilimi gerçekleşecek ve dolayısıyla teknedeki su miktarı azalacaktır. Bu durum gözlenmeli ve deney süresince tekneye su ilave edilerek başlangıçtaki su seviyesi sabit tutulmalıdır.

Deney süresince eğer, emilen su seviyesi numunenin üst açık yüzeyine ulaşacak olursa, deney sonlandırılmalıdır. Bu durumda, numune tamamen suya doymun hale gelmiş demektir. Bu durumda, numune kırılır ve emilen suyun numune bünyesinde tamamen dağılım gösterdiği incelenir. Her iki parça birlikte tartılır. Eğer, kırılan numunelerde tamamen suya doymun hale gelmediği gözlenmiş ise, yeni bir numune ile deney tekrarlanır.

Diğer hallerde, numunenin 10 dakika su ile teması sonrası, sudan çıkarılır ve kuru bir bezle dış yüzeyi kurularak, tartılır (M1). Sonrasında, numune tekrar su içerisine yerleştirilerek yeniden kapiler su emmeye maruz bırakılır. 90 dakika sonra su içersinden çıkartılarak tekrar kurularak ağırlığı kaydedilir (M2).

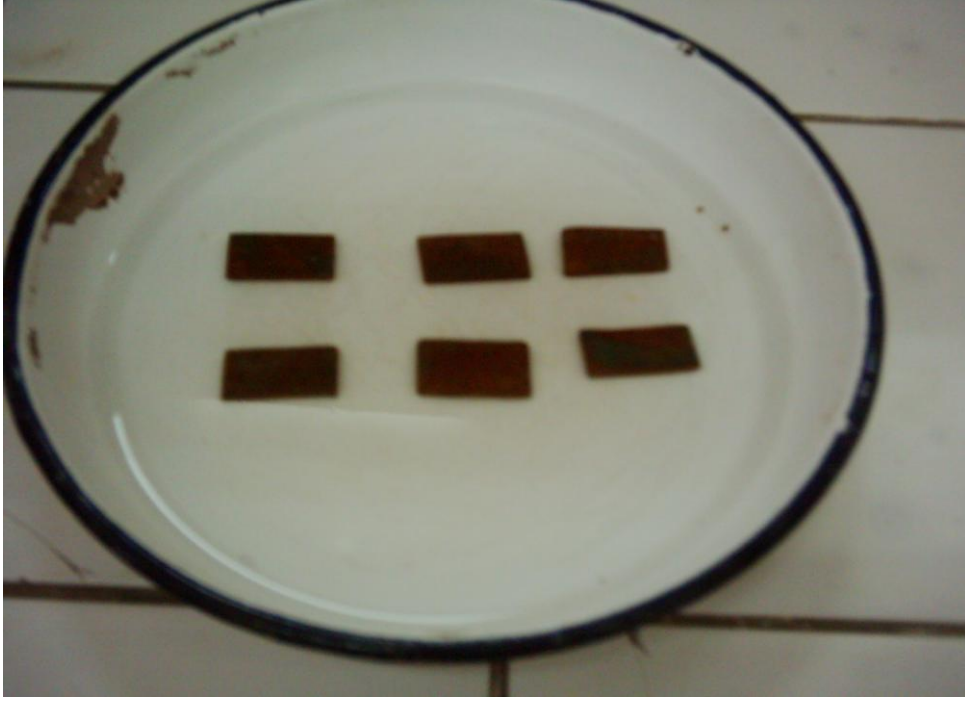
Deneysel çalışma tamamlandığında, sertleşmiş harcın kapiler etkiler esnasında su emme katsayısı değerı řu eşitlik yardımıyla tanımlanır:

$$C = 0.1 (M2 - M1) \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{dak}^{0.5})$$

Bulunan değer her bir numune için en küçük $0.05 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{dak}^{0.5})$ değerine yuvarlatılarak kaydedilir. Numunelerin ortalama değerı “Cm” ise $0.1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{dak}^{0.5})$ değerine yuvarlatılarak kaydedilir.

Elde edilen tüm verilere göre rapor hazırlanır.

Bu işlemlerde TS EN 1015-18 standardında öngörülen prensipler uygulanır.



Şekil 4.11 Kapilerite Deneyi İçin Deney Kabı

Su emme testi yapılması için; numunenin de altına tam olarak su işleyebilmesi için, numuneler çelik plakaların üzerinde iki taraftan mesnetlenerek oturtulurlar. Kaba, önce plaka seviyesinde su doldurulur. (Şekil 4.11)



Şekil 4.12 Kapilerite Deneyi

Numunelerin üzerine 5 mm yüksekliği gösteren çizgi çizilerek, numuneler plakalar üzerine konulur. Daha sonra 5 mm çizgisine kadar su doldurulur. 10, 90 ve 240 dakika sonra ölçülerek kapilarite hesabı yapılır. (Şekil 4.12)

4.5 Sülfat (Na_2SO_4) ve Tuz (NaCl) Dayanıklılık Analizi

Doğal taşlar üzerine yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemler beton ve harcın atmosferik koşullara dayanımı test amacı ile de kullanılabilir. Bu konuda değişik servis şartlarına göre farklı test şekilleri vardır. Bu çalışmada, üretilen ürünlerin su dışındaki yapılarda ancak denizel atmosferik koşullara yüzeysel olarak maruz kalacağı varsayımı ile kısmi daldırma yöntemi kullanılmıştır. (Benavente D. 2001)

Numuneler farklı sülfat derişimlerine maruz bırakılarak, kimyasal etkileşim sonrası ya basınç dayanım değerleri ve dayanım değişim oranları yada kütle kaybı değişim oranları açısından irdelenirler. Numuneler kap içerisinde 20 gün bırakılmışlar ve her beş günde bir ağırlık kayıpları kontrol edilmiş ve çözelti yenilenmiştir. Numuneler düz bir kap içerisinde, aynı tip örnekten 3 adet olacak şekilde yan yana konulurlar. Kaba, numune yüksekliğinin % 10 ' u kadar solüsyona konulur. Bu çalışmada, %3 konsantrasyon değerinde hazırlanmış sülfat ve tuz solüsyonlarına karşı, örneklerin yalnızca kütle kaybı değişim oranları irdelenmiştir.



Şekil 4.13 Sülfat dayanıklılık Testi



Şekil 4.14 Sülfat dayanıklılık Testi Uygulanmış Numuneler

NaCl direnci testleri %1, %3 veya %5 oranında çözeltiler yapılarak test edilebilir. Bu çalışmada %3 lük konsantrasyonlu çözeltiler kullanılmıştır.

BÖLÜM BEŞ

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Yapılan deney çalışmalarının sonuçlarının bir kısmı topluca aşağıda verilmiştir. İlk olarak sadece volkanik cüruf agrega ile üretilen, herhangi bir polimer ya da farklı agrega kullanılmayan karışımların deneyleri yapılmıştır. Bu karışım baz karışım olarak ele alınmıştır. Daha sonra baz karışıma polimerler ilave edilerek polimerin etkileri gözlenmiştir. Betonların birim hacim ağırlıklarını ve mukavemetlerini etkileyecek şekilde, 3 farklı örnek agrega, ayrı ayrı ilave edilerek karışımlar hazırlanmış ve sonuçları incelenmiştir. 5.1 den 5.14' kadar olan tablolarda yapılan deneylerde kullanılan malzemeler ve alınan sonuçlar toplu olarak verilmiştir.

Tablo 5.1 Polimersiz Baz Karışım- 1

		Karışım Miktarları		
		Ağırlıkça (%)	Miktar (gr)	%
Ana Malzeme	1 - 2 mm Cüruf Agrega	24,00	180,00	100
	0,5 - 1 mm Cüruf Agrega	20,00	150,00	
	0,5 mm Cüruf Agrega	21,00	157,50	
	Cüruf Harici Agrega	0,00	0	
	Beyaz Çimento	35,00	262,50	
		0,00	0,00	
Katı Malzemeleri	Hidroksi Metil Etil Selüloz	0	0	0
	Priz Hızlandırıcı	0	0	
	Su İtici Toz Polimer	0	0	
	Bag Kuvveti Artırıcı Toz Polimer	0	0	
	Rötre Giderici Toz Polimer	0	0	
	Çiçeklenme Giderici Polimer	0	0	
	Sentetik Lif	0	0	
	0.000	0.00		
Toplam :		100.00	750.00	

Toz BHA :	1276,81	kg/m ³
Su/Katı Oranı :	0,22	
Taze Harç BHA :	1935,75	kg/m ³

14. Gün BHA :	1952,44	kg/m ³
14. Gün Dayanım Değeri :	9,80	N/mm ²

28. Gün BHA :	1741,86	kg/m ³
28. Gün Dayanım Değeri :	11,43	N/mm ²

Kapilarite	1,10	kg/m ² .dak0,5
Na Cl Direnci	0,945%	<% 2
Na ₂ SO ₄ Direnci	0,761%	<% 2

Tablo 5.2 Polimersiz Baz Karışım -2

		Karışım Miktarları		%
		Ağırlıkça (%)	Miktar (gr)	
Ana Malzeme	1 - 2 mm Cüruf Agrega	20,00	150,00	100
	0,5 - 1 mm Cüruf Agrega	30,00	225,00	
	0,5 mm Cüruf Agrega	15,00	112,50	
	Cüruf Harici Agrega	0,00	0	
	Beyaz Çimento	35,00	262,50	
		0,00	0,00	
Katı Malzemeleri	Hidroksi Metil Etil Selüloz	0	0	0
	Priz Hızlandırıcı	0	0	
	Su İtici Toz Polimer	0	0	
	Bag Kuvveti Artırıcı Toz Polimer	0	0	
	Rötre Giderici Toz Polimer	0	0	
	Çiçeklenme Giderici Polimer	0	0	
	Sentetik Lif	0	0	
		0,000	0,00	
Toplam :		100,00	750,00	

Toz BHA : 1260,87 kg/m³

Su/Katı Oranı : 0,23

Taze Harç BHA : 1978,26 kg/m³14. Gün BHA : 1981,32 kg/m³14. Gün Dayanım Değeri : 7,43 N/mm²28. Gün BHA : 1742,00 kg/m³28. Gün Dayanım Değeri : 9,41 N/mm²Kapilarite 1,23 kg/m².dak0,5

Na Cl Direnci 0,913% <%2

Na₂SO₄ Direnci 0,747% <%2

Tablo 5.3 Polimersiz Baz Karışım- 3

		Karışım Miktarları		
		Ağırlıkça (%)	Miktar (gr)	%
Ana Malzeme	1 - 2 mm Cüruf Agrega	30,00	225,00	100
	0,5 - 1 mm Cüruf Agrega	15,00	112,50	
	0,5 mm Cüruf Agrega	20,00	150,00	
	Cüruf Harici Agrega	0,00	0	
	Beyaz Çimento	35,00	262,50	
		0,00	0,00	
Katı Malzemeleri	Hidroksi Metil Etil Selüloz	0	0	0
	Priz Hızlandırıcı	0	0	
	Su İtici Toz Polimer	0	0	
	Bag Kuvveti Artırıcı Toz Polimer	0	0	
	Rötre Giderici Toz Polimer	0	0	
	Çiçeklenme Giderici Polimer	0	0	
	Sentetik Lif	0	0	
		0.000	0.00	
Toplam :		100.00	750.00	

Toz BHA : 1231,88 kg/m³

Su/Katı Oranı : 0,24

Taze Harç BHA : 1932,37 kg/m³14. Gün BHA : 1941,49 kg/m³14. Gün Dayanım Değeri : 8,24 N/mm²28. Gün BHA : 1741,86 kg/m³28. Gün Dayanım Değeri : 10,17 N/mm²Kapilarite 1,16 kg/m².dak0,5

Na Cl Direnci 0,847% <%2

Na₂SO₄ Direnci 0,691% <%2

Tablo 5.4 Polimerli Baz Karışım -1

		Karışım Miktarları		%
		Ağırlıkça (%)	Miktar (gr)	
An a Mal ze me	1 - 2 mm Cüruf Agrega	17,55	131,62	92,5 5
	0,5 - 1 mm Cüruf Agrega	20,00	150,00	
	0,5 mm Cüruf Agrega	20,00	150,00	
	1 - 2 mm Seramik Agrega	0,00	0	
	Beyaz Çimento	35,00	262,50	
		0,00	0,00	
Kat kı Mal ze mel eri	Hidroksi Metil Etil Selüloz	0,60	4,50	7,45
	Priz Hızlandırıcı	3,00	22,50	
	Su İtici Toz Polimer	1,50	11,25	
	Bag Kuvveti Artırıcı Toz Polimer	1,50	11,25	
	Rötre Giderici Toz Polimer	0,65	4,88	
	Çiçeklenme Giderici Polimer	0,20	1,50	
	Sentetik Lif	0	0	
		0.000	0.00	
Toplam :		100.00	750.00	

Toz BHA : 1140,11 kg/m³

Su/Katı Oranı : 0.325

Taze Harç BHA : 1438,00 kg/m³14. Gün BHA : 1443,03 kg/m³14. Gün Dayanım Değeri : 18,9 N/mm²28. Gün BHA : 1403,82 kg/m³28. Gün Dayanım Değeri : 22,20 N/mm²Kapilarite 0,344 kg/m².dak0,5

Na Cl Direnci 0,327% <%2

Na₂SO₄ Direnci 0,264% <%2

Tablo 5.5 Polimerli Baz Karışım -2

		Karışım Miktarları		
		Ağırlıkça (%)	Miktar (gr)	%
An a Mal ze me	1 - 2 mm Cüruf Agrega	23,00	172,50	93,0 5
	0,5 - 1 mm Cüruf Agrega	20,00	150,00	
	0,5 mm Cüruf Agrega	16,00	120,00	
	1 - 2 mm Seramik Agrega	0,00	0	
	Beyaz Çimento	34,05	255,37	
		0,00	0,00	
Kat kı Mal ze mel eri	Hidroksi Metil Etil Selüloz	0,15	1,12	6,95
	Priz Hızlandırıcı	3,00	22,50	
	Su İtici Toz Polimer	1,50	11,25	
	Bag Kuvveti Artırıcı Toz Polimer	1,60	12,00	
	Rötre Giderici Toz Polimer	0,50	3,75	
	Çiçeklenme Giderici Polimer	0,20	1,50	
	Sentetik Lif	0	0	
		0,000	0,00	
Toplam :		100,00	750,00	

Toz BHA : 1121,58 kg/m³

Su/Katı Oranı : 0,30

Taze Harç BHA : 1448,00 kg/m³14. Gün BHA : 1461,26 kg/m³14. Gün Dayanım Değeri : 18,1 N/mm²28. Gün BHA : 1379,85 kg/m³28. Gün Dayanım Değeri : 21,30 N/mm²Kapilarite 0,324 kg/m².dak0,5

Na Cl Direnci 0,314% <%2

Na₂SO₄ Direnci 0,258% <%2

Tablo 5.6 Porselen agregalı karışım- 1

		Karışım Miktarları		
		Ağırlıkça (%)	Miktar (gr)	%
Ana Malzeme	1 - 2 mm Cüruf Agregası	16,00	120,00	92,65
	0,5 - 1 mm Cüruf Agregası	21,65	162,38	
	0,5 mm Cüruf Agregası	13,00	97,50	
	1 - 2 mm Seramik Agregası	7,00	52,50	
	Beyaz Çimento	35,00	262,50	
Katkı Malzemeleri		0,00	0,00	7,35
	Hidroksi Metil Etil Selüloz	0,150	1,13	
	Priz Hızlandırıcı	3,000	22,50	
	Su İtici Toz Polimer	1,500	11,25	
	Bag Kuvveti Artırıcı Toz Polimer	1,500	11,25	
	Rötre Giderici Toz Polimer	0,500	3,75	
	Çiçeklenme Giderici Polimer	0,200	1,50	
	Sentetik Lif	0,500	3,75	
	0,000	0,00		
Toplam :		100,00	750,00	

Toz BHA : 721,74 kg/m³

Su/Katı Oranı : 0,28

Taze Harç BHA : 1112,08 kg/m³14. Gün BHA : 1192,04 kg/m³14. Gün Dayanım Değeri : 37,69 kg/cm²28. Gün BHA : 935 kg/m³28. Gün Dayanım Değeri : 43,5 kg/cm²Kapilarite : 0,296 kg/m².dak0,5

Tablo 5.7 Porselen Agregalı Karışım-2

		Karışım Miktarları		
		Ağırlıkça (%)	Miktar (gr)	%
Ana Malzeme	1 - 2 mm Cüruf Agregası	13,00	97,50	92,65
	0,5 - 1 mm Cüruf Agregası	21,65	162,38	
	0,5 mm Cüruf Agregası	13,00	97,50	
	1 - 2 mm Seramik Agregası	5,00	37,50	
	Beyaz Çimento	40,00	300,00	
		0,00	0,00	
Katı Malzemeleri	Hidroksi Metil Etil Selüloz	0,150	1,13	7,35
	Priz Hızlandırıcı	3,000	22,50	
	Su İtici Toz Polimer	1,500	11,25	
	Bag Kuvveti Artırıcı Toz Polimer	1,500	11,25	
	Rötre Giderici Toz Polimer	0,500	3,75	
	Çiçeklenme Giderici Polimer	0,200	1,50	
	Sentetik Lif	0,500	3,75	
		0,000	0,00	
Toplam :		100,00	750,00	

Toz BHA : 886,47 kg/m³

Su/Katı Oranı : 0,26

Taze Harç BHA : 1232,37 kg/m³14. Gün BHA : 1265,3 kg/m³14. Gün Dayanım Değeri : 72,43 kg/cm²28. Gün BHA : 1042 kg/m³28. Gün Dayanım Değeri : 81,21 kg/cm²Kapilarite : 0,281 kg/m².dak0,5

Tablo 5.8 Porselen Agregalı Karışım – 3

		Karışım Miktarları		%
		Ağırlıkça (%)	Miktar (gr)	
Ana Malzeme	1 - 2 mm Cüruf Agregası	12,00	90,00	92,65
	0,5 - 1 mm Cüruf Agregası	19,65	147,38	
	0,5 mm Cüruf Agregası	11,00	82,50	
	1 - 2 mm Seramik Agregası	5,00	37,50	
	Beyaz Çimento	45,00	33,50	
		0,00	0,00	
Katkı Malzemeleri	Hidroksi Metil Etil Selüloz	0,150	1,13	7,35
	Priz Hızlandırıcı	3,00	22,50	
	Su İtici Toz Polimer	1,50	11,25	
	Bag Kuvveti Artırıcı Toz Polimer	1,50	11,25	
	Rötre Giderici Toz Polimer	0,50	3,75	
	Çiçeklenme Giderici Polimer	0,20	1,50	
	Sentetik Lif	0,50	3,75	
		0,00	0,00	
Toplam :		100,00	750,00	

Toz BHA : 902,42 kg/m³

Su/Katı Oranı : 0,25

Taze Harç BHA : 1233,82 kg/m³14. Gün BHA : 1301,2 kg/m³14. Gün Dayanım Değeri : 85,24 kg/cm²28. Gün BHA : 1095 kg/m³28. Gün Dayanım Değeri : 94,53 kg/cm²Kapilarite 0,257 kg/m².dak0,5

Tablo 5.9 Perlit Agregalı Karışım-1

		Karışım Miktarları		%
		Ağırlıkça (%)	Miktar (gr)	
Ana Malzeme	1 - 2 mm Cüruf Agregası	16,00	120,00	92,65
	0,5 - 1 mm Cüruf Agregası	21,65	162,38	
	0,5 mm Cüruf Agregası	13,00	97,50	
	Genleşmiş Perlit Agregası	7,00	52,50	
	Beyaz Çimento	35,00	262,50	
Katkı Malzemeleri		0,00	0,00	7,35
	Hidroksi Metil Etil Selüloz	0,15	1,13	
	Priz Hızlandırıcı	3,00	22,50	
	Su İtici Toz Polimer	1,50	11,25	
	Bag Kuvveti Artırıcı Toz Polimer	1,50	11,25	
	Rötre Giderici Toz Polimer	0,50	3,75	
	Çiçeklenme Giderici Polimer	0,20	1,50	
	Sentetik Lif	0,50	3,75	
		0,00	0,00	
Toplam :		100,00	750,00	

Toz BHA :	757,00	kg/m ³
Su/Katı Oranı :	0,32	
Taze Harç BHA :	1387,92	kg/m ³

14. Gün BHA :	1416,82	kg/m ³
14. Gün Dayanım Değeri :	72,05	kg/cm ²

28. Gün BHA :	1158,21	kg/m ³
28. Gün Dayanım Değeri :	84,52	kg/cm ²

Kapilarite	0,348	kg/m ² .dak0,5
Na Cl Direnci	0,398%	<%2
Na ₂ SO ₄ Direnci	0,316%	<%2

Tablo 5.10 Perlit Agregalı Karışım-2

		Karışım Miktarları		%
		Ağırlıkça (%)	Miktar (gr)	
Ana Malzeme	1 - 2 mm Cüruf Agregası	13,00	97,50	92,65
	0,5 - 1 mm Cüruf Agregası	21,65	162,38	
	0,5 mm Cüruf Agregası	13,00	97,50	
	Genleşmiş Perlit Agregası	5,00	37,50	
	Beyaz Çimento	40,00	300,00	
		0,00	0,00	
Katkı Malzemeleri	Hidroksi Metil Etil Selüloz	0,150	1,13	7,35
	Priz Hızlandırıcı	3,00	22,50	
	Su İtici Toz Polimer	1,50	11,25	
	Bag Kuvveti Artırıcı Toz Polimer	1,50	11,25	
	Rötre Giderici Toz Polimer	0,50	3,75	
	Çiçeklenme Giderici Polimer	0,20	1,50	
	Sentetik Lif	0,50	3,75	
		0,00	0,00	
Toplam :		100,00	750,00	

Toz BHA :	817,39	kg/m ³
Su/Katı Oranı :	0,3	
Taze Harç BHA :	1409,18	kg/m ³
14. Gün BHA :	1453,87	kg/m ³
14. Gün Dayanım Değeri :	76,57	kg/cm ²
28. Gün BHA :	1197,6	kg/m ³
28. Gün Dayanım Değeri :	96,33	kg/cm ²
Kapilarite	0,331	kg/m ² .dak0,5
Na Cl Direnci	0,371%	<%2
Na ₂ SO ₄ Direnci	0,290%	<%2

Tablo 5.11 Perlit Agregalı Karışım-3

		Karışım Miktarları		%
		Ağırlıkça (%)	Miktar (gr)	
An a Ma lze me	1 - 2 mm Cüruf Agregası	12,00	90,00	92,6 5
	0,5 - 1 mm Cüruf Agregası	19,65	147,38	
	0,5 mm Cüruf Agregası	11,00	82,50	
	Genleşmiş Perlit Agregası	5,00	37,50	
	Beyaz Çimento	45,00	337,50	
		0,00	0,00	
Kat kı Ma lze mel eri	Hidroksi Metil Etil Selüloz	0,150	1,13	7,35
	Priz Hızlandırıcı	3,00	22,50	
	Su İtici Toz Polimer	1,50	11,25	
	Bag Kuvveti Artırıcı Toz Polimer	1,50	11,25	
	Rötre Giderici Toz Polimer	0,50	3,75	
	Çiçeklenme Giderici Polimer	0,20	1,50	
	Sentetik Lif	0,50	3,75	
		0,00	0,00	
Toplam :		100,00	750,00	

Toz BHA :	835,74	kg/m ³
Su/Katı Oranı :	0,3	
Taze Harç BHA :	1466,18	kg/m ³

14. Gün BHA :	1538,17	kg/m ³
14. Gün Dayanım Değeri :	157,68	kg/cm ²

28. Gün BHA :	1315,93	kg/m ³
28. Gün Dayanım Değeri :	169,54	kg/cm ²

Kapilarite	0,319	kg/m ² .dak0,5
Na Cl Direnci	0,354%	<%2
Na ₂ SO ₄ Direnci	0,271%	<%2

Tablo 5.12 Andezit Agregalı Karışım-1

		Karışım Miktarları		
		Ağırlıkça (%)	Miktar (gr)	%
Ana Malzeme	1 - 2 mm Cüruf Agregası	16,00	120,00	92,65
	0,5 - 1 mm Cüruf Agregası	21,65	162,38	
	0,5 mm Cüruf Agregası	13,00	97,50	
	500 mikron Andezit Agregası	7,00	52,50	
	Beyaz Çimento	35,00	262,50	
		0,00	0,00	
Katkı Malzemeleri	Hidroksi Metil Etil Selüloz	0,15	1,13	7,35
	Priz Hızlandırıcı	3,00	22,50	
	Su İtici Toz Polimer	1,50	11,25	
	Bag Kuvveti Artırıcı Toz Polimer	1,50	11,25	
	Rötre Giderici Toz Polimer	0,50	3,75	
	Çiçeklenme Giderici Polimer	0,20	1,50	
	Sentetik Lif	0,50	3,75	
		0,00	0,00	
Toplam :		100,00	750,00	

Toz BHA :	993,72	kg/m ³
Su/Katı Oranı :	0,25	
Taze Harç BHA :	1508,21	kg/m ³

14. Gün BHA :	1515,89	kg/m ³
14. Gün Dayanım Değeri :	114,39	kg/cm ²

28. Gün BHA :	1327,36	kg/m ³
28. Gün Dayanım Değeri :	130,54	kg/cm ²

Kapilarite	0,314	kg/m ² .dak0,5
Na Cl Direnci	0,219%	<%2
Na ₂ SO ₄ Direnci	0,202%	<%2

Tablo 5.13 Andezit Agregalı Karışım-2

		Karışım Miktarları		%
		Ağırlıkça (%)	Miktar (gr)	
An a Mal ze me	1 - 2 mm Cüruf Agregası	13,00	97,50	92,6 5
	0,5 - 1 mm Cüruf Agregası	2165	162,38	
	0,5 mm Cüruf Agregası	13,00	97,50	
	500 mikron Andezit Agregası	5,00	37,50	
	Beyaz Çimento	40,00	300,00	
		0,00	0,00	
Kat kı Mal ze me leri	Hidroksi Metil Etil Selüloz	0,15	1,13	7,35
	Priz Hızlandırıcı	3,00	22,50	
	Su İtici Toz Polimer	1,50	11,25	
	Bag Kuvveti Artırıcı Toz Polimer	1,50	11,25	
	Rötre Giderici Toz Polimer	0,50	3,75	
	Çiçeklenme Giderici Polimer	0,20	1,50	
	Sentetik Lif	0,50	3,75	
		0,00	0,00	
Toplam :		100,00	750,00	

Toz BHA :	1013,04	kg/m ³
Su/Katı Oranı :	0,25	
Taze Harç BHA :	1519,32	kg/m ³

14. Gün BHA :	1565,18	kg/m ³
14. Gün Dayanım Değeri :	153,24	kg/cm ²

28. Gün BHA :	1391,03	kg/m ³
28. Gün Dayanım Değeri :	181,56	kg/cm ²

Kapilarite	0,297	kg/m ² .dak0,5
Na Cl Direnci	0,204%	<%2
Na ₂ SO ₄ Direnci	0,193%	<%2

Tablo 5.14 Andezit Agregalı Karışım-3

		Karışım Miktarları		
		Ağırlıkça (%)	Miktar (gr)	%
Ana Malzeme	1 - 2 mm Cüruf Agregası	12,00	90,00	92,65
	0,5 - 1 mm Cüruf Agregası	19,65	147,38	
	0,5 mm Cüruf Agregası	11,00	82,50	
	500 mikron Andezit Agregası	5,00	37,50	
	Beyaz Çimento	45,00	337,50	
		0,00	0,00	
Katkı Malzemeleri	Hidroksi Metil Etil Selüloz	0,15	1,13	7,35
	Priz Hızlandırıcı	3,00	22,50	
	Su İtici Toz Polimer	1,50	11,25	
	Bag Kuvveti Artırıcı Toz Polimer	1,50	11,25	
	Rötre Giderici Toz Polimer	0,50	3,75	
	Çiçeklenme Giderici Polimer	0,20	1,50	
	Sentetik Lif	0,50	3,75	
		0,00	0,00	
Toplam :		100,00	750,00	

Toz BHA :	1025,60	kg/m ³
Su/Katı Oranı :	0,25	
Taze Harç BHA :	1566	kg/m ³

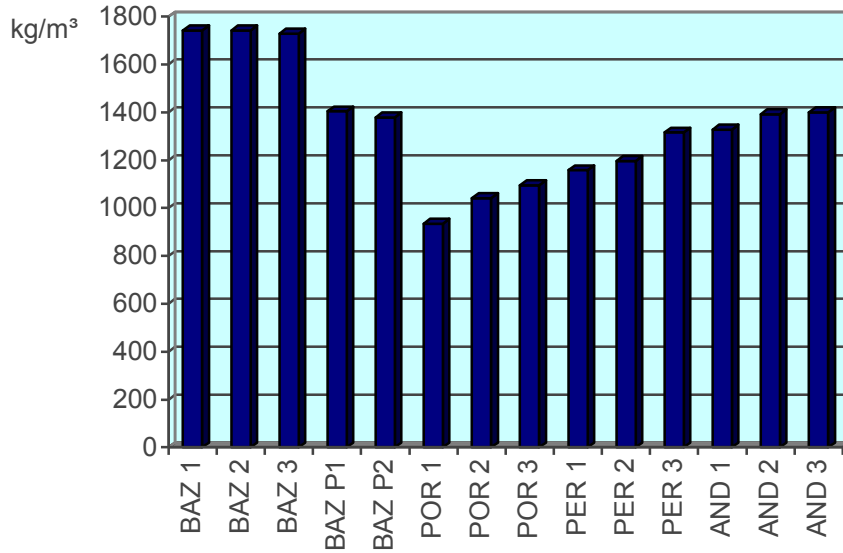
14. Gün BHA :	1578,03	kg/m ³
14. Gün Dayanım Değeri :	168,11	kg/cm ²

28. Gün BHA :	1399,09	kg/m ³
28. Gün Dayanım Değeri :	198,23	kg/cm ²

Kapilarite	0,273	kg/m ² .dak0,5
Na Cl Direnci	0,193%	<%2
Na ₂ SO ₄ Direnci	0,176%	<%2

5.1 Birim Hacim Ağırlık

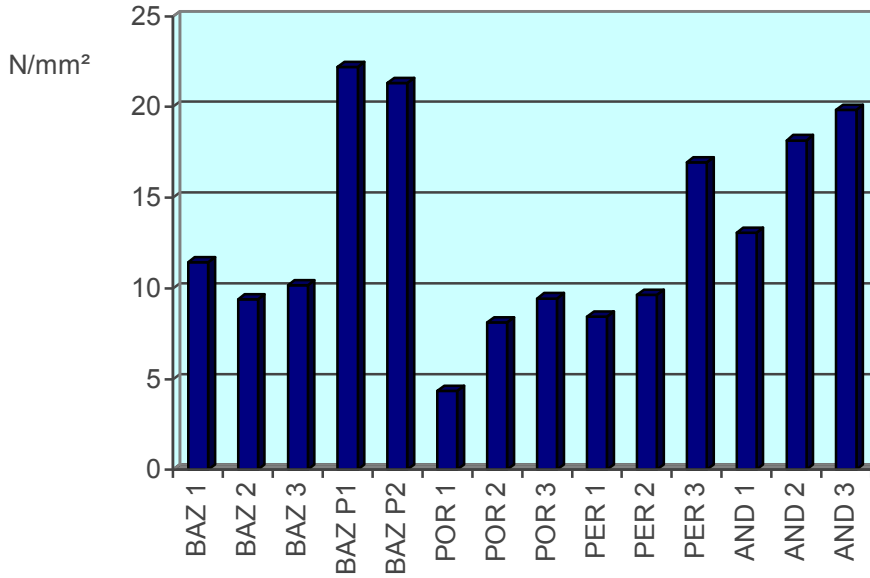
Baz karışımların birim hacim ağırlık değerleri 1700-1800 kg/m³ aralığında çıkmıştır. bu çalışmada yaptığımız karışımların sıva harcı olarak da kullanılabilmesi nedeniyle agrega boyutu en fazla 2 mm olarak seçilmiştir. Volkanik Cüruf gibi gözenekli malzemelerde agrega boyutu küçüldükçe birim hacim ağırlık artmaktadır. Betonun kullanım yerine göre daha büyük boyutlu hafif agrega kullanılması halinde, birim hacim ağırlık değerlerinin daha düşük çıkacağını söyleyebiliriz. Baz karışımlara ilave olarak polimerler girildiğinde birim hacim ağırlığın azaldığı görülmüştür. Bunun nedenleri, ilk olarak polimerlerin hava sürükleyici özelliklerinden dolayı karışım içinde ilave boşluk olmasıdır. Bunun yanında, polimerlerin karışımı kolaylaştırması, dolayısı ile hafif agregada çok görülen karışım sırasında agreganın ufalanmasının en aza inmesi olabilir. İlave olarak girilen agregalar, kendi birim hacim ağırlıkları ile orantılı olarak karışımın ağırlığını etkilemişlerdir. Şekil 5.1 de deney sonuçlarının karşılaştırmalı grafiği görülmektedir.



Şekil 5.1 Birim hacim ağırlıklar

5.2 Basınç Mukavemetleri

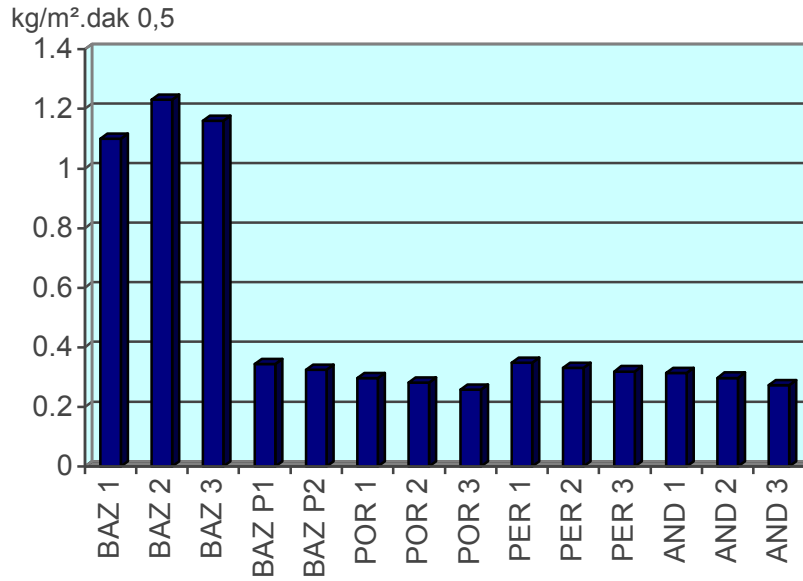
Tüm deney karışımlarımız sıva harcı olarak kullanılabilir basınç mukavemetleri vermiştir. Ancak burada polimersiz baz karışım ile polimerli karışım arasındaki mukavemet farkı göze çarpmaktadır. Polimerlerin bağ kuvvetini artırması ve karışım suyu ihtiyacını azaltması bunun ana sebebidir. En düşük birim hacim ağırlık değerini veren porselen agregalı karışımlar, doğal olarak en düşük basınç mukavemetini vermiştir. İlave agregalı karışımlarda çimento miktarı arttıkça, basınç mukavemet değerleri artmıştır. Şekil 5.2 de basınç mukavemetlerinin karşılaştırma grafiği görülmektedir.



Şekil 5.2 Basınç mukavemeti değerleri

5.3. Kapilerite

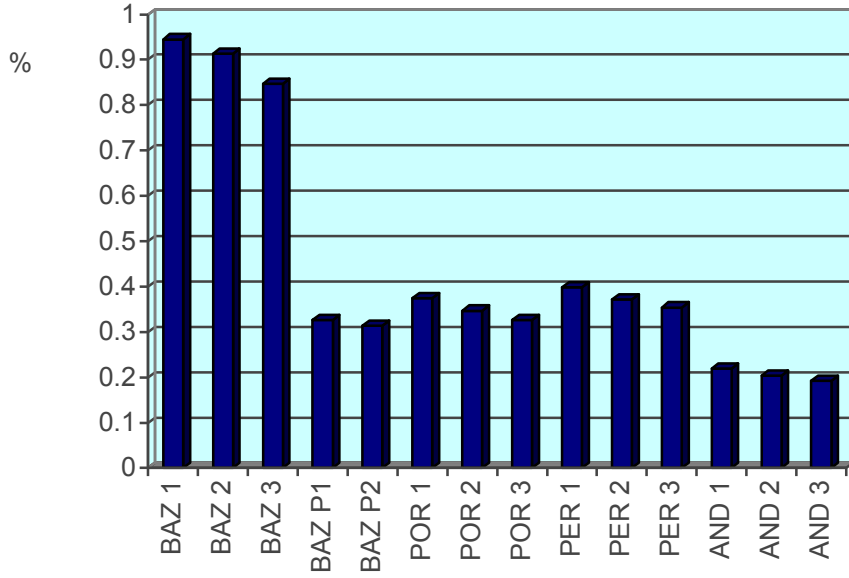
Volkanik cüruf agreganın hafif olmasını sağlayan, bünyesindeki hava boşlukları, doğal olarak taşın su emmesine neden olmaktadır. Bu nedenle baz karışımlarımızda kapilerite değerleri çok yüksek çıkmıştır. İçerisine polimerleri girdiğimiz diğer karışımlarda kapilerite değerlerinin standardın altına indiği görülmektedir. Kullanılan polimer oranına göre bu değeri sıfıra yakın değerlere indirmek de mümkündür. Ancak bu işlemin maliyetleri artıracığı muhakkaktır. Şekil 5.3 de kapilerite değerlerinin karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil 5.3. Kapilerite değerleri

5.4 NaCl Direnci

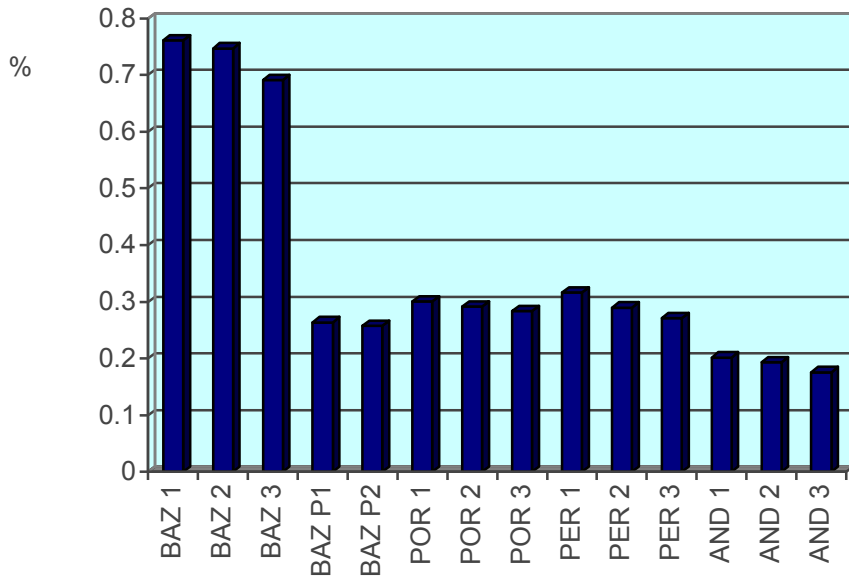
NaCl direnci değerleri harcın kapilerite değerlerine benzerlik göstermektedir. Su emmesi fazla olan baz karışımlarımızda değerler yüksek çıkmış polimerli karışımlarda standardın istediği değerler yakalanmıştır. Şekil 5.4 de NaCl değerleri görülmektedir.



Şekil 5.4 NaCl Direnci değerleri

5.5 Na₂SO₄ Direnci

Na₂SO₄ Direnci değerleri de, kapilerite ve NaCl direnci değerlerinde olduğu gibi baz karışımında yüksek çıkmış, polimerlerin kullanıldığı karışımlarda standardın istediği sınırların altına inmiştir. Şekil 5.5' de Na₂SO₄ direnci değerlerinin karşılaştırılmalı grafiği görülmektedir.

Şekil 5.5 Na₂SO₄ Direnci değerleri

BÖLÜM ALTI

SONUÇ VE ÖNERİLER

Polimer takviyeli kompozit betonlar; son yıllarda özellikle ısı yalıtımlı sıva üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Isı yalıtımı yapması amacıyla hafif olması gereken bu ürünlerin, yapıdaki aderans ve dayanım problemleri özellikle polimerler yardımı ile çözülmektedir.

Bu tez çalışmasında; son yıllarda kullanımı artan polimer katkıli kompozit betonların, atmosferik ve denizel ortamlardaki performanslarının karşılaştırılması yapılmıştır. Araştırma sonunda, volkanik curuf agrega ile yapılan kompozit betonların, polimersiz olarak kullanıldığında, su emmesinin etkisi ile kapilerite değerlerinin yüksek çıktığı ve deniz suyunu sembolize eden kimyasallara karşı dayanımlarının düşük olduğu görülmüştür. Ancak polimerlerin kullanımının bu olumsuz durumu giderdiği yapılan deneyler sonunda görülmüştür. Polimer kullanılan karışımların farklı agrega takviyesi ile farklı mukavemet ve birim hacim ağırlık değerleri verdiği; ancak her durumda denizel ortama dayanıklı olduğu görülmüştür.

Yapılan çalışmalarda; polimersiz olarak 1700-1800 kg/m³ aralığında, polimerli olarak 900-1400 kg/m³ aralığında değişen birim hacim ağırlıklara sahip, harç karışımları üretilmiştir. Normal betondan %40-60 daha hafif olan bu betonların mukavemetleri 4,00-23,00 N/mm² basınç mukavemetleri elde edilmiştir. Bu mukavemet değerleri özellikle sıva amaçlı kullanımlar için yeterlidir. Taşıyıcı amaçlı veya tamir amaçlı kullanımlar için andezit agrega takviyesi gibi daha yüksek mukavemetli yapı malzemeleri ile yapılan karışımların geliştirilmesi daha uygun olacaktır.

Bu çalışma kapsamında, sürekli gelişen polimer ürünlerinin inşaat sektörüne olumlu katkıları olduğu ve değişik ihtiyaçlar için ürün geliştirmede yararlı malzemeler olduklarını söyleyebiliriz.

Türkiye’ de bol ve ucuz olarak bulunan hafif agregaların beton ve sıva sektöründe kullanımının uygun olduğunu, ihtiyaca göre yapılacak farklı dizaynlar ile her türlü amaca hizmet eden beton ve harçların üretilebileceği görülmüştür. Yapılan bu çalışmaların, farklı yörelerdeki benzer yapı malzemelerinin denemesi ile geliştirilebileceği açıktır. Örnek olarak Batı Akdeniz ve Güney Ege kıyı bölgelerinde yapılacak kıyı ve deniz yapıları için Isparta Yöresi pomzalarını tavsiye edebiliriz. Aynı şekilde İzmir Bölgesi’ ndeki genleşmemiş perlitler ve perlitik pomzaların üzerinde araştırmaya değer olduğunu düşünüyoruz. Üretilen sıvaların binalara getireceği yüklerin azalmasının sağlayacağı avantajların yanında, endüstriyel ortamda hazırlanabilecek kuru karışım harçlar ile yüksek ürün kalitesi ve standardizasyon sağlanabilecektir.

Burada volkanik curuf agregayı temel agregaya baz aldığımız gibi, yoğunluğu volkanik curuf agregadan daha hafif olan; asidik pomzalar, genleşmiş perlitler, açılmış vermikülitler vb. malzemeler ile yapılacak betonların kullanılması ile yoğunluğu 400-600 kg/m³ olan betonlar veya harçlar üretilebilecektir. Sudan daha hafif olan bu karışımların mukavemet ve denizel ortama dayanıklılıklarının artırılması, yüzen beton ve betonarme yapılar olarak farklı bir çalışma alanı açacaktır.

KAYNAKLAR

Benavente D; Garcia del Cura M.A.; Bernabeu A.; Ordonez S.(2001) “quantification of salt weathering in porous Stones using an experimental continuous partial immersion method” *Engineering Geology* Vol.59 313-325

Binici, H ve Görür, E.B. (2005) “*Yüksek Fırın Curufu ve Bazaltik Pomza Katkılı Betonların Deniz Yapılarında Kullanımı*” Türkiye Pomza Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, 121-125 Isparta

Demirdağ, S ve Gündüz, L (2003), “*Volkanik Cürufların İnşaat Endüstrisinde Hafif Beton Agregası Olarak Değerlendirilme Kriterleri*”, III. Ulusal Kırma Taş Sempozyumu, 3-4 aralık 2003 İstanbul

Genleştirilmiş cam kürecik (b.t) http://www.plasto.com.tr/plasto20/urunler3.asp?-urun_KOD=670&anagrup=Dolgular/Katk%C3%84%C2%B1lar&kat_KOD=640&altkat=HAF%C4%B0FLET%C4%B0C%C4%B0%20DOLGULAR)

Gündüz L; Bekar M ; Şapcı N. (2007) “Influence of a new type of additive on the performance of polymer-lightweight mortar composites” *Cement & Concrete Composites* Vol.29 594–602

Kılıç,A, Atış, C.D., Yaşar,E. ve Özcan.F (2003) “*High Strength Lighweight Concrete Made with scoria aggregate containing mineral admixtures*” *Cement and Concrete Research*

Perlit (b.t) <http://www.pertas.net/Perlit.html>

Sarıışık, A. (1998) “*Kalsiyum Karbonat Kökenli Mermerlerin Çevre Etkileşimi İle Fiziko-Mekanik Özelliklerindeki Değişim Karakteristiklikleri*”, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Şengün, N. (2004) “*Pomzanın Hafif Harç Yapımında Endüstriyel Hammadde Olarak Kullanılması*” Yüksek Lisans Tezi Süleyman Demirel Üniversitesi Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

TS 699 (1987) “Tabii Yapı Taşları – Muayene ve Deney Metodları

TS EN 1015-2 (2000) “Kagir Harcı Deney Metodları Bölüm-2, İmalatta Kullanılan Harç Yığınlarından Numune Alma ve Deney İçin Hazırlama”

TS EN 1015-11 (2000) “Kagir Harcı Deney Metodları Bölüm-11, Sertleşmiş Harcın Basınç ve Eğilme Dayanımının Tayini”

TS EN 1015-10 (2001) “Kagir Harcı Deney Metodları Bölüm-11, Sertleşmiş Harcın Boşluklu Kuru Birim hacim Kütlesinin tayini”

TS EN 1015-18 (2002) “Sertleşmiş Harcın Kapiler Etkiler Esnasında Su Emme Katsayısının Tayini”

TS 1114 (1986) “ Hafif Agregalar Beton İçin”