



MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BOROJİPSİN BETONDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN HARÇ
NUMUNELER ÜZERİNDE YAPILAN DENEYLER İLE ARAŞTIRILMASI**

SADETTİN ÖNTÜRK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Antakya/HATAY

OCAK-2011

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BOROJİPSİN BETONDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN HARÇ NUMUNELER
ÜZERİNDE YAPILAN DENEYLER İLE ARAŞTIRILMASI

SADETTİN ÖNTÜRK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Yrd. Doç. Dr. Umur Korkut SEVİM danışmanlığında hazırlanan bu tez 25/01/2011 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Umur Korkut SEVİM
Başkan

Yrd. Doç. Dr. Erdoğan ÖZBAY
Üye

Doç. Dr. Suphi URAL
Üye

Bu tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Necat AĞCA
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	IV
ABSTRACT	V
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Giriş	5
2.2. Betonda Borojips Kullanımı	5
2.3. Priz Süresi.....	5
2.4. Basınç Dayanımı	6
2.5. Çekme Dayanımı.....	7
2.6. Silindir Yarma Dayanımı.....	7
2.7. Radyasyon Geçirgenliği	7
2.8. İşlenebilirlik	8
2.9. Borojips'in Taze Betonun Yoğunluğuna Etkisi	8
2.10. Normal Kıvam.....	8
2.11. Hacim Genişlemesi.....	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	10
3.1. Materyal.....	10
3.1.1. Harç Numuneler Üzerinde Yürütülen Deneyler	10
3.1.1.1. Çekme Dayanımı	10
3.1.1.2. Basınç Dayanımı.....	11
3.1.1.3. Aşınma Dayanımı (Los-Angeles Deneyi)	13
3.1.1.4. Karbonatlaşma Deneyi.....	14
3.1.1.5. Çimentoların Rötresi.....	15
3.1.1.6. Kapilarite Deneyi.....	16
3.1.1.7. Su Emme Deneyi	17
3.1.2. Taze Harç Üzerinde Yürütülen Deneyler	18
3.1.2.1. Yayılma Tablası Deneyi.....	18

3.1.3. Puzolanlar ve Çok İnce Öğütülmüş Diğer Mineral Katkılar	19
3.1.3.1. Giriş.....	19
3.1.3.2. İnce Öğütülmüş Mineral Katkılarının Sınıflandırılma.....	20
3.1.3.3. Puzolanik Malzemeler.....	21
3.1.3.3.1. Puzolanların Tanımı	21
3.1.3.3.2. Puzolanik Malzemelerin Tipleri.....	22
3.1.3.3.3. Puzolanik Reaksiyon	22
3.1.3.3.4. Puzolanik Malzemelerin Kullanımı	23
3.1.3.3.5. Doğal ve Yapay Puzolanlar İçin Deney Metodları	23
3.1.3.3.6. Doğal ve Yapay Puzolanların Betona Mineral Katkı Olarak Uygunlukları.....	24
3.1.3.4. Bağlayıcı Malzemeler Olarak İnce Öğütülmüş Mineral Katkılar	24
3.1.3.4.1. Su Kireci	24
3.1.3.4.2. Duvar Harcı Çimentosu.....	25
3.1.3.4.3. Curuf Çimentosu	25
3.1.3.5. İnce Öğütülmüş Diğer Mineral Katkılar	25
3.1.3.6. İnce Öğütülmüş Mineral Katkılarının Kullanım Amacı	26
3.1.4. Bor	27
3.1.4.1. Giriş	27
3.1.4.2. Bor Ürünleri	27
3.1.4.2.1. Tabii Boratlar	27
3.1.4.2.2. Rafine Boratlar	28
3.1.4.2.3. Özel Bor Kimyasalları.....	28
3.1.4.2.4. Bor Türevleri.....	29
3.1.4.3. Bor Ürünlerinin Kullanım Alanları	30
3.1.4.4. İnşaat Sektörü ve Bor.....	32
3.1.4.5. Borojips	33
3.1.5. Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri	34
3.1.5.1. Çimento	34
3.1.5.2. Borojips	36
3.1.5.3. Su	37

3.1.5.4. Agrega.....	37
3.2. Yöntem	39
3.2.1. DeneY Yöntemleri	39
3.2.1.1. Hazırlanacak Numune Tipleri	39
3.2.1.2. Deneysel Çalışmalar	39
3.2.1.2.1. Yürütölen DeneYler	39
3.2.1.3. Notasyon	40
3.2.1.4. Karışım Dizaynları.....	41
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	42
4.1. Taze Harç Üzerinde Yapılan DeneYler.....	42
4.1.1. Yayılma Tablası DeneYi	42
4.2. Sertleşmiş Harç Numuneler Üzerinde Yapılan DeneYler ve Sonuçları	43
4.2.1. Basınç Dayanımı	43
4.2.2. Eğilme Dayanımı.....	45
4.2.3. Aşınma Dayanımı (Los-Angeles DeneYi).....	47
4.2.4. Karbonatlaşma DeneYi.....	48
4.2.5. Su Emme	49
4.2.6. Kapilarite.....	50
4.2.7. Rötne DeneYi	52
4.2.8. Basınç İle Eğilme Dayanımı İlişkisi	53
4.2.9. Eğilme Dayanımı İle Aşınma İlişkisi	54
4.2.10. Basınç Dayanımı İle Aşınma İlişkisi	55
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	57
5.1. Sonuç	57
5.2. Öneriler	58
KAYNAKLAR.....	60
TEŞEKKÜR	63
ÖZGEÇMİŞ.....	64

ÖZET**BOROJİPSİN BETONDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN HARÇ NUMUNELER ÜZERİNDE YAPILAN DENEYLER İLE ARAŞTIRILMASI**

Bu yüksek lisans çalışmasında Kütahya-Emet ETİ Bor A.Ş. den getirilen borojipsin çimento ve beton katkısı olarak kullanılabilirliği harç numuneler üzerinde yapılan deneylerle araştırılmıştır. Borojips çimento ile ağırlıkça %0, %3, %5, %10 ve %15 yer değiştirme oranlarında kullanılmıştır. Yapılan basınç dayanımı ile eğilme dayanımı deneylerinde %3 ve %5 borojips ikamesinin harç numunelerin basınç ve eğilme dayanımını iyileştirdiği görülmektedir. Ayrıca %3 ve %5 borojips ikamesinin harçlarda, aşınmayı azalttığı, karbonatlaşma derinliğini düşürdüğü ve su emmeyi azalttığı görülmüştür. Artan borojips ikamesinin harç numunelerinin kıvamını azalttığı yayılma tablası deneyi ile tespit edilmiştir. Borojips katkısının harç numunelerinin rötresini azalttığı 28. güne kadar yapılan ölçümlerle belirlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda çimentonun ağırlıkça %5 ile %10' u arasında borojipsin beton ve çimentoda mineral katkı olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

2011, 64 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Borojips, Basınç Dayanımı, Eğilme Dayanımı, Karbonatlaşma, Su Emme, Aşınma, Rötre, Kapilarite

ABSTRACT**THE ENQUIRIES ON THE AVAILABILITY OF BOROGYPSUM IN
CONCRETE EXAMPLES**

In this postgraduate study, it is inquired the availability of borogypsum as cement and concrete additive which was brought from Kütahya – Emet ETİ boron incorporated company. Borogypsum has been used in cement with the rates of 0%, 3%, 5%, 10%, 15%. It has been observed in the pressure resistance study that the resistance of the mortar which is contained borogypsum with the rate of 3% and 5% has made better the endurance of the flexibility and pressure of mortar example. In addition to this when it is contained with the rate of 3% and 5% borogypsum, each mixture has increased to decrease the abrasion, absorption of water and deepness of being carbonated. It has been seen on the diffusion tray experiment that the increased borogypsum contents have decreased the consistency of mortar examples. It is also observed that the additive of borogypsum has decreased the shrinkage of mortar examples which is studied up to 28th day. By the end of this experimental study it has been decided that between the rates of 5% and 10% borogypsum can be used in concrete and cement as mineral additive

2011, 64 pages

Keywords : Borogypsum, Compressive Strenght, Flexibility of the Endurance, Absorption of Water, Abrasion, Carbonated, Shrinkage, Capillarity,

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Kesit alanı
B	: Numune kesitinin kenar uzunluğu
L	: Destek silindirleri arasındaki mesafe
(Lo)	: Harç numunenin ilk boy uzunluğu
(Lt)	: Harç numunenin (t) gün sonra yapılan ölçümdeki uzunluğu
P	: Uygulanan kuvvet
Wilk	: Numunenin aşınma öncesi ağırlığı
Wson	: Numunenin aşınma sonrası ağırlığı
Wdyk	: Doygun yüzey kuru ağırlık
Wk	: Kuru ağırlık
σ	: Eğilme dayanımı

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Bor rezervlerinin ülkelere göre dağılımı	3
Çizelge 1.2. Dünya bor üretiminin bölgesel dağılımı	3
Çizelge 1.3. Türkiye bor rezervlerinin maden sahalarına göre dağılımı (2009)	3
Çizelge 2.1. Priz başlangıcı ve sonu değerlerinin şahit numuneye göre değişimi	6
Çizelge 2.2. Hacim sabitliği deneyi sonuçları	9
Çizelge 3.1. Borun Kullanıldığı Sektörler	31
Çizelge 3.2. Kullanılan çimentonun fiziksel özellikleri	34
Çizelge 3.3. Kullanılan çimentonun kimyasal özellikleri	35
Çizelge 3.4. Kullanılan çimentonun mekanik özellikleri	35
Çizelge 3.5. Borojips'e ait kimyasal analiz sonuçları	36
Çizelge 3.6. Borojips'e ait fiziksel analiz sonuçları	37
Çizelge 3.7. Kullanılan kumun özellikleri	38
Çizelge 3.8. Notasyon	40
Çizelge 3.9. Yaş karışım dizaynları	41
Çizelge 3.10. Kuru karışım dizaynları	41
Çizelge 4.1. Yayılma tablası sonuçları	42
Çizelge 4.2. Kuru küre tabi numunelerin basınç dayanımları	44
Çizelge 4.3. Islak küre tabi numunelerin basınç dayanımları	45
Çizelge 4.4. Kuru küre tabi numunelerin eğilme dayanımları	46
Çizelge 4.5. Islak küre tabi numunelerin eğilme dayanımları	47
Çizelge 4.6. Islak küre tabi numunelerin aşınma değerleri	48
Çizelge 4.7. Numunelerin karbonatlaşma derinlikleri	49
Çizelge 4.8. Numunelerin su emme değerleri	50
Çizelge 4.9. Numunelerin kapilarite değerleri	51
Çizelge 4.10. Numunelerin röere değerleri	52

ŞEKİLLER DİZİNİ**Sayfa**

Şekil 3.1. Eğilme Deneyi	10
Şekil 3.2. Basınç Deneyi	12
Şekil 3.3. Los-Angeles Deneyi	13
Şekil 3.4. Karbonatlaşma Deneyi	15
Şekil 3.5. Rötire Aleti	16
Şekil 3.6. Kapilarite Deneyi	17
Şekil 3.7. Kür suyuna bırakılan numuneler	18
Şekil 3.8. Yayılma tablası deney aleti.....	18
Şekil 3.9. Kullanılan kuma ait elek analizi.....	38
Şekil 4.1. Yayılma tablası sonuçları	43
Şekil 4.2. Kuru küre tabi numunelerin basınç dayanımları.....	44
Şekil 4.3. Islak küre tabi numunelerin basınç dayanımları	45
Şekil 4.4. Kuru küre tabi numunelerin eğilme dayanımları.....	46
Şekil 4.5. Islak küre tabi numunelerin eğilme dayanımları.....	47
Şekil 4.6. Islak küre tabi numunelerin aşınma değerleri.....	48
Şekil 4.7. Numunelerin karbonatlaşma derinlikleri	49
Şekil 4.8. Numunelerin su emme değerleri	50
Şekil 4.9. Numunelerin kapilarite değerleri	51
Şekil 4.10. Numunelerin rötire değerleri.....	52
Şekil 4.11. Kuru kür basınç ve eğilme dayanımları ilişkisi	53
Şekil 4.12. Islak kür basınç ve eğilme dayanımları ilişkisi	53
Şekil 4.13. Islak ve kuru kür basınç-eğilme dayanımları ilişkisi	54
Şekil 4.14. Aşınma ile eğilme dayanımı ilişkisi	55
Şekil 4.15. Aşınma ile basınç dayanımı ilişkisi.....	56

1. GİRİŞ

İnşaat sektörü için önemli bir malzeme olan çimento, aynı zamanda genel maliyetler alanında oldukça büyük bir yere sahiptir. İnşaat sektörü sürekli büyüyen bir sektör olarak bir çok ülkenin ekonomik ilerlemesinde ilk sıradadır. Günümüz inşaat sektörü için en önemli malzeme şüphesiz betondur. Beton üretiminde ve kullanımında, betonun en önemli ve pahalı bileşeni olan çimentodan kaynaklanan sıkıntılar yaşanabilmektedir. Bu sıkıntıların giderilebilmesi ve üretilen betonun performansının arttırılabilmesi için puzolanik katkıları betonda kullanılmaktadır.

Temel kompozisyonu itibariyle betonun ana bağlayıcısı olan portland çimentosuna oldukça benzeyen ve puzolanik özelliğe sahip olan bazı atık maddeler, inşaat sektöründe katkı çimento ve beton üretiminde bağlayıcılık sağlayan malzeme olarak kullanılabilir. Gerek portland çimentosunun bir kısmını oluşturarak katkı çimento üretiminde gerekse beton yapımında kullanılan portland çimentosunun bir miktarının yerine kullanılmasıyla hem çevresel problemlerin azaltılması hem de beton maliyeti açısından küçümsenmeyecek bir ekonomi sağlanması amaçlanmaktadır (Tümen, 2008).

Puzolanik özelliklere sahip bir çok doğal ve yapay madde çok eski zamanlardan günümüze değin yapı alanlarında ve beton üretiminde çeşitli amaçlarla kullanılmışlardır. Betonun temel bileşimlerinden olmayan bu maddeler, gelişen beton teknolojisinde betonun çeşitli fiziksel, mekanik ve durabilite özelliklerini değiştirmek ve de üretimde ekonomi sağlamak amacıyla kullanılan katkı maddeleri olarak ta adlandırılmaktadır (Sevim, 2003).

Betonda kullanılan mineral katkı maddeleri portland çimentosuna benzer minerolojik ve kimyasal bileşimler ile fiziksel özelliklere sahip olmalarına rağmen büyük çoğunluğunun kendi başlarına bağlayıcılık yetenekleri yoktur. Bu maddeler puzolanik aktiviteleri nedeniyle hidrasyon ürünlerinin oluşumunda etkinlik göstererek bağlayıcı hamur yapısını değiştirirler. Böylece betonun çeşitli özellikleri iyileştirilirken puzolanik aktivitesi yüksek olan mineral katkı maddeleri, boşluk yapısını iyileştirerek daha yoğun bir bağlayıcı hamurun oluşmasını, agrega-hamur ara yüzeyindeki aderansın artmasını sağlamakta ve böylelikle yüksek mukavemetlere erişilmesi mümkün

olabilmektedir(Özturan 1991). Bor madeninin türevleri, betonda çimento yerine kullanılabilir olması açısından inşaat sektöründe ilgi uyandırmaktadır.

Bor, yeryüzünde toprak, kayalar ve suda yaygın olarak bulunan bir elementtir. Toprağın bor içeriği ortalama 10-20 ppm olmakla birlikte ABD'nin batı bölgeleri ve Akdeniz'den Kazakistan'a kadar uzanan yörede yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Deniz suyunda 0.5-9.6 ppm, tatlı sularda ise 0.01-1.5 ppm aralığındadır. Yüksek konsantrasyonda ve ekonomik boyutlardaki bor yatakları, borun oksijen ile bağlanmış bileşikleri olarak daha çok Türkiye ve ABD'nin kurak, volkanik ve hidrotermal aktivitesinin yüksek olduğu bölgelerde bulunmaktadır. Dünyadaki bor mineral rezervleri oluşumu başlıca üç kuşaktır:

Birincisi, Amerika Bileşik Devletleri'nin Güneybatı bölgesinde, Mojave Çölü bölgesindedir. Bu bölge şu anda dünyanın en büyük üreticilerinden biri olan US Borax'ın işlettiği rezervlerin bulunduğu bölgedir.

İkincisi, Türkiye'nin de yer aldığı Güney Orta Asya Alp kuşağı denilen bölgedir. Bu kuşaktaki bor rezervleri Çin'den başlayıp Kazakistan, Kuzeydoğu Rusya, Türkiye özellikle iç Ege ve Marmara Bölgesinde değişik tuzlar halinde dünyanın en büyük bor rezervleri bulunmakta, eski Yugoslavya ve Sırbistan'dadır. Burada bu bölgeden sonra bor rezervleri bitmektedir. Bor rezervlerinin ülkelere göre dağılımı ROSKILL 2010 verilerine göre Çizelge 1.1.'de görülmektedir.

Üçüncüsü ise Güney Amerika And kuşağı rezervidir.

Dünyada en büyük bor rezervleri Türkiye'de Emet, Kırka, Bigadiç bölgeleri ile ABD'de Kaliforniya'da bulunmaktadır. Dünya bor üretiminin bölgesel dağılımı Çizelge1.2.'de gösterilmiştir. Ayrıca Türkiye bor rezervlerinin maden sahalarına göre dağılımı çizelge 1.3.'te gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Bor rezervlerinin ülkelere göre dağılımı

Ülke	Toplam Rezerv(Bin ton B ₂ O ₃)	Toplam Rezerv(% B ₂ O ₃)
Türkiye	885.000	71.3
A.B.D.	80.000	6.5
Rusya	35.000	2.8
Çin	47.000	3.8
Arjantin	9.000	0.7
Bolivya	19.000	1.5
Şili	41.000	3.3
Peru	22.000	1.8
Kazakistan	102.000	8.2
Sırbistan	-	-
İran	1.000	0.1
Toplam	1.241.000	100

Çizelge 1.2. Dünya bor üretiminin bölgesel dağılımı

	ÜRETİMDEKİ PAY (%)
(Türkiye)	42
(ABD)	35
(Şili, Arjantin, Peru ve Bolivya)	11
(Rusya ve Çin)	12

Çizelge 1.3. Türkiye bor rezervlerinin maden sahalarına göre dağılımı, 2009

Maden Sahası	Tabii Borat	Toplam Rezerv (Bin Ton)	% B ₂ O ₃
Bigadiç, Balıkesir	Kolemanit, Üleksit	623.459	29-31
Emet, Kütahya	Kolemanit	1.682.562	28-30
Kestelek, Bursa	Kolemanit	6.995	29
Kırka, Eskişehir	Tinkal	750.620	26

Bilindiği üzere en önemli bor bileşiği olan madenler 3 ana grupta toplanmıştır. Bunlar Kolemanit, Tinkal ve Üleksit'tir. Türkiye'de ham bor işleyebilen 4 bor işletmesi

bulunmaktadır. Bu tesislerden çevreye milyonlarca ton atık çıkmaktadır. Bu atığın hem çevreye atılmasını önlemek hem de inşaat sektöründe çok kullanılan malzemelerden biri olan betona en ucuz şekilde istenilen özellikleri verebilme bu çalışmanın hedeflerinden bir tanesidir..

Bugün bor ürünleri birçok endüstri dalının ana ham maddesidir. Kullanılan alanlarında tüketimin hızla artışı kadar, yeni kullanım alanlarının da günden güne artışı ve borun yakın gelecekte enerji üretim kaynağı olarak kullanılabilme olasılığı bu hammaddeye diğerleri arasında bir ayrıcalık kazandırır(Tümen, 2008).

Bor madeni, birçok endüstri kolunda kullanılmaktadır. Bunlar; Cam Elyafı (Sertleşmiş plastikler, otomotiv parçaları, uçak sanayinde, spor malzemeleri üretimi), Optik Cam Elyafı (Elektronik Sanayi), Borosilikat Camlar(Oto camları, Çamaşır mak.), Seramik Sanayi(Sertleştirici ve Karo Kaplama), Temizleme ve Beyazlatma Sanayi(Sabun ve Deterjanlara mikrop öldürücü ve beyazlatıcı olarak), Tarım (Bitki örtüsün gelişmesini artırmak veya önlemek amacıyla), Metalurji (Ergimeyi hızlandırıcı, Koruyucu curuf oluşturulması), Nükleer Uygulamalar ve bir çok ana ve yan sektörde kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında :

- a) Etibor A.Ş.'nin Emet tesislerinde borikasit üretiminde oluşan borojip atığının betonda kullanılabilirliğinin harç numuneler üzerinde yapılan deneyler ile araştırılmasını,
- b) Borojipsin puzolanik özelliğe sahip olup olmadığı ve betonda mineral katkı maddesi olarak kullanılıp kullanılmayacağı,
- c) Elde edilen sonuçların yorumlanmasıyla bu malzemenin hangi potansiyel alanlarda değerlendirilebileceğini tespit etmek ve bunun sonucunda bir atık madde olan bu malzemenin endüstriye bir değer olarak katılmasını sağlamak ve çevre kirliliğine yol açmasının önlenmesini amaçlamaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Bor madeni rezervlerinin dünyada sayılı ülkede ülkede olduğundan dolayı ve aktif olarak çıkarılmaya ve kullanıma yakın zamanda ağırlık verilmesinden ötürü, gerek bor madeni gerekse de atıkları ile ilgili bilimsel çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bor atıklarının çimento ve beton katkısı olarak kullanımı ile ilgili bilimsel çalışmalara bakıldığında, literatürde çok az sayıda olan çalışmaların tamamına yakınının Türk araştırmacılar tarafından yapıldığı görülmektedir. Borojips, en önemli bor bileşiklerinden biri olan borik asitin üretimi esnasında atık olarak oluşmaktadır. Borojipsin betonda kullanılabilirliğinin harç numuneler üzerinde yapılan deneyler ile araştırılmasını konu eden doğrudan yada dolaylı bazı çalışmalar mevcuttur. Bu bilimsel çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

2.2. Betonda Borojips Kullanımı

Değişik borojips oranları kullanılarak elde edilen betonlar katkısız beton(şahit) ile karşılaştırıldığı zaman, betonun değişik özellikleri üzerinde görülen etkiler ele alınmıştır. Araştırmacılar puzolanik katkıları basit ikame oranı dediğimiz şekilde kullanmışlar. Bu metotla çimentonun bir kısmı yerine ağırlıkça eşit miktarda puzolanik katkı ilave edilerek, katkının beton özellikleri ne yönde değiştirdiği saptanmaya çalışılır. Bu metod bir çok bilim adamı tarafından kullanılmaktadır.

2.3. Priz Süresi

Keleş ve ark. (2001) betonda borojips katkı oranındaki artışın arttıkça priz başlangıç ve bitiş sürelerini arttırdığını tespit etmişlerdir.

Tümen (2008), yaptığı çimento hamuru üzerindeki çalışmalarda borojips katkısı kullanımının priz sürelerini uzattığını tespit etmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 2.1. de göstermiştir.

Çizelge 2.1 Priz başlangıcı ve priz sonu değerlerinin şahit numuneye göre değişimi

Katkı	Şahit		3%		5%		10%		15%	
	Priz Başı	Priz Sonu	Priz Başı	Priz Sonu	Priz Başı	Priz Sonu	Priz Başı	Priz Sonu	Priz Başı	Priz Sonu
Borojips	160 dakika	320 dakika	170 dakika	330 dakika	200 dakika	360 dakika	215 dakika	390 dakika	230 dakika	415 dakika

Boncukoğlu ve ark. (2002), çimento ağırlığının %10'una kadar olan borojips katkısının priz geciktirici olarak kullanılabileceğini tespit etmişlerdir.

2.4. Basınç Dayanımı

Keleş ve ark. (2001)'na göre basınç dayanımı %5 atık(borojips) oranına kadar artmakta ve daha sonra azalmaktadır. %5 atık oranına kadar basınç dayanımları PÇ 42,5'e göre daha iyi veya aynıdır. %5'ten daha fazla atık kullanıldığında bu dayanımlar PÇ 42,5'e göre azalmaktadır.

Tümen (2008), çalışmalarında borojips içeren 15x15x15 cm³'lük küp numunelerin basınç dayanımlarını incelemiştir. Değişik su/çimento oranına sahip karışımların basınç dayanımları incelendiğinde; tamamında %3 ve %5 borojips ikameli karışımların dayanımlarının şahit betonun dayanımından yüksek çıktığı görülmüştür. %10 ve %15 borojips ikameli numunelerin ise şahit numunelerden düşük basınç dayanımı değerleri verdiği görülmüştür.

Boncukoğlu ve ark. (2002), borojips ve doğal gips katkısı ile ürettikleri çimentoları kullanarak harç numuneler hazırlamışlardır. Borojips katkılı harç numunelerinin basınç dayanımlarının doğal gips katkılı numunelere göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

2.5. Çekme Dayanımı

Keleş ve ark. (2001) göre %5 atık oranına kadar çekme dayanımları PÇ 42,5'e göre daha iyi veya aynıdır. %5'ten daha fazla atık kullanıldığında bu dayanımlar PÇ 42,5'e göre azalmaktadır.

2.6. Silindir Yarma Dayanımı

Tümen (2008), çeşitli karışım gruplarından elde ettiği silindir yarma dayanımı sonuçlarına göre, %3 borojips içeren numunelerin şahit numunelere göre silindir yarma dayanımını %7 - %22 arasında arttırdığı, % 5 borojips içeren numunelerin ise şahit numunelere göre %12 - %26 arasında daha yüksek silindir yarma dayanımı değeri verdiğini tespit etmiştir. %10 ve %15 borojips içeren numuneler ise şahit numuneden daha düşük silindir yarma dayanımı verdiği tespit edilmiştir.

2.7. Radyasyon Geçirgenliği

Keleş ve ark (2001), yaptıkları deneylerin sonucunda artan borojips yüzdesinin arttıkça radyasyon geçirgenliğini azalttığını bildirmişlerdir.

2.8. İşlenebilirlik

Tümen (2008), yaptığı Ve-be deneyi sonuçlarına göre borojips ikame oranını artmasıyla işlenebilirliğin düştüğünü tespit etmiştir.

Tümen (2008), yaptığı deneylerde artan borojips ikamesinin slump(çökme) değerini yani işlenebilirliği düşürdüğü tespit edilmiştir.

2.9. Borojips'in Taze Betonun Yoğunluğuna Etkisi

Tümen (2008), yaptığı deneylerde yoğunluğun şahit betondan yüksek olduğunu tespit etmiştir. Yoğunluğun şahit betona göre yüksek seyretmesi beton için tehlikeli olabilmektedir. Bilindiği üzere alkali silika reaksiyonları yoğunluğun artmasıyla artış göstermektedir. Bu da betonda oluşacak alkali silika jellerinin artması anlamına gelmektedir.

2.10. Normal Kıvam

Tümen (2008), yaptığı çimento hamuru üzerindeki çalışmalarda borojips katkısı kullanımının kıvam için gerekli su miktarını arttırdığını belirlemiştir.

2.11. Hacim Genişlemesi

Tümen (2008), yaptığı çimento hamuru üzerindeki çalışmalarda %15 hariç bütün borojips katkılı numuneler şahit numuneden daha az şişme göstermektedir. Bununla beraber bütün numunelerin değerleri $b-a= 4\text{mm}$ ve $c-a= 10\text{mm}$ sınırlarının altında kalmıştır. Borojips içeren numunelere ait deney sonuçları Çizelge 2.2. de sunulmuştur.

Çizelge 2.2. Hacim sabitliği deneyi sonuçları

Karışım	a (mm)	b (mm)	c (mm)	b-a (mm)	c -a (mm)
Şahit	10,5	11	13,5	0,5	3
%3	5	5	5,5	0	0,5
%5	6,5	7	8	0,5	1,5
%10	6	6,5	7	0,5	1
%15	4	6	7,5	2	3,5

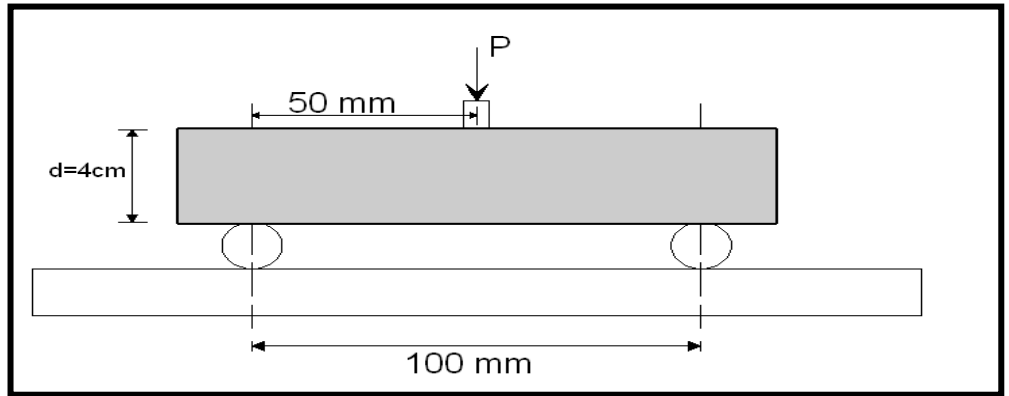
3. METERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Harç Numuneler Üzerinde Yürütülen Deneyler

3.1.1.1. Çekme Dayanımı

Hazırlanan 4 x 4 x 16 cm boyutlu en az üç prizmatik numune önce eğilmeye tabi tutulmaktadır. Bunun için, her numune birbirinden yaklaşık 150 mm uzaklıkta iki silindirik destek üzerine oturtulmakta ve bu silindirlerin arasına ve numune uzunluğunun tam ortasına gelecek şekilde, üst kısmına yerleştirilen bir silindir üzerine numune kırılıncaya kadar yükleme yapılmaktadır. Bulunan kırılma yükünden eğilme gerilmesi hesaplanabilmektedir. Yapılan deney Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil.3.1.Eğilme Deneyi

Eğilmede çekme gerilmesi, aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanır;

$$\sigma = 1,5 \frac{PL}{b^3} \quad (3.1)$$

P : Uygulanan kuvvet

L : Destek silindirleri arasındaki mesafe (15 cm)

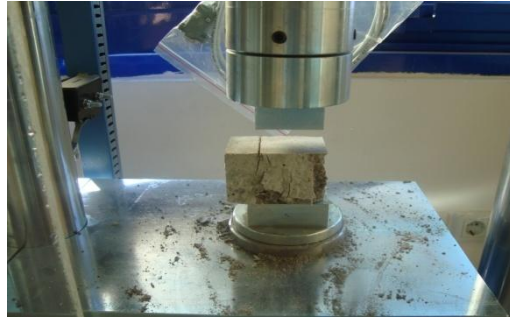
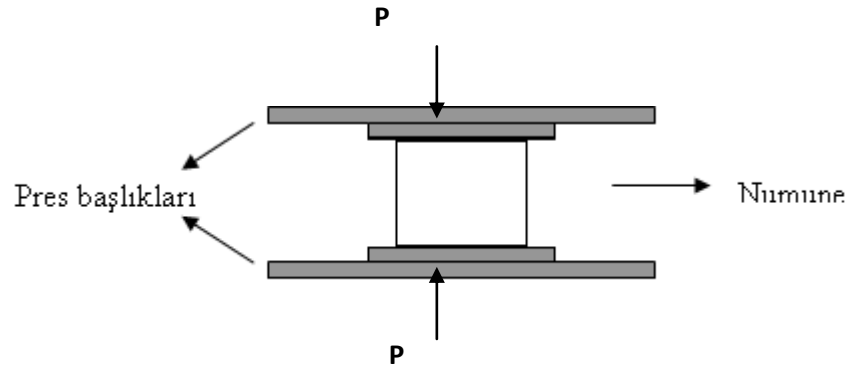
b : Numune kesitinin kenar uzunluğu (4 cm)

σ : Eğilme dayanımı

Üç numune için ayrı ayrı bulunan sonuçların ortalaması bulunarak eğilme dayanımı hesaplanır. Eğilme deneylerinde kullanılan prizmanın alt kısmı çekme gerilmelerine maruz kaldığı için, eğilme yükü uygulayarak bulunan gerilmeler “eğilmede çekme” dayanımı olarak ifade edilir (Erdoğan 1995).

3.1.1.2. Basınç Dayanımı

Bu üç adet prizmanın yaklaşık ortalarından kırılmalarıyla altı adet prizma şekilli yarım numune ortaya çıkmaktadır. Her yarım numune, 4 x 4 cm’lik metal kırma başlığı ile kırma presinde kırılır. Kırma başlıkları arasındaki yarım prizma, 4 cm x 4 cm x 4 cm’lik bir küp numune görevi görür. Yapılan deney Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil.3.2. Basınç Deneyi

Basınç dayanımı, aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanır.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3.2)$$

P : Uygulanan kuvvet

A : Kesit alanı (16 cm²)

Altı adet prizmatik yarım numune üzerinde yapılan deneylerde ayrı ayrı bulunan sonuçların ortalaması hesaplanır ve basınç dayanımı olarak kullanılır.

Türk standartlarında daha önceleri aranan çimentoların eğilmede-çekme değerleri Standartların en son baskılarında artık aranmamaktadır. O nedenle, çimentoların eğilmede-çekme değerlerini hesaplama zorunluluğu ortadan kalkmıştır. Ancak basınç dayanımı için gereken numuneleri elde etmek için, eğilmede-çekme değerleri hesaplanmasa dahi, eğilme uygulayarak numuneleri ortadan ikiye bölme işleminin yapılması gereklidir.

3.1.1.3. Aşınma Dayanımı (Los-Angeles Deneyi)

Genellikle agregaların aşınma değerlerinin tespiti için kullanılan Los-Angeles deney aleti bu çalışmada, borojipsin harç numunelerinin aşınmalarına etkisi hakkında bir fikir vermesi amacıyla kullanılmıştır.

Bu deneyde aşınmaya maruz bırakılan numuneler eğilmede çekme deneyin de kullanılan numuneler olmuştur.



Şekil.3.3. Los-Angeles Deneyi

Beton yüzeyinin aşınmaya maruz kalacağı durumlarda, aşınmaya dayanıklı olması istenir. Üzerinde insan trafiği (ayakların sürtünmesi), hafif veya kayarak sürtünmenin olabileceği kaldırım ve döşeme betonları, üzerinde ağır trafik bulunan kamyon ve otomobillerin hareket ettiği beton yollar, su kuvvetiyle sürtünmeye maruz barajlardaki, dolu savak tünellerindeki ve su taşıyan sistemlerdeki betonlar hep aşınmaya maruzdur. İşte, bu betonlarda aşınma mukavemetlerinin, belirli değerlerden az olmaması gereklidir.

Bu yönteme göre harç numune önce tartılır. Ardından Şekil 3.3'te görülen silindirik tamburun içerisine, deney yapılmak istenen harç numunesi yerleştirilir. Tamburun penceresini örten kapak sıkıca kapatıldıktan sonra hızı dakikada 30-33 dönüş olacak şekilde 500 dönüş yaptırılır. Aygıt durdurulur. Deney numunesi dışarıya alınarak tozu temizlenir ve tekrar tartılır.

Numunenin aşınma miktarı, tamburlu aşındırma aletine konan numunenin 500 dönüş sonrasındaki ağırlığının, aşınmadan önceki numune ağırlığından çıkarılarak, aşınma öncesi numune ağırlığına bölünmesi ile yüzdesel olarak belirlenir.

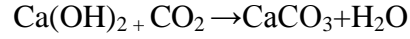
$$\%Aşınma = \frac{Wilk - W_{son}}{Wilk} \times 100 \quad (3.3)$$

Wilk : Numunenin aşınma öncesi ağırlığı

Wson: Numunenin aşınma sonrası ağırlığı

3.1.1.4. Karbonatlaşma Deneyi

Beton içerisindeki alkalitenin azalması, atmosferde bulunan karbondioksitin kapiler boşluklara girerek betonun bünyesinde bulunan $Ca(OH)_2$ ile birleşmesi sonucu meydana gelmektedir.



Karbonatlaşma adı verilen bu reaksiyon sonucunda, başlangıçta 12-13 olan alkali ortamın pH derecesi, 9,5'in altına inmekte ve paslanma olayı başlamaktadır. Karbonatlaşma, beton yüzeyinden başlayarak içeriye doğru ilerlediğinden, 2.5-3.0 cm kadar iç kısımda bulunan yüzeye yakın bölgeler de karbonatlaşmanın etkisi altındadır.(Bilim, 2006)

Ortamda bulunan karbondioksit miktarının yüksek olmasıyla doğal olarak bir artış gösteren karbonatlaşma, havadaki karbondioksit miktarının çok az olduğu durumlarda dahi yer alabilmekte, ancak böyle bir durumda reaksiyonun oluşması çok yavaş seyretmektedir. Öte yandan, karbonatlaşma en çok %50 bağıl neme sahip ortamda yer almaktadır. Ortamdaki bağıl nemin %25'ten az veya %100 olması durumlarında ise karbonatlaşma yer almamaktadır (Erdoğan, 2003)

Harç prizmalarda karbonatlaşma derinliği, eğilmede çekme mukavemeti deneyi sonucunda ortaya çıkan yarım parçaların kırılma yüzeylerine %0,1'lik phenolphtalein

alkol eriyiğinin püskürtülmesiyle ölçülmüştür. Serbest Ca(OH)_2 pembe renk gösterirken, karbonatlaşmış kısımlar renk değişimine uğramamaktadır. Bu durum Şekil 3.4'te görülmektedir.



Şekil.3.4. Karbonatlaşma Deneyi

3.1.1.5. Çimentoların Rötresi

Çimentonun su ile karışmasıyla hidrasyon denilen reaksiyon başlamaktadır. Bu reaksiyon ekzotermik (dışarı ısı yayan) bir reaksiyondur. Literatürde bu reaksiyon sonucu beton hacminde bir miktar azalma (rötre) kaydedilmiştir. Bu azalmanın sebebi şu şekilde açıklanmaktadır. Beton içinde üç türlü boşluk bulunmaktadır. Birincisi, çimentonun hidrasyonu sonucu oluşan jel taneleri arasında yer alan ve birbirleriyle bağlantılı olan jel boşluklarıdır. ikincisi, kısmen hidrate olmuş çimento taneleri arasındaki boşlukları dolduran suyun geride bıraktığı kapiler (kılcal) boşluklardır. Bu boşluklar, hidrasyon olayı devam ettikçe azalır. Üçüncüsü ise, istemeden kazara karışım içinde kalmış keyfi dağılım gösteren büyük boşluklardır. En tehlikeli boşluk türü üçüncüdür. Beton dizaynı yapılırken çimento miktarı dikkatlice seçilmelidir. Amaç en uygun betonu üretmekse çimento miktarı da çok fazla eklenmemelidir. Çimentonun aşırı derecede yüksek tutulması rötreyi de arttırmaktadır.

Bir çimentonun rötresini ölçmek için, genel olarak şu şekilde hareket edilir; Boyutları belli, bir prizma şeklindeki kalıba, hazırlanan çimento hamuru yerleştirilir, 24 saat beklenilir ve prizini almış numune kalıptan çıkarılır. ilk boy uzunluğu (L_0) duyarlı bir şekilde ölçülür. Havada muhafaza edilen prizmanın üretildikten (t) gün sonra yapılan

ölçümde uzunluğu (L_t) bulunmuş ise, t gün içinde gerçekleşen birim kısalma veya t gün içindeki rötresi $(L_0 - L_t)/L_0$ olarak hesaplanır. L_t , zaman ilerledikçe yani t değeri arttıkça küçük değerler alır. Yapılan deney Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Rötre Aleti

3.1.1.6. Kapilarite Deneyi

Beton yapılar muhtelif şekillerde su ve zararlı kimyasal sıvılarla temas halinde bulunabilirler. Betonun değişik sıvılar ile temas etmesi bir takım istenmeyen olaylara yol açabilmektedir. Beton elemanlar içerisinde sıvılar kılcallık (kapilarite) olarak adlandırılan fiziksel bir harekete yol açar.(Özcan, 2005)

Bu deneyde kullanılacak numuneler eğilmede çekme deneyinde kullanılan numunelerdir. Betonun sadece alt yüzeyinin sıvı ile temasa geçip yanlardan su almaması için numunenin alt yan kısımlarına Şekil 3.6.(1)'deki gibi parafin sürülür. Parafinlenmiş numuneler tartılır. Harç numunelerin Şekil 3.6.(2) de görüldüğü gibi alt yüzeyinin sıvı ile temasından belirli bir süre (t) sonra sıvı beton içerisinde yükselir. Zamana bağlı olarak numune ağırlıkları tekrar belirlenir. Elde edilen ağırlık değişimlerinin oranına göre kılcal su emme katsayısı bulunur.



(1)

(2)

Şekil 3.6. Kapilerite Deneyi. (1) Numuneye Parafin Sürülüyor, (2) Numunenin alttan su alması sağlanıyor.

3.1.1.7. Su Emme Deneyi

Katı malzemelerin içindeki boşlukların o malzemenin performansını etkilediği bilinmektedir. Yapı malzemelerinin birçoğunun içyapısında irili, ufaklı, homojen veya düzensiz birçok boşluklar bulunmaktadır. Bu boşluklarla sızan sıvı yada gazlar yapı malzemelerine zararlar verebilmekteler.

Harç prizmalarda su emme oranları, eğilmede çekme mukavemeti deneyi sonucunda ortaya çıkan ve 28 günlük ıslak küre bırakılan yarım parçaların üzerinde yürütülmüştür. Bu numuneler tamamen kurutulup tartıldıktan sonra 24 saat kür suyunda bekletilir ve doygun yüzey kuru hale getirilip tekrar tartılır. Değişik oranlardaki borojips katkılı numunelerin ıslak ve kuru ağırlık farklarının yüzdesel oranları ile su emme miktarları belirlenir. Kür suyuna bırakılan numuneler Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

$$\%Su\ emme = \frac{W_{dyk} - W_k}{W_k} \times 100 \quad (3.4)$$

W_{dyk} : Doygun yüzey kuru ağırlık

W_k : Kuru ağırlık



Şekil 3.7. Kür suyuna bırakılan numuneler

3.1.2. Taze Harç Üzerinde Yürütülen Deneyler

3.1.2.1. Yayılma Tablası Deneyi

Bu yöntemde hazırlanan harç karışımı, 30-45 saniye bekletildikten sonra, akma tablasının kalıbına iki kademeli olarak yerleştirilir. Kalıbın üst kısmı iyice düzeltildikten sonra numuneyi sarsmadan kalıp yukarı doğru çekilir. Manüel kol saniyede bir devir yapacak şekilde çevrilerek yayılma miktarı gözlenir. Harcın kalıp içerisindeki ilk çap değeri 100 mm olup, yayılma uygulaması sonrası harcın kıvamı sebebiyle yayılma çapı 100 mm'den büyük olmaktadır. Harç yayılma çapı bir kumpas yardımı ile ölçülerek karşılaştırılır.



Şekil 3.8. Yayılma tablası deney aleti

3.1.3. Puzolanlar ve Çok İnce Öğütülmüş Diğer Mineral Katkılar

3.1.3.1. Giriş

Mineral katkılar çok ince öğütülmüş olup, karışımdan önce ya da karışım esnasında beton bileşimine ilave edilen ayrı bir bileşendir. Çok fazla sayıda malzeme mineral katkı olarak kullanılmaktadır. Örneğin;

- 1- Kömür yakarak elektrik üreten santrallerden elde edilen ince taneli küller gibi atık ya da endüstriyel yan ürünler veya demir ve diğer metallerin üretiminden elde edilen cüruflar.
- 2- Volkanik tüf, volkanik cam, diatomik toprak ve çeşitli kaya tozları gibi doğal malzemeler.
- 3- Pişirilmiş kil ve şeyl gibi ısıl işleminden geçirilmiş doğal malzemeler.
- 4- Doğal çimentolar ve su kireci gibi bağlayıcı malzemeler.

İncelikleri normal Portland çimentosu kadar yüksek olan mineral katkılar toz halinde kullanılır. Bu katkılar, böylece Portland çimentosunun hidratasyonu sırasında Portland çimento hamuruna ek olarak hamur oluşturarak işlenebilirliği arttırmak vs gibi beton karışımının özelliğini değiştirir. Mineral katkılar beton içerisinde kullanılırken çimentonun ya da ince agreganın bir miktarının yerine konmak sureti ile kullanılırlar(Erdoğan, 1997).

Mineral katkılar taze ve katılaşmış betonun bir çok özelliklerini etkileyebilir. Taze ya da plastik durumdaki beton için, karışım oranları, su ihtiyacı, priz karakteristikleri, işlenebilirlik, kanama ve hidratasyon ısısı gibi özellikler mineral katkı ilavesi ile etkilenebilecek özelliklerdir.

Katılaşmış haldeki beton için, dayanım kazanma hızı, son dayanım, geçirgenlik, durabilite, donmaya karşı dayanıklılık, sülfat atağı, alkali-silika reaksiyonu, karbonatlaşma ve termal çatlaklara karşı dayanım gibi özellikler, mineral katkı kullanımı ile oldukça etkilenebilecek özelliklerdir.

Mineral katkının beton özelliklerinin üzerinde olan etkisi, yalnızca katkı malzemesinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı değildir. Beton yapımında kullanıldığı miktara da bağlıdır.

Çok ince öğütülmüş mineral katkıların üretimi ya çok pahalı değildir ya da bu maddeler birer yan üründür. Böylece mineral katkıların kullanımı, beton üretiminde oldukça tasarruf sağlar. Çok büyük hacimlerde endüstriyel atıkların Portland çimentosu ile kısmi olarak yer değiştirilmesi sureti ile kullanımı, enerji ve doğal kaynakların korunmasına da yardımcı olacaktır.

Kömür yakan elektrik santrallerinden elde edilen uçucu kül ve demir üretiminden elde edilen cüruf ve kolemanit konsantratör atığı gibi endüstriyel yan ürünlerin yıllık üretimi çok büyük değerleri bulmaktadır. Örneğin dünyada 1990'larda elde edilen uçucu külün miktarının yılda 500.000.000 ton'dan fazla olduğu tahmin edilmektedir. Çok büyük olan bu yan ürün hacimleri çeşitli çevresel problemler oluşturmaktadır. Uygun mineral katkı olarak endüstriyel yan ürünlerin veya atıkların kullanımı sadece betonun mühendislik özelliklerini iyileştirmemektedir, bunun yanı sıra çevresel problemlerin azalmasına da katkıda bulunmaktadır.

3.1.3.2. İnce Öğütülmüş Mineral Katkıların Sınıflandırılması

İnce öğütülmüş mineral katkıları 3 genel tip içinde sınıflandırılabilirler:

- 1- Puzolanik malzemeler ya da ilave bağlayıcı özelliğe sahip fakat esas olarak puzolanik malzemeler
- 2- Bağlayıcı özelliği olan malzemeler
- 3- Diğerleri

Beton için yaygın olarak kullanılan mineral katkıları genellikle puzolanik olanlardır. Bazen bu puzolanik malzemeler puzolanik olmalarının yanı sıra kendileri de bağlayıcı özelliğe sahiptirler. Bağlayıcı özelliği olan mineral katkıların kullanımı, bazı kaya tozları gibi puzolanik malzemelerin kullanımından çok daha azdır. Bu

nedenle ilerideki kısımlarda tartışma, genel olarak, yukarıdaki sınıflandırmanın birinci grubundaki puzolanik malzemeler üzerinde yoğunlaştırılacaktır.

3.1.3.3. Puzolanik Malzemeler

3.1.3.3.1 Puzolanların Tanımı

ASTM C 125(1994) ve ASTM C 618 (1994)'e göre puzolanlar, silisli ya da silisli ve alüminli malzemeler olup çok az ya da hiç bağlayıcı değeri olmayan; fakat ince öğütülmüş durumda ve nemin bulunduğu ortamda, kalsiyum hidroksitle normal sıcaklıkta kimyasal olarak reaksiyona girerek bağlayıcı özelliğe sahip bileşen oluşturan malzemedir. Esas oksitleri olan silis ve alümine ilave olarak puzolanların kimyasal yapısında demiroksit, kalsiyumoksit (CaO), alkali ve karbon bulunmaktadır. Bu maddelerin miktarları ise puzolanların elde edildiği kaynağa göre değişmektedir.

Volkanik küller, tüfler (tras), camlar, pomzalar, pomzamsılar, pişirilmiş kil ve şeyller, diyatomik topraklar, toz edilmiş taş kömürünün yakılmasıyla elektrik üreten santrallerden elde edilen uçucu küller, silikon metal ya da alaşımlarının elde edilmesinden yan ürün olarak meydana çıkan silika dumanı ve prinç kabuğunun (çeltik) yanmasından elde edilen küller, puzolanik karakteristik gösteren malzemeler olarak bilinirler.

Linyit kömürünün ya da alt bitümlük kömürün yanmasından elde edilen bazı uçucu küller puzolanik özelliklerine ilave olarak bir miktar çimentosal bağlayıcılık karakteri gösterirler. Demir üretiminden elde edilen ve hızlıca soğutulup ince taneli hale getirilen cüruf da bağlayıcılık özelliğine ilave olarak puzolanik malzeme gibi davranır. Bu malzemelerin bağlayıcı özellik göstermesinin sebebi ise, kimyasal bileşimindeki kalsiyumoksit miktarının yüksek olmasıdır.

2000 yıl önce eski Romalılar İtalya'nın Puzoli şehrindeki volkanik topraklar ile kirecin karışımından hidrolik bağlayıcı elde ettikleri için puzolan kelimesi bu ikisinin arasındaki kimyasal tepkime için kullanılmaktadır.

3.1.3.3.2. Puzolanik Malzemelerin Tipleri

Puzolanlar genellikle aşağıdaki gibi gruplandırılırlar;

- 1- **Doğal Puzolanlar-** Volkanik küller, camlar, tüfler, pişirilmiş killer ve şeyller, diatomik topraklar gibi doğal olarak bulunan malzemeler,
- 2- **Yapay Puzolanlar-** Uçucu kül, silika dumanı ve daneli cüruf gibi endüstriyel yan ürünlerdir (Erdoğan, 2003).

3.1.3.3.3. Puzolanik Reaksiyon

İnce öğütülmüş puzolanlar nemin bulunduğu ortamda kalsiyum hidroksitle bir araya getirildiğinde normal sıcaklıklarda bazı kimyasal reaksiyonlar yer almaya başlar.

Kireç puzolan reaksiyonunun esas ürünü kalsiyum-silika-hidratedir. Kireç puzolan reaksiyonunun C-S-H haricinde diğer ürünleri ise kalsiyum-alimüne-hidrate, hidrate olmuş gehlenit, kalsiyum karbo alimünat, kalsiyum alimüna monosülfat ve etrengittir (Erdoğan, 1997). Sonuç olarak, hidrolik bağlayıcı özelliği olan kimyasal bir bileşik meydana gelir. Nemli ortamda, ince öğütülmüş puzolanın silikası ile kalsiyum hidroksitin arasında oluşan kimyasal reaksiyon basitçe aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$CH+S+H \rightarrow C-S-H$ (kalsiyum silika hidrate). Bu reaksiyon yavaş bir reaksiyondur.

Çimento kimyasında $C=CaO$, $H=H_2O$, $S=SiO_2$ bu kimyasal reaksiyon sonucu C-S-H oluşur ve bu madde bağlayıcı özelliğe sahiptir.

3.1.3.3.4 Puzolanik Malzemelerin Kullanımı

İnce öğütülmüş bir puzolan bağlayıcılık özelliğinden faydalanmak üzere üç değişik şekilde kullanılır.

- 1- Direkt olarak- Kalsiyum hidroksitle karıştırılarak
- 2- Katkılı çimentoların üretiminde katkı olarak (Portland puzolan çimentoları gibi)- Üretim sırasında çimento fabrikalarında Portland çimentosu klinkeri ile birlikte öğütülerek.
- 3- Doğrudan beton karışımına ilave olarak - karışım sırasında ya da karışım operasyonundan önce puzolanı karışıma bir bileşen gibi ilave etme yolu ile.

Puzolanların kalsiyum hidroksitle direkt olarak karıştırılması yaygın bir uygulama değildir. Ancak çok eski zamanlarda bu yol yaygın olarak kullanılmıştır. Yol alt temeli ya da diğer bazı uygulamalarda kireç puzolan karışımı hala kullanılmaktadır. Diğer taraftan ikinci ve üçüncü şekil yaygın olarak kullanılmaktadır.

Puzolan ister Portland puzolan çimentosu olarak ister beton karışımının bir ilave malzemesi olarak kullanılsın, Portland çimentosunun kalsiyum-silikat bileşiklerinin hidratasyonu sırasında ortaya çıkan kalsiyum hidroksitle reaksiyona girer. Bilindiği gibi Portland çimentosunun bileşikleri olan C_3S ve C_2S 'nin hidratasyonu sonucunda C-S-H jelleri ile kalsiyum hidroksit oluşur. İnce öğütülmüş puzolan, Portland çimentosunun hidratasyonu sonucunda meydana çıkan kalsiyum hidroksitle reaksiyona girer. Bu reaksiyon sonucunda bağlayıcı özelliği olan fazladan C-S-H cevheri ortaya çıkmış olur.

3.1.3.3.5 Doğal ve Yapay Puzolanlar İçin Deney Metodları

ASTM C 311 (1994) doğal puzolanların ve uçucu küllerin Portland çimentosu betonunda kullanılabilmesi için yapılması gereken deneylerin ve örnek almanın nasıl yürütüleceğini kapsamaktadır.

Yukarıda bahsedilen benzer deneyleri doğal puzolanlar, uçucu küller ve puzolanik katkıları için TS 25 (1975) ve TS 639 (1975) da kapsamaktadır.

3.1.3.3.6. Doğal ve Yapay Puzolanların Betona Mineral Katkı Olarak Uygunlukları

Puzolanların kalsiyum hidroksitle olan reaksiyonları kendilerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlıdır.

ASTM C 618 (1994), doğal ve yapay puzolanların betonda mineral katkı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken kimyasal ve fiziksel özellikleri kapsar.

3.1.3.4 Bağlayıcı Malzemeler Olarak İnce Öğütülmüş Mineral Katkılar

Bağlayıcı malzemeler, su ile karıştırıldıktan sonra hidrasyona uğradıklarında bağlayabilme özelliği kazanan malzemelerdir. Beton için mineral katkı olarak kullanılan bağlayıcı malzemelerin türleri; su kireci, cüruf çimentosu, pişirilmiş kille karıştırılan kireçtir. Bağlayıcı özelliği olan su kirecinin beton katkısı olarak kullanımı çok yaygın değildir.

3.1.3.4.1.Su Kireci

Bu malzemeler silisli ya da killi kireç taşlarının yakılması ile elde edilir. Yanmadan sonra geriye kalan klinker içinde bulunan kireç ve silikat ya da silis bu malzemeye hidrolik bağlayıcı özelliği verir. Su kireci 900-1000°C'de pişirmeye tabi tutulur. Bu kireç su altı yapılarında kullanılmak için uygun değildir. Çok uzun sürede priz alır. Dayanım kazanması ise doğal çimento ve Portland çimentosuna göre çok düşüktür.

3.1.3.4.2. Duvar Harcı Çimentosu

Bu hidrolik çimento Portland çimentosunun ya da katkılı çimentolar ve kireç taşı gibi plastiklik veren malzemelerin bir karışımından oluşmaktadır. Hidrate olmuş kireç ya da su kireci karışımın priz zamanı, işlenebilme, su tutma ve durabilite özelliklerini iyileştirmek için karışıma katılır. Bu tür çimentolar genellikle duvar örmede bağlayıcı harç yapımında kullanılır.

3.1.3.4.3. Cüruf Çimentosu

Bu hidrolik çimento, öğütülmüş cüruf ve portland çimentosunun ya da cüruf ve yanmış kirecin veya cüruf Portland çimentosu ve yanmış kirecin karışımından oluşur. Burada cüruf %70 oranındadır. Cüruf çimentosunun beton içinde katkı malzemesi olarak kullanılması betonun işlenebilirliğini, priz zamanını, hidrasyon ısısını ve diğer bir çok özelliklerini etkiler.

3.1.3.5. İnce Öğütülmüş Diğer Mineral Katkılar

Hem bağlayıcı özelliği olan hem de puzolanik olmayan ya da çok az aktif olan mineral malzemeler bu grubu oluştururlar. İnce öğütülmüş quarz ve silis kumu, dolomitik ve kalsitik kireç taşları ve mermer, granit ve diğer kaya tozları, hidrate olmuş dolomitik kireç bu katkı maddelerinin içine girmektedir. Bu maddeler genelde taze betonun işlenebilirliğini iyileştirmek için kullanılır. Bu malzemeler ince elemanı az olan betonlarda da kullanılır. Örneğin, iri gradasyona sahip olan kum ile yapılan beton ya da çimento miktarı az olan betonlarda kullanılabilir.

Bu maddelerin beton dayanımına etkisi çok düşüktür. Bu maddeler genelde taze betonda işlenebilirliği iyileştirmek, kanamayı azaltmak için kullanılır.

Portland çimentosu üreten fabrikaların fırınlarında tutucular tarafından yakalanan atık madde olan fırın tozları da ince öğütülmüş hem bağlayıcı hem de puzolanik özelliği olmayan gruba girmektedir. Bu atık madde çok zayıf bağlayıcılığa ve puzolanik özelliğe sahiptir ve oldukça alkalın olup, serbest kireç ve sülfata sahiptir. İçeriğinin kompozisyonu, elde edilen kaynağa ve yanma tekniğine bağlı olmak üzere değişir. Bu maddeler özellikle duvarcılıkta ve harç yapımında kullanılır. Cüruf yada uçucu kül içeren bağlayıcı malzemeler ile birlikte kullanılır. İçerisindeki alkaliler puzolanik malzemelerin reaksiyonunu hızlandırır.

3.1.3.6 İnce Öğütülmüş Mineral Katkıların Kullanım Amacı

İnce öğütülmüş mineral katkıları genellikle karışımdaki çimentonun bir miktarı ya da ince agreganın bir miktarı ile yer değiştirme sureti ile kullanılır. Bu malzemeler, betonda işlenebilirliği ve bitirilebilmeyi (perdahlama) iyileştirmek (eğer karışım içindeki ince malzeme miktarı yeterli değilse), kanamayı ve ayrışmayı (segregasyon) azaltmak, hidrasyon ısısını azaltmak, alkali-silis reaksiyonu sonucu meydana gelen genişlemeyi azaltmak, geçirgenliği azaltmak, nihai dayanımı arttırmak, sülfata karşı dayanıklılığı arttırmak (deniz suyu, sülfatlı zeminlerin ve doğal asitli suların etkili saldırılarına olan dayanımı) ve beton yapım maliyetini ve betonlama işleminin masraflarını azaltmak amacıyla kullanılırlar.

Katkı malzemesinin tipine göre Portland çimentosunun %10'u ile %40'ı arasındaki bir kısmı yer değiştirilir. Bu oran kullanım amacına göre ayarlanır. Belli bir mineral katkının beton özelliklerine olan etkisi o katkının inceliğine, bileşimine ve kullanıldığı miktara bağlıdır.

3.1.4. Bor

3.1.4.1. Giriş

Bor, periyodik tabloda III A grubunda yer alan, B simgesi ile gösterilen, atom numarası 5 atom ağırlığı 10,81 olan, iki kararlı izotop; B¹⁰ (% 19,8) ve B¹¹ (%80,2)' den oluşan, metalle ametal arası yarı iletken özelliğe sahip bir elementtir. Tabiatta hiçbir zaman serbest halde bulunmaz. Yer kabuğunda ortalama 10 ppm denizlerde ortalama 4,6 ppm bor bulunmaktadır. Doğada yaklaşık 230 çeşit bor minerali olduğu bilinmektedir(ALTUN, 2005).

Borun çeşitli metal veya ametal elementlerle yaptığı bileşiklerin gösterdiği farklı özellikler, bor bileşiklerinin birçok endüstride kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bor, bileşiklerinde metal dışı bileşikler gibi davranır, ancak farklı olarak saf bor , görünüm ve optik özellikleri açısından elmasa benzer ve neredeyse elmas kadar serttir(ALTUN, 2005).

3.1.4.2. Bor Ürünleri

3.1.4.2.1. Tabii Boratlar

Borların sınıflandırılmasında tabii boratlar olarak adlandırılanlar, Tinkal, Kolemanit ve Üleksittir. Bunlar aynı zamanda doğada en çok bulunan bor bileşikleridir.

3.1.4.2.2. Rafine Boratlar

Rafine boratlar ise tabii boratların rafinasyonu yada kimyasal reaksiyonu ile elde edilen

*boraks pentahidrat,

*boraks dekahidrat,

*susuz boraks,

*borik asit

*sodyum perbolat

gibi rafine bor ürünlerini ifade etmek üzere kullanılmaktadır.

3.1.4.2.3. Özel Bor Kimyasalları

Özel bor kimyasallarını oluşturan ürünler ise

*Elementer bor

*Bor karbür

*Bor nitür

*Bor halürler

*İnorganik boratlar

*Fluoroboratlar

*Borik asit esterleri

*Bor hidridler

*Organobor bileşikleri

*Bor-Azot bileşikleri

Ayrıca bu ürünlerin kullanım alanları ile ilgili olarak düzenlenen bir tabloda;

*Sodyum borhidrür

*Çinko borat

*Bortriklorür

*Bortriflorür

*Trimetilborat

*Fluoborikasit ürünleri yer almaktadır.

Bunun dışında ülkemizde zaman zaman kullanılmakta olan bor uç ürünü yada ileri bor ürünü tanımlamasına uyan bir tanıma rastlanmamaktadır. Ülkemizde bu tanımlama; bor karbür, bor nitrür, çinko borat v.b. ürünler için yapılırken, bor katkılı ürünler, örneğin; fiberglas içinde yapılabilmektedir(ALTUN, 2005).

3.1.4.2.4. Bor Türevleri

*Element bor

*Bor halürler

*İnorganik boratlar

*Fluoroboratlar

*Borik asit esterleri

*Refrakter bor bileşikleri

*Bor hidridler, boranlar ve organobor bileşikleri

*Bor hidrürler

*Boranlar

*Organobor bileşikleri olarak tanımlanmaktadır.

3.1.4.3. Bor Ürünlerinin Kullanım Alanları

Bor kullanım alanları bu bölümde daha ayrıntılı sunulacaktır. Bor mineralleri ve bileşikleri çok çeşitli endüstri dallarında çok farklı malzeme ve ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Başlıca kullanım alanları; Cam Elyafı (Sertleşmiş plastikler, otomotiv parçaları, uçak sanayinde, spor malzemeleri üretimi), Optik Cam Elyafı (Elektronik Sanayi), Borosilikat Camlar(Oto camları, Çamaşır mak.), Seramik Sanayi(Sertleştirici ve Karo Kaplama), Temizleme ve Beyazlatma Sanayi(Sabun ve Deterjanlara mikrop öldürücü ve beyazlatıcı olarak), Tarım (Bitki örtüsün gelişmesini artırmak veya önlemek maksadıyla), Metalurji (Ergimeyi hızlandırıcı, Koruyucu curuf oluşturulması), Nükleer Uygulamalar ve bir çok ana ve yan sektörde kullanılmaktadır. Borun doğrudan yada dolaylı olarak kullanıldığı alanlar Çizelge 3.1. de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Bor un kullanıldığı sektörler

ÜRÜN	KULLANIM ALANLARI
Kalsiyum borat minerali (kolemit)	Tekstil cam elyafı alaşimleri Boron Metalurjik Flux
Sodyum borat mineralleri (üleksit ve probertite)	İzolasyon cam elyafı camları Borosilikat
Borik asit	*Antiseptikler *Bor alaşımları *Nükleer endüstri *Yangına dirençli malzemeler *Naylon *Fotoğrafçılık *Tekstil *Gübre *Emaye ve sır *Katalistler *Cam *Cam elyafı
Susuz boraks	*Gübre *Cam *Cam elyafı *Metalurjik fluks *Emaye ve sır *Yangına dayanıklı malzeme
Sodyum perbolat	*Deterjan ve beyazlatıcılar *Dezenfekte ediciler *Tekstil apreleme
Sodyum metaborat	*Yapıştırıcılar *Deterjanlar *Bitki öldürücüler *Fotoğrafçılık *Tekstil apreleme
Sodyum pentaborat	*Yangına dirençli malzeme *Gübreler
Boraks dekahidrat Boraks pentahidrat	*Yapıştırıcılar *Çimento *Korozyon önleyiciler *İlaç ve kozmetik *Elektrolitik rafinasyon *Yangına dirençli malzeme *Cam *Cam elyafı *Bitki öldürücüler *Böcek öldürücüler *Deri renklendirici *Tekstil apreleme

3.1.4.4. İnşaat Sektörü ve Bor

Bor ürünleri inşaat sektöründe de yaygın olarak kullanılmaktadır. Çeşitli inşaat malzemelerinde bor katkısı;

- Malzemenin yıpranmasını ve çürümesini önleme,
- Malzeme üzerinde zamanla oluşan lekelenmelere ve renk vermeye karşı koruyucu etki,
- Haşarelere karşı koruyucu,
- Suya karşı direnç,
- Alev geciktirici,
- Isı ve ses izolasyonu gibi özellikler sağlar.

İnşaat sektöründe bor kullanılan alanlardan biride çimento sektörüdür. Çimento üretiminde klinker üretim aşamasında B_2O_3 katkısının pişirme sıcaklığını düşürerek enerji tasarrufu sağladığı ayrıca yine B_2O_3 katkısının prizlenme süresini uzattığı bilinmektedir. Bunun dışında bor ürünlerinin kullanıldığı inşaat malzemeleri çatı ve bina kaplamaları ve selülozik izolasyondur. Son yıllarda, shingle olarak adlandırılan çatı kaplama malzemelerinin tüketiminde önemli bir artış gözlenmektedir. Özellikle ahşap binalarda ses ve ısı izolasyonu amacı ile kullanılan ve kullanılmış gazete kağıtlarının boraks- borik asit ile karşılaştırılması ile elde edilen selülozik izolasyon malzemeleri de gerek üretim maliyetinin düşüklüğü gerekse uygulama kolaylığı açısından özellikle ahşap yapılarda önemli bir tüketim alanı bulmaktadır(ALTUN, 2005).

Dünya bor tüketiminin önemli bir bölümü seramik sektöründedir. Ham ve rafine bor ürünleri seramik sektöründe sır ve frit üretiminde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Bor kullanımı; sırn kırınım değerini yükselterek parlaklığını artırmak, viskozite ve yüzey gerilimini düşürerek pürüzsüz bir yüzey oluşumunu sağlamak, mekanik gücünü ve çizilme direncini artırmak, yüzeyi bazı kimyasal

Etilere karşı korumak, termal genişleme katsayısını düşürerek sır ile kil arasındaki uyumu kolaylaştırmak amaçlarına yöneliktir(ALTUN, 2005).

Cam ve cam elyafı sanayi, bor minerali ve bor ürünlerinin en önemli kullanım alanlarından birisidir. 2001'de dünyada tüketilen borun %43'ü cam endüstrisinde kullanılmıştır. Borun cam üretimindeki fonksiyonu; güçlü bir fluks olarak camın ergime sıcaklığını düşürmesi ve böylece erimeyi kolaylaştırması, sıcaklık, viskosite ve yüzey gerilimi arasındaki dengeyi kontrol ederek optimum cam fiberizasyonu oluşumunu sağlaması, yüzey sertliğini ve dayanıklılığını yükseltmesi ve devitrifikasyonu engellemesi olarak özetlenebilir. Düz cam ve saklama kaplarında bor ilavesi yapılmazken özel camlar ve yalıtım camları bor katkılıdır.

3.1.4.5. Borojips

Borojips, borikasit üretiminde kolemanit mineralinin sülfirik asitle çözündürülmesi sırasında meydana gelen endüstriyel atık bir malzemedir. Borojips %1,5-3 civarında bor trioksit (B_2O_3) içermekte olup, jips olarak %95 saflıktadır. Borikasit %52-55 oranında B_2O_3 içeren kalside kolemanitin %92,5'lik teknik sülfirik asitle çözündürülmesi ile elde edilir.

Kütahya Emet'te bulunan Eti Maden İşletmeleri Emet Bor İşletme Müdürlüğü'nde bir takım prosesler sonucunda borikasit üretilmesi işlemleri sonucu ortaya çıkan borojips, kurutulup üğütüldükten sonra kullanılmıştır. Üğütülme sonucu çimentodan daha ince bir malzeme oluşmuştur.

3.1.5. Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

Bu kısımda, deneylerde kullanılan malzemelere ait kimyasal ve fiziksel özellikler ile beton karışımında kullanılan malzeme miktarları verilmektedir. Bu malzemeler aşağıda verilmiştir.

3.1.5.1. Çimento

Bu çalışmada kullanılan çimento, TS EN 197-1:2002 ile uyumlu normal (CEM I 42,5 R) Portland çimentosu olup, Adana Çimento Sanayi tarafından üretilmiştir. Çimentonun taze olarak kullanılmasına özen gösterilip, nem alarak topaklaşma göstermemesi için de çimento, özel koruyucu kaplar içerisinde muhafaza edilmiştir. Çimentoya (CEM I 42,5 R) ait kimyasal, mekanik ve fiziksel özellikler Çizelge 3.2, 3.3, 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.2. Kullanılan çimentonun fiziksel özellikleri

Çimento Tipi		PÇ 42.5 (1)	PÇ42.5 (2)
Fiziksel Özellikleri	Özgül ağırlık, g/cm ³	3.13	3.03
	İncelik		
	200µ elekte kalan %	0.00	0.00
	90 µ elekte kalan %	0.40	0.80
	Özgül yüzey (Blaine), cm ² /g	4788	3186
	Priz süresi (Vicat) :		
	Başlama. saat:dakika	2:00	2:36
	Sona erme. Saat:dakika	3:15	3:50

Çizelge 3.3. Kullanılan çimento nun kimyasal özellikleri

Çimento Tipi		PÇ 42.5 (1)	PÇ42.5 (2)	TS19/1984 sınırları
Kimyasal Bileşim (%)	Magnezyum oksit (MgO)	2.00	1.23	<5
	Alüminyum oksit (Al ₂ O ₃)	6.57	4.86	
	Silisyum dioksit (SiO ₂)	21.56	20.44	
	Kalsiyum oksit (CaO)	61.28	63.26	
	Demir oksit (Fe ₂ O ₃)	3.00	3.62	
	Kükürt trioksit (SO ₃)	3.19	2.30	<3.5
	Potasyum oksit (K ₂ O)	0.69		
	Sodyum oksit (Na ₂ O)	0.27		
	Kızdırma kaybı	1.23	2.19	<4
	Serbest kireç (CaO)	1.18	1.52	
	Çözünmeyen kalıntı	0.51	0.84	<1.5

Çizelge 3.4. Kullanılan çimento nun mekanik özellikleri

Çimento Tipi		PÇ 42.5 (1)
Mekanik Özellikleri	Eğilme dayanımı. N/mm ²	
	2 Gün	4.4
	7 Gün	5.6
	28 Gün	6.9
	Basınç dayanımı. N/mm ²	
	2 Gün	22.4
	7 Gün	32.9
	28 Gün	47.4

3.1.5.2. Borojips

Borojips, borik asit üretiminde kolemanit mineralinin sülfirik asitte çözündürülmesi sırasında meydana gelen endüstriyel atık bir malzemedir. Borojips %1.5-3 civarında bor trioksit içermekte olup, jips olarak %95 saflıktadır. Borik asit %52-55 oranında B₂O₃ içeren kalsine kolemanitin %92.5 lik teknik sülfirik asitle çözündürülmesi ile elde edilir.



Kütahya-Emet'te bulunan ETİ Bor A.Ş.'nin bir takım prosesler sonucunda borikasit üretilmesi işlemleri sonucu ortaya çıkan Borojips, kurutulup öğütüldükten sonra kullanılmıştır. Öğütülme sonucunda çimentodan daha ince bir malzeme oluşmuştur. Kullandığımız borojipse ait kimyasal ve fiziksel özellikler Çizelge 3.5, 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.5. Borojips'e ait kimyasal analiz sonuçları

BOROJİPS	
B ₂ O ₃ (%)	1,05
SiO ₂ (%)	13,17
Al ₂ O ₃ (%)	2,39
Fe ₂ O ₃ (%)	1,08
CaO(%)	37,33
MgO(%)	3,10
SO ₃ (%)	32,17
K.Kayıbı(%)	9,71

Çizelge 3.6. Borojips'e ait fiziksel analiz sonuçları

BOROJİPS	
Porozite (e)	0,624
Öz. Ağırlık (g/cm ³)	2,62
Blaine	12850
İncelik (200µm)	1,3
İncelik (90µm)	3,5
İncelik (45µm)	8,7

3.1.5.3. Su

Deneylerde kullanılan karışım ve bakım suyu hazır içme suyudur. Beton karışım ve bakım suyunun kalitesi ile ilgili herhangi bir Türk Standardı yoktur. Kaynaklarda belirtilen karma suyu, genel anlamda içilebilir su olarak ifade edilmektedir.

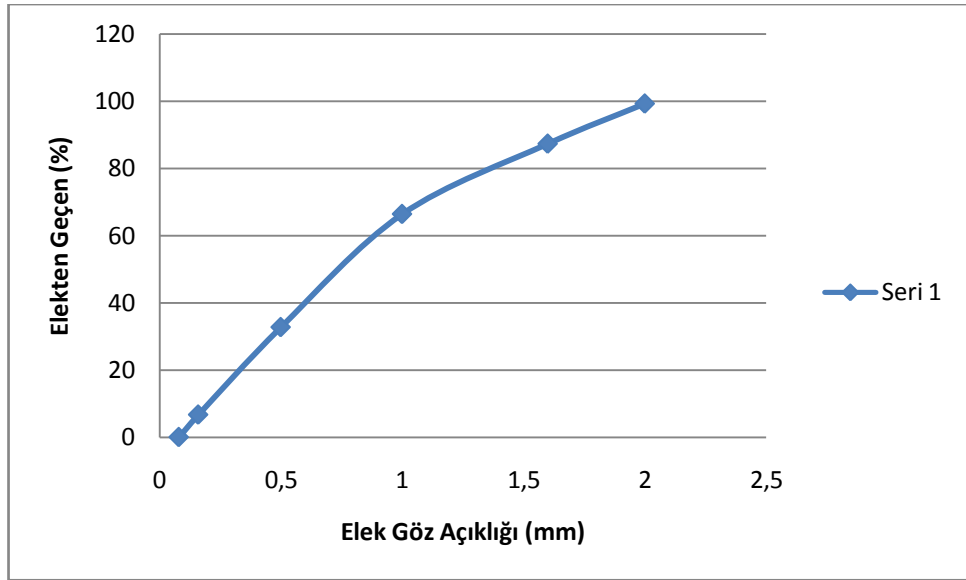
3.1.5.4. Agrega

Agregalar, beton yapımında çimento ve su ile birlikte kullanılan, kum, çakıl, kırmataş gibi taneli malzemelerdir. Beton hacminin yaklaşık %75'i agregadan oluşmaktadır. Beton yapımında kullanılan temel malzemeler arasında en pahalı olan çimentodur. Agreganın maliyeti çimento maliyetine göre oldukça düşüktür. O nedenle, istenilen kalitedeki betonu elde edebilmek kaydıyla, betonda mümkün olduğu kadar çok miktarda agreganın kullanılması, betonun daha ekonomik olmasına yol açmaktadır (Erdoğan, 2003).

Deneylerimizde kullanacağımız kum Trakya Çimentonun paketlediği Cen Standart Kumudur. Bu kuma ait özellikler Çizelge 3.7. de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Kullanılan Kumun Özellikleri

STANDART KUMUN DANE BÜYÜKLÜĞÜ DAĞILIMI		STANDART DEĞERLER TS EN 196-1
Elek Göz Açıklığı (mm)	Elekten Geçen %	Elek üzerinde kalan yığılımlı miktar (Ağırlıkça) %
2,00	99,25	99 ± 1
1,60	87,31	87 ± 5
1,00	66,39	67 ± 5
0,50	32,72	33 ± 5
0,16	6,68	7 ± 5
0,08	0,00	0
% Rutubet	0,13	0,2 MAX
Torba net ağırlık (gr)	1350	1350 ±5



Şekil 3.9. Kullanılan kuma ait elek analizi

3.2. Yöntem

3.2.1. Deney Yöntemleri

3.2.1.1. Hazırlanacak Numune Tipleri

Deneyleer Borojips içeren ve içermeyen harç numuneler üzerinde yürütülmüştür.

Deneyleerde; Borojips'in değişim yüzdesi harç numunelerde %0, %3, %5, %10, %15 şeklinde olup, çimento ile ağırlıkça yer değişimi şeklindedir.

Yukarıdaki özelliklere sahip olarak hazırlanan harç numuneler ve su içinde bakıma tabi tutulmuş olup, ortam sıcaklığı 20 ± 2 °C dır.

3.2.1.2. Deneysel Çalışmalar

3.2.1.2.1. Yürütülen Deneyleer

- 1) Karbonatlaşma tayini: kuru küre maruz (20 ± 2 °C ve $\%60\pm 10$ bağıl nem) ve %0, %3, %5, %10 ve %15 borojips değişim oranına sahip harç numuneler üzerinde ayrı ayrı yapılmıştır.
- 2) Aşınma Miktarı : Aşınma miktarları %0, %3, %5, %10 ve %15 borojips ikamesiyle hazırlanan harç numuneler için tespit edilmiştir. Aşınma miktarları ıslak küre maruz 25 numune kullanılarak bulunmuştur.
- 3) Kapilarite deneyi: %0, %3, %5, %10 ve %15 borojips ikamesiyle hazırlanan harç numuneleri üzerinde 28 gün ve 1 yılda yapılmıştır.
- 4) Su emme tayini: %0, %3, %5, %10 ve %15 borojips değişim oranlarına sahip 28 günlük harç numunesi üzerinde yapılmıştır.

- 5) Basınç dayanımı: %0, %3, %5, %10 ve %15 borojips değişim oranlarına sahip harç numuneler üzerinde 7, 28, 90, 180 ve 365 gün de basınç testine tabi tutularak bulunmuştur.
- 6) Eğilmede Çekme dayanımı: %0, %3, %5, %10 ve %15 borojips ikamesiyle, harç numuneler üzerinde 7, 28, 90, 180 ve 365. gün çekme dayanımları bulunmuştur.
- 7) Rötne Miktarı: %0, %3, %5, %10 ve %15 borojips değişim oranlarına sahip harç numuneler üzerinde 28. güne kadar ölçülmüştür.
- 8) Yayılma tablası : %0, %3, %5, %10 ve %15 borojips ikamesinin harç numunelerin kıvamına etkisi bulunmuştur.

3.2.1.3. Notasyon

Deneylerden elde edilen sonuçlar Çizelge 3.8. de gösterilen notasyon kullanılarak isimlendirilecek.

%3, %5, %10 ve %15 borojips ikamesinin çimentonun ağırlığınca olan yüzdesini göstermektedir.

Çizelge 3.8. Notasyon

Numune İsimleri	Kür Durumu	Borojips Değişim Oranı
K1-S	Yaş	Şahit(%0)
K2-S	Yaş	%3
K3-S	Yaş	%5
K4-S	Yaş	%10
K5-S	Yaş	%15
K1-K	Kuru	Şahit(%0)
K2-K	Kuru	%3
K3-K	Kuru	%5
K4-K	Kuru	%10
K5-K	Kuru	%15

3.2.1.4.Karışım Dizaynları

Harç numuneler Çizelge 3.9. ve Çizelge 3.10.'da gösterilen karışım oranlarına göre hazırlanmıştır.

Su/Bağlayıcı oranı : 0,5

Kum/Bağlayıcı oranı : 3

Çizelge 3.9. Yaş Karışım Dizaynları

Kür	Borojips %	Çimento (gr)	Borojips (gr)	Su (gr)	Kum (0-3 mm) (gr)	Notasyon
YAŞ	Şahit (0)	4000	0,000	2000	12000	K1-S
	3	3880	120	2000	12000	K2-S
	5	3800	200	2000	12000	K3-S
	10	3600	400	2000	12000	K4-S
	15	3400	600	2000	12000	K5-S

Çizelge 3.10. Kuru Karışım Dizaynları

Kür	Borojips %	Çimento (gr)	Borojips (gr)	Su (gr)	Kum (0-3 mm) (gr)	Notasyon
KURU	Şahit (0)	4000	0,000	2000	12000	K1-K
	3	3880	120	2000	12000	K2-K
	5	3800	200	2000	12000	K3-K
	10	3600	400	2000	12000	K4-K
	15	3400	600	2000	12000	K5-K

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde, borojip atığının betonda kullanılabilirliğini belirlemek için harç numuneler üzerinde yapılan aşınma, karbonatlaşma, su emme, basınç dayanımı, eğilmede çekme, kapilarite ve rötre deney sonuçları tartışılarak sunulmuştur.

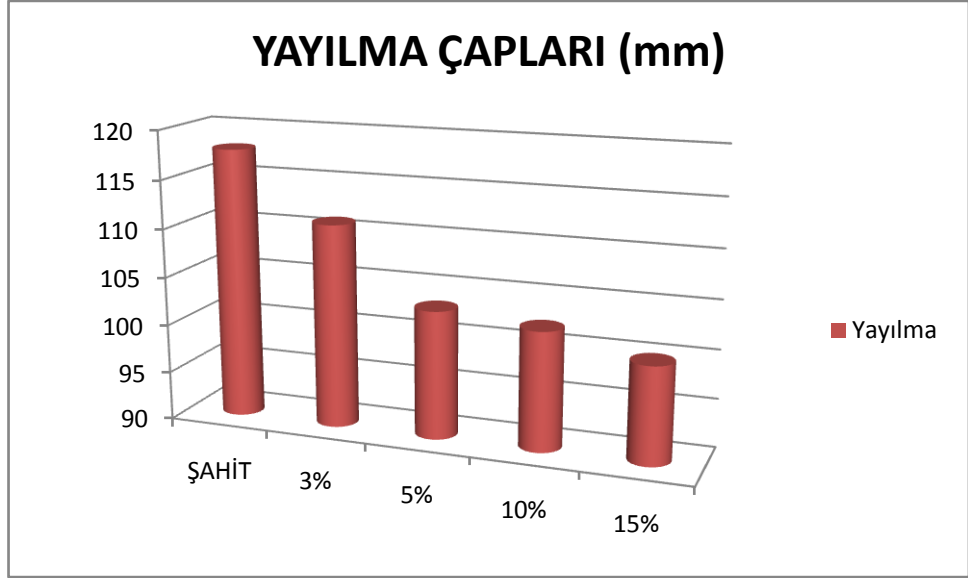
4.1. Taze Harç Üzerinde Yapılan Deneyler

4.1.1. Yayılma Tablası Deneyi

Harçların kıvamını gösteren yayılma tablası deney sonuçları incelendiğinde borojipsin harç numunelerin kıvamını azalttığı görülmektedir. Aynı sonuç Tümen(2008), tarafından beton numuneler üzerinde yapılan Ve-Be ve Slump deneyleri ile de tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Yayılma tablası sonuçları

YAYILMA ÇAPLARI					
Harç Numuneler	ŞAHİT	3%	5%	10%	15%
Yayılma Çapları (mm)	117,9	111	103,2	102,25	100



Şekil 4.1. Yayılma tablası sonuçları

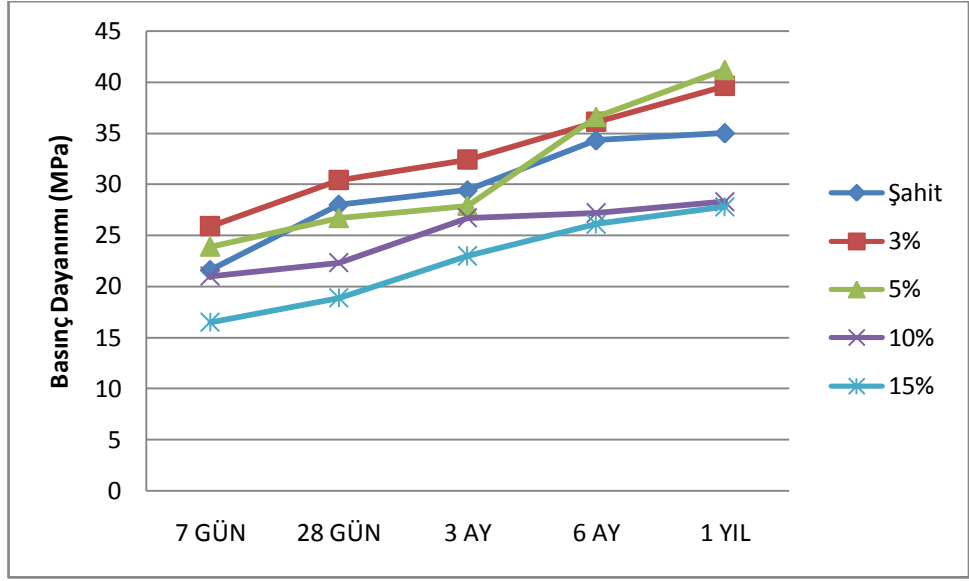
4.2. Sertleşmiş Harç Numuneler Üzerinde Yapılan Deneyler ve Sonuçları

4.2.1. Basınç Dayanımı

Kuru küre tabi numunelerin basınç sonuçlarına göre %3 borojips içeren numuneler her yaşta şahit numuneden yüksek basınç dayanımı değerlerine ulaşmışlardır. %5 borojips içeren numuneler ise 6 ayda kontrol numunesinden yüksek basınç dayanımına ulaşırken, 1 yıl sonunda ise hem şahit numune hem de %3 borojips içeren numuneden yüksek basınç dayanımı değeri vermişlerdir. %10 ve %15 borojips içeren numuneler ise her yaşta şahit numuneden düşük basınç dayanımı değerleri vermişlerdir. Kuru küre tabi numunelerin basınç dayanımları Çizelge 4.2. ve Şekil 4.2. de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kuru küre tabi numunelerin basınç dayanımları(MPa)

KURU KÜR		7 Gün	28 Gün	3 Ay	6 Ay	1 YIL
	Şahit		21,6	28	29,4	34,3
3%		25,9	30,4	32,4	36,1	39,6
5%		23,9	26,7	27,9	36,6	41,2
10%		21	22,3	26,7	27,2	28,3
15%		16,5	18,9	23	26,1	27,8

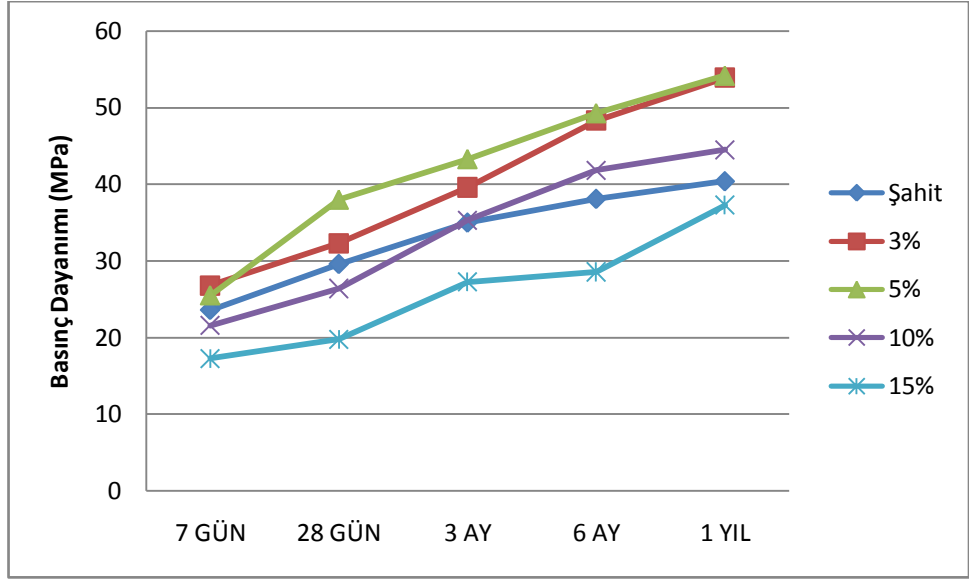


Şekil 4.2. Kuru küre tabi numunelerin basınç dayanımları

Islak küre tabi %3 ve %5 borojips içeren numunelerin basınç dayanımları her yaşta şahit numunelerin basınç dayanımlarından yüksektir. Özellikle 3 aydan itibaren bu fark açılmaya başlamış ve 1 yılın sonunda ise şahit numuneye göre %3 borojips içeren numuneler %14 ve %5 borojips içeren numuneler ise %18 daha fazla basınç dayanımı geliştirmiştir. %10 borojips içeren numuneler ise 3 ay sonunda şahit numunelerin basınç dayanımlarını yakalayıp 6 ay ve 1 yılda ise geçmişlerdir. %15 borojips içeren numuneler ise 1 yıl sonunda şahit numuneye yakın bir basınç dayanımı değerine sahip olmuşlardır. Islak küre tabi numunelerin basınç dayanımları Çizelge 4.3. ve Şekil 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Islak küre tabi numunelerin basınç dayanımları(MPa)

ISLAK KÜR	7 Gün	28 Gün	3 Ay	6 Ay	1 YIL
	Şahit	23,6	29,6	35	38,1
3%	26,8	32,3	39,6	48,3	53,9
5%	25,5	38	43,3	49,3	54,2
10%	21,6	26,4	35,3	41,8	44,5
15%	17,3	19,8	27,3	28,6	37,3

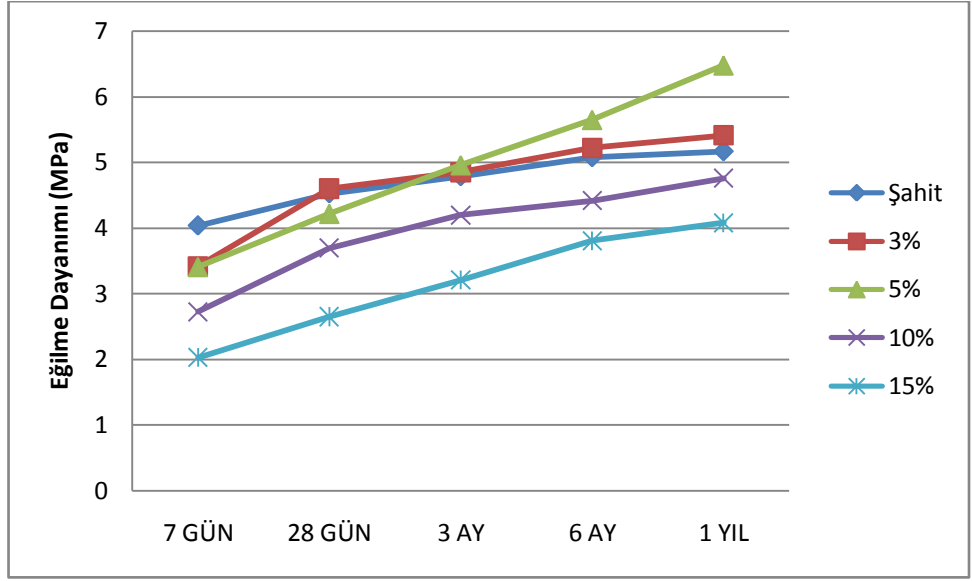
**Şekil 4.3.** Islak küre tabi numunelerin basınç dayanımları

4.2.2. Eğilmede Dayanımı

Kuru küre maruz numunelerin eğilme dayanımı sonuçları %3 borojips içeren numunelerin 3 ay ve daha ileri yaşlarda kontrol numunesinden bir miktar daha yüksek eğilme dayanımına sahip olduğunu göstermiştir. %5 borojips içeren numuneler ise aynı şekilde 3 ay sonunda şahit numunelerden daha yüksek eğilme dayanımına ulaşırken, yıl sonunda da şahit numunelerden %35 daha fazla eğilme dayanımı geliştirmişlerdir. %10 ve %15 borojips içeren numuneler ise kuru küre her yaşta şahit numunenin altında eğilme dayanımı değerine sahip olmuştur. Kuru küre tabi numunelerin eğilme dayanımları Çizelge 4.4. ve Şekil 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Kuru küre tabi numunelerin eğilme dayanımları(MPa)

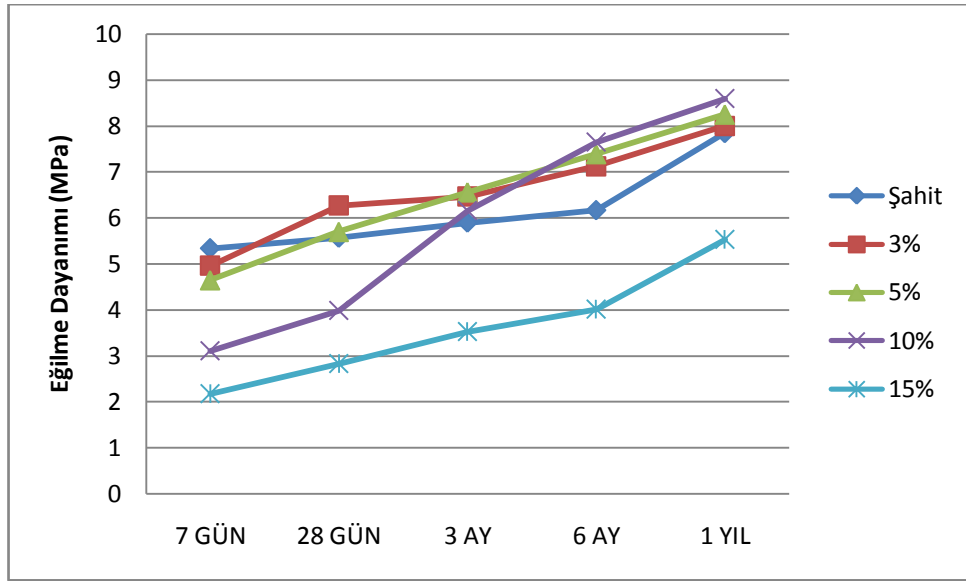
KURU KÜR	7 Gün	28 Gün	3 Ay	6 Ay	1 YIL
	Şahit	4,04	4,53	4,79	5,08
3%	3,42	4,6	4,85	5,22	5,41
5%	3,41	4,22	4,96	5,65	6,48
10%	2,73	3,7	4,2	4,42	4,76
15%	2,03	2,65	3,21	3,81	4,08

**Şekil 4.4.** Kuru küre tabi numunelerin eğilme dayanımları

Islak küre tabi %3 ve %5 borojips içeren numuneler 28. günden itibaren şahit numunenin üzerinde eğilme dayanımı değerleri vermişlerdir. %10 borojips içeren numuneler ise 3 ay sonunda şahit numuneden yüksek eğilme dayanımına ulaşırken, 6 ay ve 1 yılda hem şahit numunelerden hem de %3 ve %5 borojips içeren numunelerden daha yüksek eğilme dayanımı değerine sahip olmuşlardır. Islak küre tabi numunelerin eğilme dayanımları Çizelge 4.5 ve Şekil 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Islak küre tabi numunelerin eğilme dayanımları(MPa)

ISLAK KÜR		7 Gün	28 Gün	3 Ay	6 Ay	1 YIL
	Şahit	5,34	5,57	5,9	6,17	7,85
	3%	4,96	6,27	6,46	7,12	8
	5%	4,65	5,7	6,56	7,39	8,25
	10%	3,11	3,98	6,16	7,65	8,59
	15%	2,18	2,83	3,53	4,01	5,53

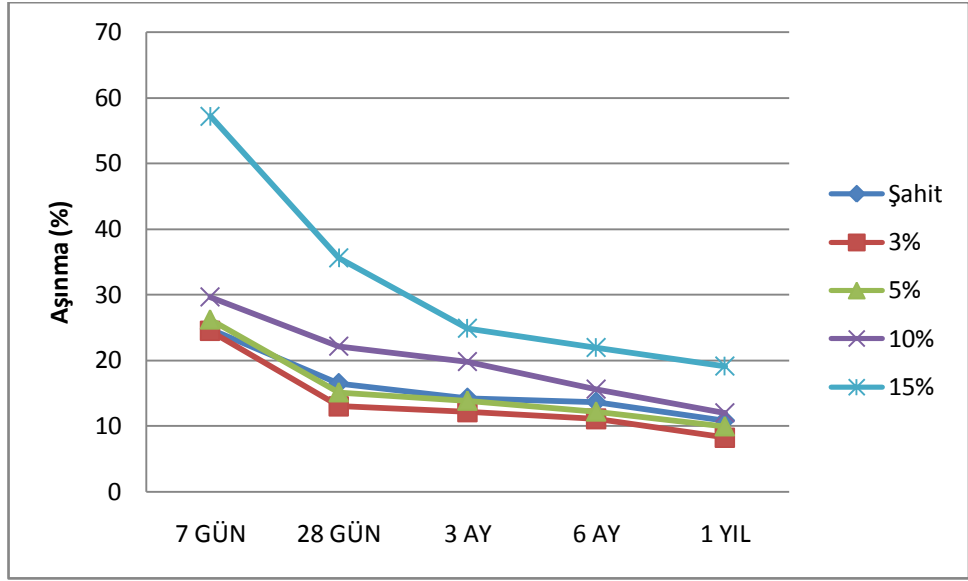
**Şekil 4.5.** Islak küre tabi numunelerin eğilme dayanımları

4.2.3. Aşınma Dayanımı (Los-Angeles Deneyi)

Aşınma dayanımı sonuçları incelendiğinde %3 borojips içeren numuneler her yaşta şahit numuneye göre daha düşük aşınma değerine sahipken %5 borojips içeren numuneler ise 7. Gün hariç diğer yaşlarda kontrol numunesinden daha az aşınmışlardır. %10 ve %15 borojips içeren numuneler ise her yaşta şahit numuneden daha aşınma değeri verirken, özellikle %15 borojips içeren numunelerin aşınması oldukça yüksek değere ulaşmıştır. Islak küre tabi numunelerin aşınma değerleri Çizelge 4.6. ve Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Islak küre tabi numunelerin aşınma değerleri

Aşınma Dayanımı (%) – Islak Kür					
	7 Gün	28 Gün	3 Ay	6 Ay	1 YIL
Sahit	24,8	16,52	14,29	13,67	10,84
3%	24,48	13,05	12,23	11,15	8,3
5%	26,25	15,17	13,9	12,25	10
10%	29,66	22,15	19,84	15,65	12,02
15%	57,2	35,6	24,94	21,97	19,15

**Şekil 4.6.** Islak küre tabi numunelerin aşınma değerleri

4.2.4. Karbonatlaşma Deneyi

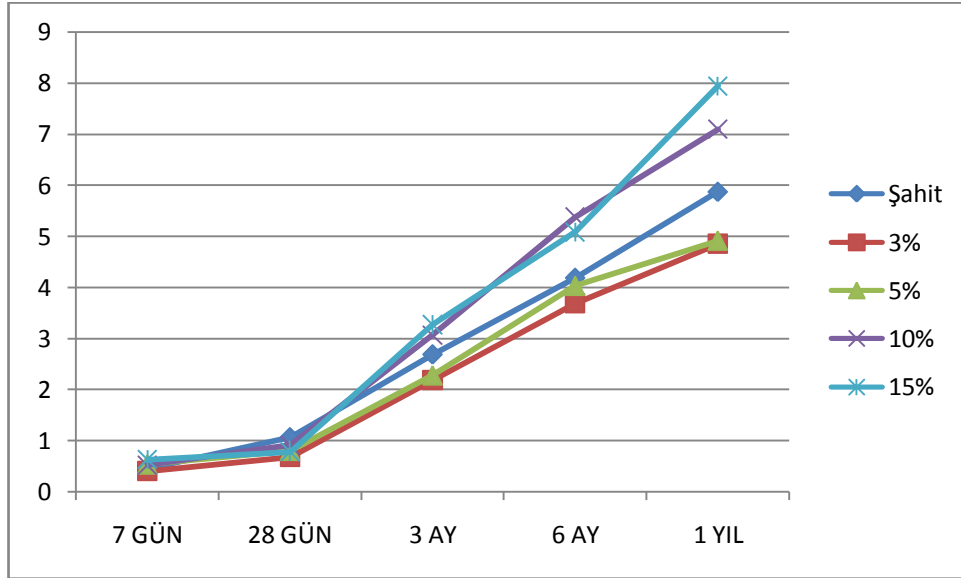
Karbonatlaşma derinliği sonuçları incelendiğinde % 3 borojipsli numunelerin karbonatlaşması her yaşta şahit numuneden düşük seyrederken, %5 borojips içeren numuneler ise 7. Gün hariç diğer yaşlarda şahit numuneden daha düşük karbonatlaşma derinliğine sahip olmuşlardır.

%10 ve %15 borojips içeren numuneler ise her yaşta kontrol numunesinden daha yüksek karbonatlaşma göstermişlerdir. Özellikle 1 yıl sonunda bu durum oldukça belirginleşmiştir. Numunelerin karbonatlaşma derinlikleri Çizelge 4.7. ve Şekil 4.7. de

verilmiştir. Karbonatlaşma özellikle betonarme yapılarda korozyonu arttırıcı bir etkiye sahip bir olaydır. %3-%5 aralığında bir borojips katkısı karbonatlaşmayı azaltıcı olarak kullanılabilir.

Çizelge 4.7. Numunelerin karbonatlaşma derinlikleri

Karbonatlaşma (mm)					
	7 Gün	28 Gün	3 Ay	6 Ay	1 YIL
Şahit	0,456	1,064	2,688	4,188	5,873
3%	0,409	0,689	2,187	3,688	4,85
5%	0,541	0,809	2,281	4,03	4,913
10%	0,525	0,908	3,063	5,375	7,092
15%	0,63	0,782	3,27	5,083	7,943



Şekil 4.7. Numunelerin karbonatlaşma derinlikleri(mm)

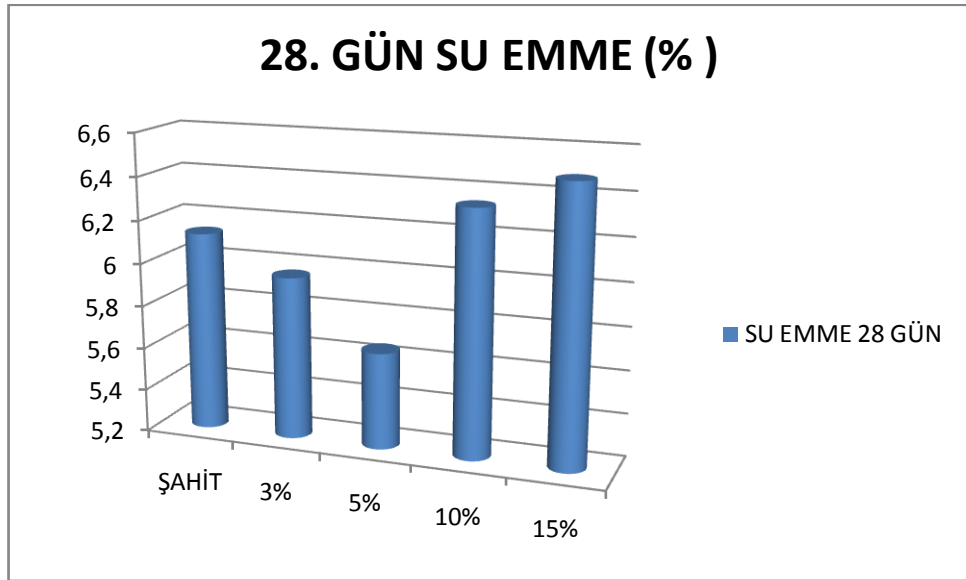
4.2.5. Su Emme

28 günlük su emme sonuçları, borojips içeren ve içermeyen numunelerin su emmelerinin birbirine yakın olduğunu göstermiştir. % 3 ve % 5 borojips içeren numuneler şahit numuneden bir miktar az, %10 ve %15 borojips içeren numuneler ise

bir miktar fazla su emmişlerdir. 28 günlük su emme değerleri Çizelge 4.8. ve Şekil 4.8. de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Numunelerin su emme değerleri

28. Gün Su Emme (%) – Islak Kür				
Şahit	%3	%5	%10	%15
6,13	5,96	5,65	6,34	6,48



Şekil 4.8. Numunelerin su emme değerleri

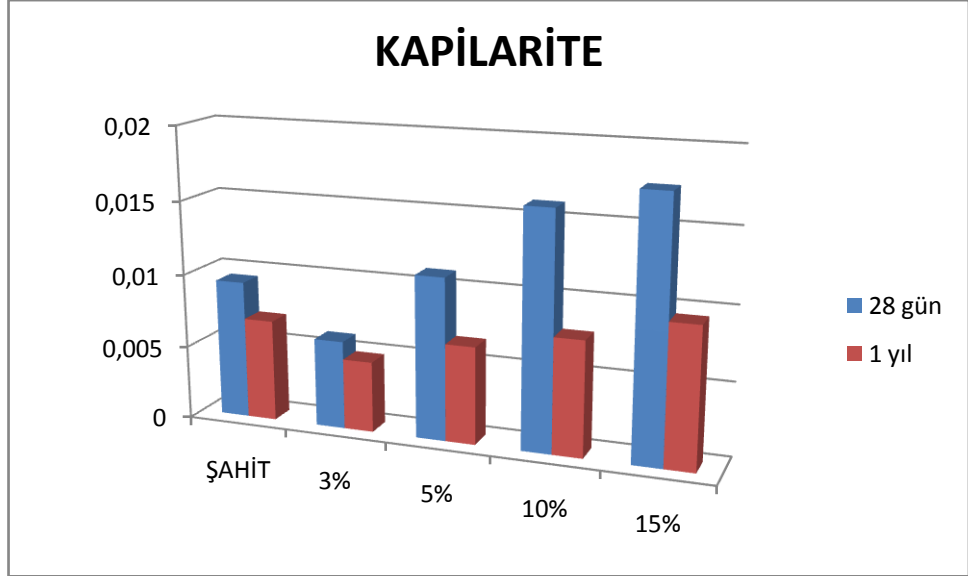
4.2.6. Kapilarite

Kapiler su geçirirliliğinin bir göstergesi olan kapilarite katsayıları incelendiğinde %3 borojips içeren numunelerin kapiler katsayılarının hem 28. günde hem de 1 yıl sonunda şahit numuneden daha düşük bir kapilarite katsayısına sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuç %3 borojips katkısının kapiler su geçirirliliğini

azalttığını göstermektedir. %5 borojips içeren numuneler ise 28. günde şahit numuneden biraz yüksek 1. yılda da biraz düşük kapiler su geçirgenliğine sahiptirler. %10 borojips içeren numunelerin kapilarite katsayıları 1 yıl sonunda şahit numuneye yaklaşırsa da, %15 borojips katkısı her iki yaşta da kapiler su geçirgenliğini arttırıcı yönde bir etkiye sahiptirler. Kapilarite sonuçları Çizelge 4.9. ve Şekil 4.9. de gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Numunelerin kapilarite değerleri

	KAPİLARİTE (cm/dak^{1/2})	
	28 GÜN	1 YIL
ŞAHİT	0,0094	0,0069
3%	0,006	0,0048
5%	0,011	0,0066
10%	0,016	0,0078
15%	0,0175	0,0095



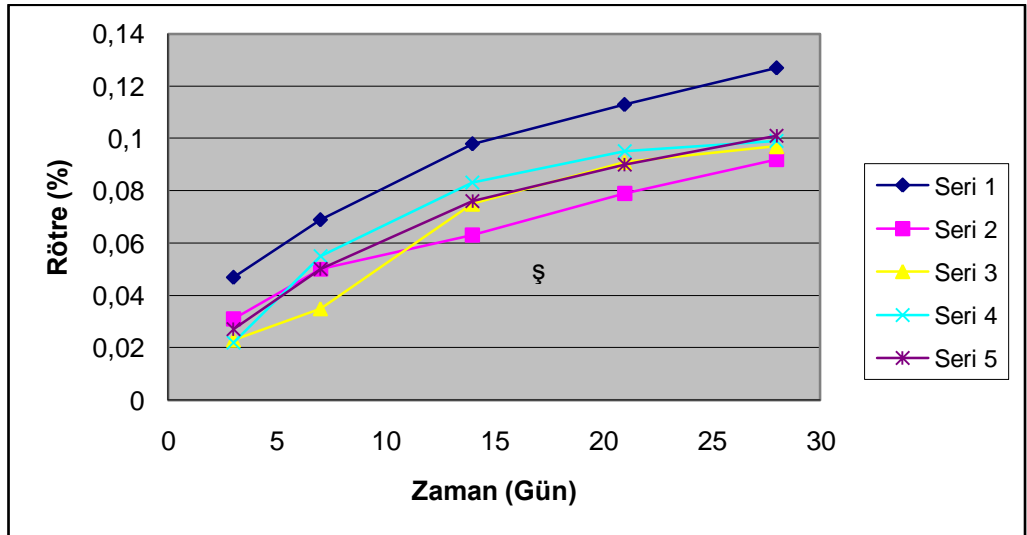
Şekil 4.9. Numunelerin kapilarite değerleri

4.2.7. Rötire Deneyi

Rötire ölçümleri numunelerin kalıptan çıkarılmasından itibaren 28 gün boyunca her gün bir defa yapılmıştır. Rötire deneyinin sonuçları incelendiğinde borojips içeren numunelerin tamamının şahit numunenin altında rötire yaptıkları görülmektedir. Bunun yanında 28 gün sonunda en düşük rötireyi %3 borojips içeren numuneler yapmış, sırası ile %5, %10, ve %15 borojips içeren numuneler de %3 borojips içeren numuneleri takip etmiştir. Yani %3 borojips katkısı rotredeki en büyük düşüşü meydana getirmiş, daha sonra artan borojips katkısı bu düşüş miktarını azaltmıştır. Benzer bir sonuç Fındık(2007) tarafından, bir başka bor atığı olan kolemanit konsantratör atığının rötireye olan etkisinde de bulunmuştur. Rötire deneyi sonuçları Çizelge 4.10. ve Şekil 4.10. da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Numunelerin rötire değerleri

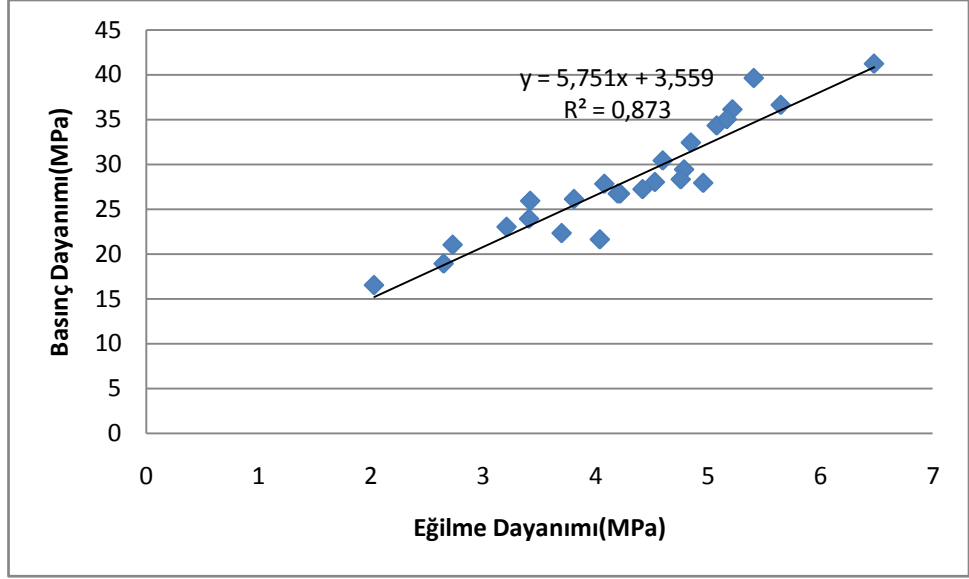
Numunelerin Rötire Değerleri (%)					
GÜN	Şahit	3%	5%	10%	15%
3	0,047	0,031	0,023	0,022	0,027
7	0,069	0,05	0,035	0,055	0,05
14	0,098	0,063	0,075	0,083	0,076
21	0,113	0,079	0,091	0,095	0,09
28	0,127	0,092	0,097	0,099	0,101



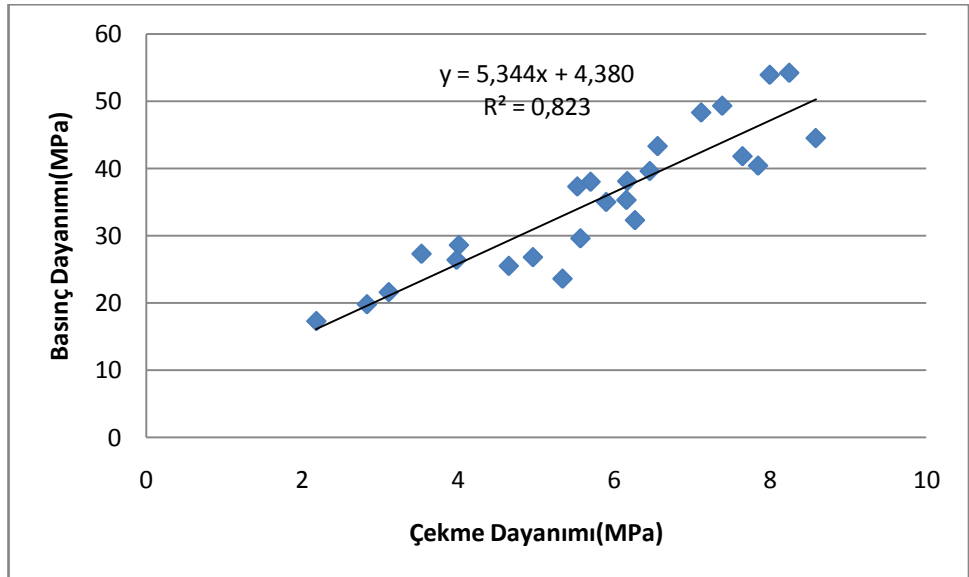
Şekil 4.10. Numunelerin rötire değerleri

4.2.8. Basınç İle Eğilme Dayanımı İlişkisi

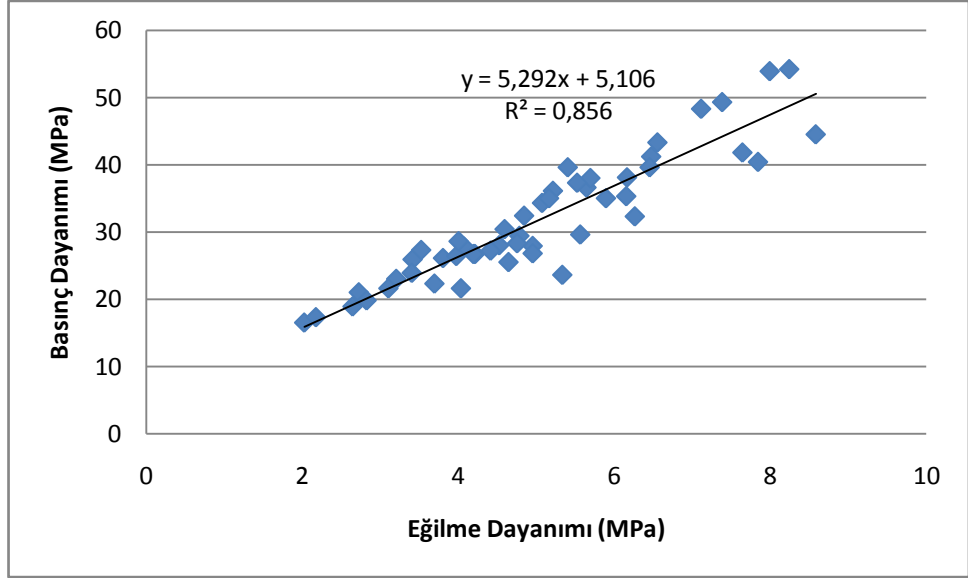
Bu bölümde eğilme dayanımları ile basınç testinden elde edilen mukavemet değerleri arasındaki ilişki, kuru ve ıslak kür için ayrı ayrı her yaşta değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçları Şekil 4.11, 4.12. ve 4.13. de verilmiştir.



Şekil 4.11. Kuru kür basınç ve eğilme dayanımları ilişkisi



Şekil 4.12. Islak kür basınç ve eğilme dayanımları ilişkisi

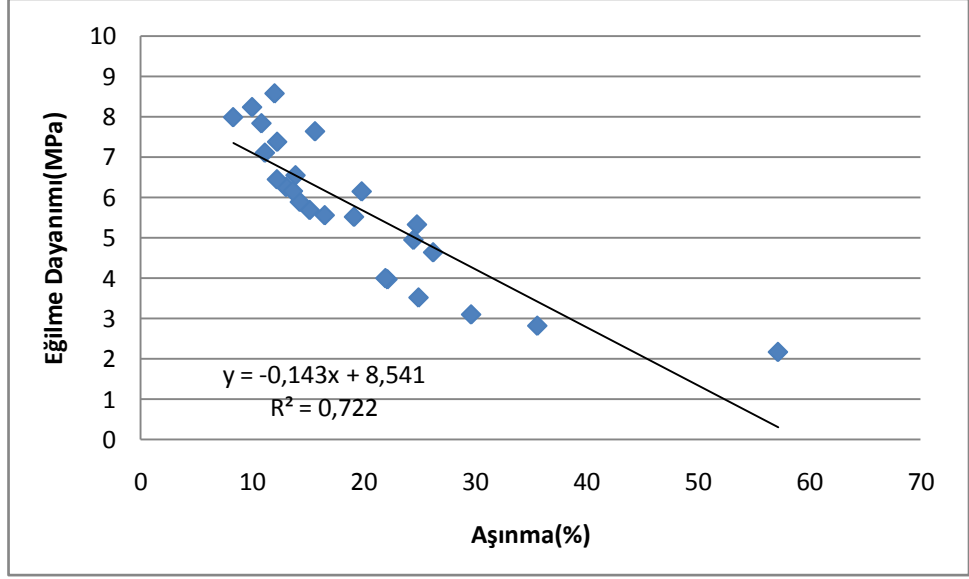


Şekil 4.13. Islak ve kuru kür basınç-eğilme dayanımları ilişkisi

Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13. den elde edilen korelasyon katsayıları sırası ile 0,873, 0,823, 0,856'dır. Korelasyon katsayılarının 1'e yakın olmasından anlaşılıyor ki eğilme dayanımı ile basınç dayanımı arasında kuvvetli bir ilişki vardır.

4.2.9. Eğilme Dayanımı İle Aşınma İlişkisi

Bu bölümde eğilme dayanımları ile harç numunelerin aşınma oranları arasındaki ilişki Şekil 4.14'te grafiksel olarak verilmiştir.

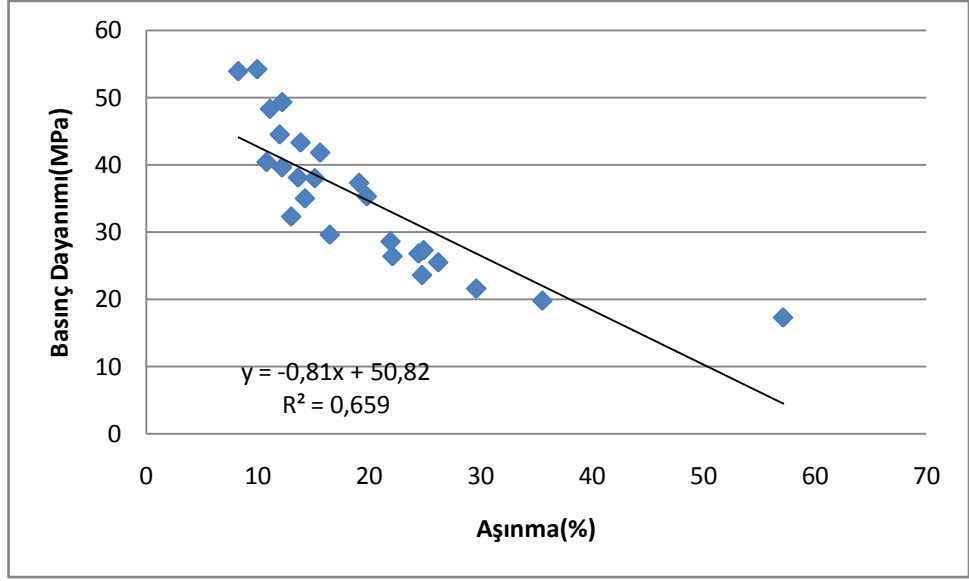


Şekil 4.14. Aşınma ile eğilme dayanımı ilişkisi

Yukarıda ki şekilden elde edilen korelasyon katsayısı 0,722'dir. Buda bize eğilme dayanımı ile harç numunelerin aşınma oranları arasında bir ilişkinin olduğunu göstermektedir

4.2.10. Basınç Dayanımı İle Aşınma İlişkisi

Bu bölümde harç numunelerin basınç dayanımları ile aşınma oranları arasındaki ilişki Şekil 4.15. de grafiksel olarak verilmiştir. Grafikten elde edilen korelasyon katsayısı 0,659'dur. Bu değer bize basınç mukavemeti ile aşınma arasında çok kuvvetli olmasa da bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.15. Aşınma ile basınç dayanımı ilişkisi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç

- 1- Yayılma tablası deney sonuçları borojipsin harç numunelerin kıvamını azalttığını göstermektedir. Bu durumun kullanılan borojipsin çimentodan daha ince olmasından, ayrıca borojips kızdırma kaybının çimentonun kızdırma kaybindan büyük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.
- 2- Basınç dayanımı sonuçları incelendiğinde özellikle ıslak küre tabi %3 ve %5 borojips içeren numuneler her yaşta şahit numuneden yüksek basınç dayanımları geliştirirken %10 borojips içeren numuneler 3 aydan sonra şahit numuneden daha yüksek basınç dayanımlarına ulaşmışlardır. Bu durum borojipsin çok kuvvetli olmasa da puzolanik özelliğe sahip olduğunu göstermektedir.
- 3- Eğilme dayanımı sonuçlarına göre %3 ve %5 borojips içeren numuneler 28. günden itibaren şahit numunenin üzerinde eğilme dayanımı değerleri vermişlerdir. %10 borojips içeren numuneler ise 3 ay sonunda şahit numuneden yüksek eğilme dayanımına ulaşırken, 6 ay ve 1 yılda hem şahit numunelerden hem de %3 ve %5 borojips içeren numunelerden daha yüksek eğilme dayanımı değerine sahip olmuşlardır.
- 4- Los-Angeles deney aleti kullanılarak elde edilen aşınma yüzdeleri incelendiğinde %3 ve %5 borojips katkısının şahit numuneye göre aşınmayı azalttığı, %10 ve %15 borojips katkısının ise arttırdığı gözlenmiştir.
- 5- Karbonatlaşma derinliği değerlerinin zamanla değişimi incelendiğinde %5 e kadar olan borojips katkısının karbonatlaşmayı azalttığı %10 ve üstünde borojips katkısının ise karbonatlaşmayı arttırdığı görülmektedir. Bu sonuçlara göre %3 ile % 5 arasında borojips katkısı karbonatlaşmayı azaltıcı katkı olarak kullanılabilir.
- 6- 28 günlük su emme sonuçları, borojips içeren ve içermeyen numunelerin su emmelerinin birbirine yakın olduğunu göstermiştir. % 3 ve % 5 borojips içeren numuneler şahit numuneden bir miktar az, %10 ve %15 borojips içeren numuneler ise bir miktar fazla su emmişlerdir.

- 7- Kapiler su emme değerleri, %3 borojips katkısının kapilariteyi dūşürdüęünü %5 borojips katkısının çok fazla etkilemediğini, %10 ve %15 borojips katkısının ise kapilariteyi arttırdığını göstermektedir.
- 8- Rötire deneyinin sonuçları incelendiğinde borojips içeren numunelerin tamamının şahit numunenin altında rötire yaptıkları görülmektedir. Bunun yanında 28 gün sonunda en düşük rötreyi %3 borojips içeren numuneler yapmış, sırası ile %5, %10, ve %15 borojips içeren numuneler de %3 borojips içeren numuneleri takip etmiştir. Yani %3 borojips katkısı rotredeki en büyük düşüşü meydana getirmiş, daha sonra artan borojips katkısı bu düşüş miktarını azaltmıştır.
- 9- Basınç dayanımı ile eğilme dayanımı sonuçları arasında, kolerasyon katsayıları incelendiğinde kuvvetli bir ilişkinin olduğu söylenebilir.
- 10- Eğilme dayanımı ile aşınma değerleri arasında, basınç dayanımı ile aşınma değerleri arasındaki ilişkiye göre daha iyi bir ilişki olduğu görülmektedir.
- 11- Tüm deney sonuçları incelendiğinde Eti Maden İşletmeleri Kütahya Emet Bor İşletme Müdürlüğü'nden elde edilen borojipsin %5 ile %10 arasında beton ve çimentoda mineral katkı olarak kullanılabileceği düşünölmektedir.

5.2. Öneriler

- 1- Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar kullanılan borojips için %5 ile %10 arasında bir optimum borojips oranı olabileceğini göstermektedir. Bundan dolayı bu aralığın daraltıldığı (%6,%7,%8,%9 borojips ikame oranları) bir çalışma yürütölerek -gerçekten böyle bir optimum miktarın olup olmadığı tespit edilebilir.
- 2- Bu çalışmada yürütölmeyen deneyleri de kapsayan (örneğin: donma-çözölme, alkali-silika reaksiyonu, yangın etkisi) bir çalışma yürütölülebilir.
- 3- Borojips, curuf, silika dumanı veya uçucu kül arasında üçlü veya daha çoklu karışımların harç veya beton özelliklerini hangi mertebede iyileştirebileceği araştırılabilir.

- 4- Rötre deneyi sonuçları borojipsin rötre azaltıcı katkı olarak kullanılabilceğini göstermektedir.
- 5- Eti Maden İşletmeleri Kütahya Emet Bor İşletme Müdürlüğü'nden elde edilen borolips, beton ve imento katkısı olarak kullanılmadan önce gerekli testler yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Atiş, C. D., 1997. **Design and Properties or High Volume Fly Ash Concrete for Pavements. PhD. Thesis**, The University of Leeds, U.K.
- Atiş, C. D., Bilim, C., Özcan, F., Akçaözoğlu, K., Sevim, U. K. 2002 **The Use of a Non Standard High Calcium Fly Ash in Concrete and its Response to Accelerated Curing**, *Materiales de Construccuion* Vol.52 No.267, September, pp.5-17
- Aşkın, S.. 1998 **Bor Endüstri Atıklarının Değerlendirilmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa
- Astm C191 1993, **Standard Test Method for Time Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle** Annual Book of ASTM Standards
- Astm C 33 1994. **Standard Specification for Concrete Aggregates** Annual Book of ASTM Standards.
- Astm C 311 1994. **Standard Test Method for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use a Mineral Admixtural Portland-Cement Concrete** Annual Book of ASTM Standards.
- Altun, F. 2005. **Bor**, Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü, 80s, Ankara
- Aydin, Ü. 2009. **Kolemanit Atığının Beton Dayanımına Olan Etkisinin İncelenmesi** Yüksek Lisans Tezi
- Baü **Fen Bil. Enst. Derg.** 2003 .5.1(İ. E. KALAFATOĞLU ve S. N. ÖRS) Ankara
- Bilim, C. 2006 Yüksek Fırın Curufu Katkısının Çimento Tabanlı Malzemelerde Kullanılabilirliği, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana
- Bilim, C. 2001 **Afşin-Elbistan Uçucu Külünün Beton İçinde Kullanılabilirliği ve Hizlandırılmış Kür Uygulaması**, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay

- Boncukcuoğlu,R., Yılmaz,T. M., Kocakerim,M. M., Tosunoğlu, V. **Utilization of borogypsum as set retarder in Portland cement production**, 2002
- Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı Dokuzuncu Kalkınma Planı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2006
- Erdoğan, T. Y. 1995. **Çimentolar** Türkiye Hazır Beton Birliği , 120s., İstanbul
- Erdoğan, T. Y. 1995. **Karışım ve Bakım Suları**. Türkiye Hazır Beton Birliği, 67s, İstanbul.
- Erdoğan, T. Y. 2003. **Beton** OTDÜ Geliştirme Vakfı ve Yayıncılık A.Ş. 741S, Ankara.
- Eti Holding A.Ş. Genel Müdürlüğü **Ferro Bor Ön Fizibilite Etüdü**, 2003, Ankara
- Fındık. A, 2007. **Kolemanit Konsratör Atığının Beton Harç Numunelerinin Bazı Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi**, Yüksek Lisans Tezi
- Keleş,G.,Kocakerim,M.M.,Boncukcuoğlu,R., **Borojips ve Kolemanit Konsantrasyon Atığının Çimentoda Kullanılması**, 1. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı 2005 Ankara
- Kula,İ.,Olgun,A.,Erdogan,Y.,Sevinc,V., **Effects of colemanite waste cool bottom ash, and fly ash on the properties of cement**, 2000
- Kavas,T.,Önce,G.,Olgun,A.,Erdoğan,Y., **Kolemanit Katkılı PÇ Üretiminde Priz Hızlandırıcı Olarak Organik Katkı Malzemesinin Kullanılabilirliği**, 1. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı 2005 Ankara
- Kula, İ. 2000. **Bor Endüstri Atıklarının Çimento Üretiminde Katkı Maddesi Olarak Değerlendirilmesi**, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi
- Özcan, F. 2005. **Silis Dumanı İçeren Harç ve Betonların Özellikleri ve Hızlandırılmış Kür İle Dayanım Tahmini**, Doktora Tezi
- Özmal. F., Erdoğan,Y.,Olgun,A.,Atar,N.,Kula,İ.,Kalfa,O.M. **Bor Endüstri Atıkları, Uçucu Kül ve Alünit İçeren Çimentoların Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin İncelenmesi**, 1. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı 2005 Ankara

- Özturan, T. 1991. **Beton Üretiminde Uçucu Kül Kullanımının İrdelenmesi**. Türkiye İnşaat Mühendisliği XI. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı, TBMMO İnşaat Mühendisleri Odası, s:149-158, İstanbul
- Özkul, H., Taşdemir, M. A., Tokyay, M., Uyan, M. 1999. **Meslek Liseleri İçin Her Yönüyle Beton**. Türkiye Hazır Beton Birliği, 119s, İstanbul
- Sevim, U.K. 2003 **Afşin-Elbistan Termik Santrali Uçucu Külünün Beton ve Çimento Katkısı Olarak Kullanılabilirliğinin Çimento Hamuru ve Harçların Üzerinde Yapılan Deneylerle Araştırılması**, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana
- Tümen, T. 2008. **Borojipsin Betonun Bazı Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Antakya
- TS 3453, 1981.**Beton Elemanlarda Büzülme Oranı (Rötre) Tayini Metodu**
- T.C. **Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı** Yayın No:Dpt : 2414 – Öik: 474, 1995, Tübitak **Bor Raporu** Ek-2h 2002
- Topçu,İ.B., Boğa,A.R. **Bor Atıklı Çimento Harçlarının Dayanıklılığı**, 1. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı 2005 Ankara
- TS 19, 1992. **Çimento-Portland Çimentoları**. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 24, 1985. **Çimentoların Fiziki ve Mekanik Deney Metodları**
- <http://www.boren.gov.tr/icerik.php?id=24>

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında büyük bir titizlik, sabır ve özveriyle bana destek olan, yol gösteren ve iyi bir bilimsel çalışma ortamı sağlayan danışman hocam sayın Yrd.Doç. Dr. Umur Korkut SEVİM'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim süresince çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen ve destek veren bütün bölüm hocalarıma teşekkür ederim.

Borojipsin teminine yardımcı olan Eti Maden İşletmeleri Kütahya Emet Bor İşletme Müdürlüğü'nden işletme müdür yardımcısı Dr. Mehmet SAVAŞ'a, borojipsin öğütülmesini sağlayan AÇS İskenderun Nardüzü Hazır Beton Tesisi çalışanlarına, laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Mustafa Kemal Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü öğrencisi Yasin ÖNER ve Taner UYANIK'a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım sırasında manevi desteğini esirgemeyen hayatımın her aşamasında bana destek olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sadettin ÖNTÜRK

İskenderun 2011

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Van'da doğdum. İlköğretim ve lise öğrenimimi aynı ilde tamamladım. 2003 yılında girdiğim Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi'nden 2007 yılında İnşaat Mühendisi unvanıyla mezun oldum. Aynı yıl Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Yapı Malzemesi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimime başladım. Bir buçuk yıl Hatay ve Bursa'da yapı denetim şirketlerinde çalıştım. 2009 Ocak ayından itibaren Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'nda İnşaat Mühendisi olarak görev yapmaktayım.