

**TC
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**POMZA AGREGALI TAŞIYICI HAFİF BETONUN TAŞIYICILIK
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Ayşe AKKAŞ

Danışman: Doç. Dr. Celalettin BAŞYİĞİT

**DOKTORA TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA-2011**

TEZ ONAYI

Ayşe AKKAŞ tarafından hazırlanan “**Pomza Agregalı Hafif Betonların Taşıyıcılık Özelliklerinin Araştırılması**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Celalettin BAŞYİĞİT
(SDÜ. Yapı Eğitimi Anabilim Dalı)

(İmza)

Jüri Üyeleri :
Doç. Dr. Fuat DEMİR
(SDÜ. İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı)

(İmza)

Doç. Dr. Serdal TERZİ
(SDÜ. Yapı Eğitimi Anabilim Dalı)

(İmza)

Doç. Dr. Hüseyin AKBULUT
(AFYON KOCATEPE Üniv. Yapı Eğitimi Anabilim Dalı)

(İmza)

Yrd. Doç. Dr. Zeki AY
(SDÜ. İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı)

(İmza)

Prof. Dr. Mehmet Cengiz KAYACAN
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

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ	1
1.1 Hafif Beton.....	3
1.2.Agrega	8
1.2.1. Yapay hafif agregalar	9
1.2.2. Doğal hafif agregalar.....	10
1.2.2.1. Pomza	10
1.2.2.2. Pomzanın kullanım alanları ve Türkiye'deki rezerv durumu.....	11
1.3. Hafif Beton Çeşitleri	13
1.3.1. Taşıyıcı Hafif Beton.....	13
2.KAYNAK ÖZETLERİ	15
2.1. Pomza Agregalı Hafif Betonlar	15
2.2. Taşıyıcı Hafif Betonlar	22
2.2.1. Yapay agregalı taşıyıcı hafif betonlar	22
2.2.2. Pomza agregalı taşıyıcı hafif betonlar	23
2.2.3.Mineral katkı kullanılan taşıyıcı hafif betonlar	27
2.2.4. Hafif betonların kalıcılık özellikleri.....	30
3. MATERYAL VE METOT.....	36
3.1. Materyal	36
3.1.1. Agrega	36
3.1.2. Çimento	37
3.1.3. Katkı Malzemesi	38
3.1.4. Su.....	39
3.2. Metot	39

3.2.1. Agregada Fiziksel Özelliklerin Tayini	39
3.2.2. Taze ve sertleşmiş beton deneyleri.....	43
3.2.3. Beton karışım hesapları.....	50
3.2.4. Beton üretimi	54
4. BETONARME KİRİŞLER İÇİN UYGULANAN YÖNTEM VE MALZEME ÖZELLİKLERİ	56
4.1. Malzeme Özellikleri.....	56
4.2. Kiriş Numunelerinin Yükleme Düzenegi ve Yüklemenin Yapılış Yöntemi.....	61
4.3. Kiriş Numunelerinin ölçüm mekanizması.....	62
4.4. Basit Eğilme Etkisindeki Kirişlerin Davranışı	64
4.5. Betonarme Kirişlerin Teorik Taşıma Gücü.....	66
5. ARAŞTIRMA BULGULARI	68
5.1. Agregada Deney Sonuçları	68
5.1.1. Elek Analizine İlişkin Sonuçlar.....	68
5.1.2. Agregada gevşek ve sıkışık birim ağırlık sonuçları.....	68
5.1.3. Agregaların özgül ağırlık ve su emme sonuçları.....	69
5.2. Beton Deneylerine İlişkin Sonuçlar	70
5.2.1. Birim hacim ağırlık ve su emme deneyi sonuçları.....	70
5.2.2. Basınç dayanımı sonuçları	72
5.2.3. Eğilme dayanımı sonuçları.....	74
5.2.4. Ultrases geçiş hızı deneyi sonuçları	75
5.2.5. Elastisite Modülü Tayini Sonuçları.....	76
5.3. Betonarme Kirişlerin Deney Sonuçları	77
5.3.1. Betonarme kirişlerin yükleme deneyinden elde edilen sonuçlar.....	77
5.3.2. Betonarme kirişlerin teorik ve deneysel taşıma kapasiteleri.....	81
5.3.3. Betonarme kirişlerin çatlak şekilleri	81
5.3.4. Betonarme kirişlerin moment eğrilik ilişkisi.....	82
5.3.5. Betonarme kirişlerin enerji tüketimi ve enerji yutma (kapasite) ilişkisi	84
5.3.6. Betonarme kirişlerin Sap 2000 programı ile statik analizi	85
6. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	87
6.1. Beton Özelliklerinin Etüv Kuru Yoğunluk ile İlişkisi ve Tartışma	87
6.1.1. Basınç Dayanım – Etüv kuru yoğunluk ilişkisi	87

6.1.2. Elastisite modülü - Etüv kurusu yoğunluk ilişkisi	88
6.1.3. Eğilme Dayanımı - Etüv kurusu yoğunluk ilişkisi	89
6.1.4. Ultrases geçiş hızı- Etüv kurusu yoğunluk ilişkisi	90
6.2. Beton Özelliklerinin Basınç Dayanım Değeri ile İlişkisi ve Tartışma	91
6.2.1. Su emme oranı - Basınç dayanım değeri ilişkisi	91
6.2.2. Elastisite modülü - Basınç dayanım değeri ilişkisi	91
6.2.3. Eğilme dayanımı - Basınç dayanım değeri ilişkisi	93
6.2.4. Ultrases geçiş hızı - Basınç dayanım değeri ilişkisi	95
6.2.5. Normal agreg / bağlayıcı oranı - Basınç dayanım değeri ilişkisi	95
6.3. Betonarme Kirişlere İlişkin Sonuçlar	96
6.4. Çalışmanın Genel Sonuçları ve Öneriler	97
7. KAYNAKLAR	100
8. ÖZGEÇMİŞ	114

ÖZET

Doktora Tezi

POMZA AGREGALI HAFİF BETONLARIN TAŞIYICILIK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ayşe AKKAŞ

Süleyman Demirel Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Celalettin BAŞYİĞİT

Bu çalışmada yöresel bir malzeme olan ve volkanik faaliyetler sonucu magmanın soğuması sonucu oluşan ve oluşumları süresince birbirleri ile bağlantısız yarı açık boşlukları bulunan pomza agregası kullanılarak birim ağırlığı normal betona göre düşük taşıyıcı hafif beton üretilmiştir. Ülkemizde en yaygın hafif agrega malzemesi pomzadır. Pomzanın yapı malzemesi olarak kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Bu amaçla; çalışmada, Isparta yöresinden elde edilen pomza agregası ve yine Isparta yöresinden sağlanan normal agrega kullanılarak hafif beton üretilmiştir. Agregası ve katkı değişiminin betonun fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemek için karışımındaki agrega yüzdesine bağlı olarak pomza ve agrega belli oranlarda değiştirilmiş ve Taşıyıcı Hafif Beton (THB) serileri ile tüm agregası pomza olan Hafif Beton (HB) serisi üretilmiştir.

Çalışma kapsamında üretilen betonların fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenerek karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca taşıyıcılık özelliklerinin belirlenmesi için (15*25*230 cm) ebatlarında betonarme kirişler üretilerek yük etkisi altında deformasyonları incelenmiştir. Çalışma sonucunda agrega ikamesi yapılarak üretilen pomza agregalı taşıyıcı betonların taşıyıcı elemanlarda kullanılabilir olduğu ve taşıyıcılık özelliği ile standartlarda verilen ölçütlere uygun olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taşıyıcı Hafif Beton, Pomza, Betonarme

2012, 99 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

INVESTIGATION STRUCTURAL PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT CONCRETES THAT PRODUCED WITH PUMICE AGGREGATE

Ayşe AKKAŞ

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Assoc.Prof.Dr. Celalettin BAŞYİĞİT

In this study there was produced structural lightweight concrete by using pumice aggregate that occur volcanically process so it has lots of pores which were no connected each other. Pumice aggregate was obtained from Isparta region. In our country lots of mine reserves of pumice Stones and it has expanded application field of pumice aggregates in construction material.

For this purpose two types concretes were casted as structural Light Weight Concrete (SLWC) and Light weight Concrete (LWC) in SLWC concretes sand and fine pumice was replacement with each other but in LWC concretes there wasn't any replacement.

In research scope, typically as physical and mechanical experiments were determined both SLWC and LWC concretes. And additional for determine of structural properties, there was reinforcement beams (15*20*230) centimeters dimensions were produced with concretes. As a result of the research was determined pumice aggregates was utilizable for produced structural light weight concretes.

Key Words: Structural Light Weight Concrete, Pumice, Reinforcement

2012, 99 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Sayın Doç. Dr. Celalettin BAŞYİĞİT'e teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmaların gerçekleştirilmesi için gerekli SDÜ Teknik Eğitim Fakültesi Yapı eğitimi laboratuvar olanaklarının sağlanmasında desteğini esirgemeyen SDÜ Yapı eğitimi Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Mümin FİLİZ'e, Düzce Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölüm Başkanı Sayın Doç. Dr. Ercan YAZGAN'a ve Düzce Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Doç.Dr. Serkan SUBAŞI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarda gösterdikleri anlayış, sabır ve bilgi paylaşımı için Düzce Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü akademik personeli Sayın Uzman Bekir ÇOMAK'a, Öğr. Gör. Mehmet EMİROĞLU'na, Arş Gör. Sercan SERİN'e, Arş Gör. Şebnem SARGIN'a ve Uzman Şükrü ÖZKAN'a teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Tezim süresinde her türlü bilgi birikimini benimle paylaşan Sayın Hocalarım Doç. Dr. Şemsettin KILINÇARSLAN'a, ve Yrd. Doç. Dr. Cengiz ÖZEL'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarında desteklerini hep hissettiğim sayın hocalarım Doç. Dr. Özlem TERZİ'ye ve Yrd. Doç. Dr. Melda ALKAN ÇAKIROĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması süresince bana göstermiş oldukları anlayış ve destek açısından Sevgili Arkadaşlarım Arş. Gör. Pınar USTA'ya ve Arş. Gör. Serap ERGÜN'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında beni yalnız bırakmayan Aileme ve hayatıma girdikleri andan itibaren beni motive eden yeğenlerim Ceylin Özgü ve Mehmet Devrim KAÇAR'a ve Remzi UYMAZSOY'a sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ayşe AKKAŞ

ISPARTA,2012

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Roma dönemine ait Pantheon Tapınağı.	4
Şekil 1. 2. Hafif beton ile üretilen bir bina Park Plaza Otel, St. Louis.	5
Şekil 1. 3.(a). Park Regis, 1967, Sydney, Avustralya.	5
Şekil 1. 4.(b). Lake Point Tower, 1968, Chicago, Amerika Birleşik Devletleri.	5
Şekil 1. 5. (c). Guy's Hospital, 1971, Londra, İngiltere.	5
Şekil 1. 6. TWA Terminal, 1960, John F. Kennedy International Airport, Amerika Birleşik Devletleri.	7
Şekil 1. 7. Sinigo ve Avelengo şehirleri arasında inşa edilen köprü, İtalya.	7
Şekil 1. 8. Genleştirilmiş Kıl.	9
Şekil 1. 9. Pomza taşının görünümü.	11
Şekil 1. 10. Pomza taşının ülkemizde rezerv durumu.	12
Şekil 3. 1. Çalışmada kullanılacak olan agregaların haritada gösterimi.	36
Şekil 3. 2. Elek analizinde kullanılan elek takımı, elek sarsma makinesi ve terazi ...	40
Şekil 3. 3. Elek analizinde kullanılan etüv.	40
Şekil 3. 4. Özgül ağırlık deneyinde kullanılan gereçler.	42
Şekil 3. 5. Sarsma tablası.	45
Şekil 3. 6. Numune bakımının yapıldığı kür tankı.	45
Şekil 3. 7. 300 ton kapasiteli tek eksenli basınç aleti.	46
Şekil 3. 8. Ultrases deney aleti.	46
Şekil 3. 9. Orta noktasından yüklenmiş basit kiriş.	47
Şekil 3. 10. Eğilme deneyi test cihazı.	48
Şekil 3. 11. Elastisite modülü ölçüm sistemi.	50
Şekil 3. 12. HB serisi betonun malzeme dağılımı.	51
Şekil 3. 13. THB1 serisi betonun malzeme dağılımı.	52
Şekil 3. 14. THB2 serisi betonun malzeme dağılımı.	53
Şekil 3. 15. Düz eksenle cebri karıştırmalı beton mikseri.	54
Şekil 3. 16. Kür Havuzunda Bekletilen numuneler.	55
Şekil 4. 1. Betonarme kirişlerin donatı detayı ve geometrik özellikleri.	56
Şekil 4. 2. Betonarme kirişlerin donatı kafesi.	57
Şekil 4. 3. Kalıp içerine yerleştirilen donatı kafesi (a), (b), (c).	58
Şekil 4. 4. Betonarme kirişlere beton dökümü (a), (b).	59

Şekil 4. 5. Betonarme kirişlerde betonun sıkıştırılması	59
Şekil 4. 6. Betonarme kirişlerin kür şartları (a), (b), (c).....	60
Şekil 4. 7. Betonarme kirişlerde uygulanan deneyi düzeneği şeması	61
Şekil 4. 8. Betonarme kirişlerde uygulanan yükleme deneyi çerçevesi	61
Şekil 4. 9. Basit mesnetli olarak yerleştirilen kiriş numunesi	62
Şekil 4. 10. Yer değiştirmelerin ölçüldüğü Potansiyometrik pozisyon algılayıcı.....	62
Şekil 4. 11. Ölçüm verilerini bilgisayara aktaran veri toplayıcısı.....	63
Şekil 4. 12. Potansiyometrik pozisyon algılayıcı yerleştirilen kiriş numunesi	63
Şekil 4. 13. Veri toplama cihazından gelen verilerin bilgisayara aktarılması.....	64
Şekil 4. 14. Bir betonarme eğilme elemanı kesitinin kırılma biçimleri	65
Şekil 4. 15. Denge altı donatı oranına göre betonarme kesiti	66
Şekil 5. 1. Betonların birim hacim ağırlık değişimleri.....	71
Şekil 5. 2. Betonların birim hacim ağırlık değişim eğrileri.....	71
Şekil 5. 3. Betonların su emme değişimleri	72
Şekil 5. 4. Beton basınç dayanımı deneyi	72
Şekil 5. 5. Beton basınç dayanımı değişimleri	73
Şekil 5. 6. Beton basınç dayanımı değişim eğrileri.....	73
Şekil 5. 7. Beton eğilme dayanımı deneyi.....	74
Şekil 5. 8. Betonların eğilme dayanım değerleri.....	74
Şekil 5. 9. Betonların eğilme dayanım değişimleri	75
Şekil 5. 10. Betonların ultra ses geçiş hızı değişimleri	75
Şekil 5. 11. Betonların ultrases geçiş hızı değerleri	76
Şekil 5. 12. Betonların elastisite modülü değişimleri.....	76
Şekil 5. 13. HB serisi betonarme kirişlerin ilk çatlak yükleri	77
Şekil 5. 14. HB serisi Betonarme yük-şekil değiştirme değişimi.....	78
Şekil 5. 15. HB serisi betonarme kirişlerin yük-şekil değiştirme değişimi.....	78
Şekil 5. 16. THB serisi betonarme kirişlerin ilk çatlak yükleri.....	79
Şekil 5. 17. THB serisi betonarme kirişlerin yük-şekil değiştirme değişimi	80
Şekil 5. 18. THB serisi betonarme kirişlerin yük-şekil değiştirme değişimi	80
Şekil 5. 19. HB kirişinin çatlak şekilleri	82
Şekil 5. 20. THB kirişinin çatlak şekilleri.....	82
Şekil 5. 21. HB kirişinin Moment- Eğrilik ilişkisi.....	83

Şekil 5. 22. THB kirişinin Moment- Eğrilik ilişkisi.....	83
Şekil 5. 23. HB kirişinin Enerji Zaman ilişkisi	84
Şekil 5. 24. THB kirişinin Enerji Zaman ilişkisi.....	85
Şekil 5. 25. HB kirişinin SAP2000 program modeli.....	86
Şekil 5. 26. THB kirişinin SAP2000 program modeli	86
Şekil 6. 1. Etüv kuru yoğunluk ile basınç dayanımı arasındaki ilişki.....	87
Şekil 6. 2. Etüv kuru yoğunluk ile elastisite modülü arasındaki ilişki	89
Şekil 6. 3. Etüv kuru yoğunluk ile eğilme dayanımı arasındaki ilişki	90
Şekil 6. 4. Etüv kuru yoğunluk ile Ultrases geçiş hızı arasındaki ilişki.....	90
Şekil 6. 8. Basınç dayanımı ile Eğilme dayanımı arasındaki ilişki.....	94
Şekil 6. 9. Basınç dayanımı ile Ultrases geçiş hızı arasındaki ilişki	95
Şekil 6. 10. Basınç dayanımı ile Normal agrega / bağlayıcı oranı arasındaki ilişki...	96

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. 2. Hafif betonların sınıflandırılması.....	13
Çizelge 3. 1. Portland çimentosu CEM I 42,5 R nin kimyasal özellikleri	37
Çizelge 3. 2. Portland çimentosu CEM I 42,5 R nin fiziksel ve mekanik özellikleri	37
Çizelge 3. 3. Silis dumanının özellikleri	39
Çizelge 3. 4. HB Serisi karışım malzeme miktarları.....	51
Çizelge 3. 5. THB1 Serisi karışım malzeme miktarları	52
Çizelge 3. 6. THB2 Serisi karışım malzeme miktarları	53
Çizelge 3. 7. Üretilen beton serilerinin karışım tasarımı.....	54
Çizelge 4. 1. Kullanılan betonarme donatısına ait özellikler	56
Çizelge 4. 2. Betonarme kirişlerin teorik hesaplarında kullanılan parametreler	67
Çizelge 5. 1. Karışık agrega granülometrisi ve standart sınırları	68
Çizelge 5. 2. Agrega birim ağırlık deneyi sonuçları	69
Çizelge 5. 3. İri agregaya ait özgül ağırlık ve su emme sonuçları	70
Çizelge 5. 4. İnce agregaya ait özgül ağırlık ve su emme sonuçları	70
Çizelge 5. 5. Betonların fiziksel özellikleri.....	71
Çizelge 5. 6. Sertleşmiş betonların basınç dayanımları	73
Çizelge 5. 7. Betonların eğilme dayanım değerleri.....	74
Çizelge 5. 8. Sertleşmiş betonların Ultrases geçiş hızı	75
Çizelge 5. 9. Betonarme kirişlerin teorik ve deneysel hesapları	81
Çizelge 5. 10. Betonarme kirişlerin enerji tüketimi ve enerji yutma değerleri	84

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

F _c	Basınç dayanımı
F	Kırılma yükü
A _c	Numunenin kesit alanı
L	Mesnet silindirleri arasındaki açıklık
d ₁ , d ₂	Numunenin en kesit boyları
V	Ultrases hızı
L	Numune boyu
t	Zaman
Ç	Karışımındaki çimento miktarı
δ _ç	Çimentonun yoğunluğu
ASTM C	Amerikan Beton Test Metotları Standardı
TS	Türk standartları
HB	Hafif beton
THB	Taşıyıcı hafif beton
N	Normal agreg
P	Pomza
PÇ	Portland çimentosu
SD	Silis dumanı
SAK	Süper akışkamlılaştırıcı katkı
E	Elastisite modülü
W ₂	Agrega doymun kuru yüzey ağırlığı
W ₁	Agrega kuru ağırlığı
W ₃	Agrega doymun ağırlığı
δ _g	Agrega görünen özgül ağırlığı
δ _d	Agrega doymun kuru yüzey özgül ağırlığı
δ _k	Agrega kuru özgül ağırlığı
m _e	Agrega su emme oranı
S _{gf}	Pomza agregasının kullanıldığı nemlilikteki özgül ağırlık faktörü
W ₂	Pomza agregasının kullanıldığı durumdaki ağırlığı

W_3	1000 Ml çizgisine kadar su dolu numune ve piknometre ağırlığı
W_4	1000 Ml çizgisine kadar su dolu piknometre ağırlığı
μ_{sn}	Mikro saniye
E	Sekant elastisite modülü
σ	Gerilme
ε	Birim deformasyon
A	Kesit Alanı
f_y	Akma Yüğü
f_{yk}	Akma Gerilmesi
f_{ck}	Karakteristik beton basınç dayanımı
f_u	Kopma Yüğü
f_{su}	Kopma Gerilmesi
M_{cr}	Çatlama momenti
k_1c	Kiriş ağırlık merkezine uzaklık
f_{ctf}	Betonun eğilmedeki çekme dayanımı,
W	Mukavemet momenti
$P_{çatlak}$	İlk çatlama yüğü

1.GİRİŞ

Heterojen bir yapıda olan beton,

- Sertleşmiş çimento hamuru
- Agregası
- Çimento hamuru ile agrega temas ara yüzeyi.

Olmak üzere üç fazlı bir sistem olarak tanımlanabilir. Bileşimdeki su ve çimento süreklilik arz ettiği için sürekli ortamını oluştururken, agrega ise süresiz ortamını oluşturmaktadır. Bu yüzden agrega taneleri ve çimento hamuru arasındaki temas yüzeyi betonun en zayıf noktasıdır. Beton, yapı sektöründe gerek modern tasarımları ve uygulama kolaylığı, gerekse sağlam ve uzun ömürlü olması bakımından ihtiyaçlara cevap veren önemli bir malzemedir.

Mukavemet, ses ve ısı yalıtımı gibi ihtiyaçlara cevap aranan durumlarda makro ve mikro özellikler iyi tayin edilmelidir. Malzemelerin gözle görünür yapısı, doluluk oranı, boşluk yapısı gibi özellikleri makro strüktür özellikleridir. Mikro silika vb. gibi ultra ince endüstriyel yan ürünlerin kullanımı ile beton bünyesinde bulunan boşlukların azaltılması ile betonun viskozitesinin düzenlenmesi yoluna gidilebilir. Bu şekilde dayanım özellikleri geliştirilerek kalıcılık özellikleri artırılabilir (Eriç, 1994).

Günümüzde oldukça yaygın kullanım alanı bulan ve oldukça fazla gelişime açık olan beton iyi bir şekilde planlanıp uygulandığında kalıcı, dayanımı yüksek üretim yöntemi basit ve en önemlisi de ekonomik bir yapı malzemesidir. Normal beton kullanışlı bir yapı malzemesi olmasına rağmen birim ağırlığının yüksek olması sebebiyle yapı zati (ölü) yük değerini artırmaktadır. Yapı zati yükünün fazla olması özellikle depremin yatay kuvvetlerinin şiddetinde bir artışa sebep olmaktadır. Bu durum özellikle jeolojik ve tektonik yapısı bakımından aktif deprem bölgesi olan ülkemizde deprem hasarlarının yıkıcı boyutlara gelmesine, can ve mal kaybının elim seviyelerde olmasına sebep olmaktadır. Özellikle yapı taşıyıcı sisteminde hafif agregalı taşıyıcı hafif beton kullanımı deprem anında oluşan yatay deprem kuvvetlerini yapı zati ağırlığındaki azalışa paralel olarak azaltacağından deprem hasarları da azalacaktır.

Taşıyıcı hafif agregalı betonlar dünyada pek çok inşaat mühendislik uygulamasında geniş rol almaktadır. Bunun başlıca nedeni yukarıda bahsedildiği gibi yapı ölü yükünün azaltılmasının sismik etkileri karşılaması kadar yapı zati ağırlığındaki bu azalış yapı elemanlarının kesitlerinin de azalmasına ve gerek ekonomik gerekse zaman ve enerji tasarrufu sağlamasıdır. Bunun yanında hafifliği sağlayan agregada içerisindeki boşluk oranının var olması normal betona kıyasla daha iyi ısı, ses yalıtımları aynı zamanda yangın dayanımı sağlamaktadır.

Yüksek yalıtım kapasitesi ve düşük birim hacim ağırlık hafif agregalı betonların en belirgin özellikleridir. Bu özelliği ile normal (normal birim hacim ağırlıklı) betonlardan fark edilir şekilde ayrılır. Ancak bu iki üstün özelliğin yanında üretim, uygulama şekli, tasarım gibi pek çok özelliği normal betonla aynıdır. Hafif agregalı beton üretimi çok eski çağlara dayanmaktadır.

Birim hacim ağırlığı 1350 ve 1900 kg/m³ arasında değişen, basınç dayanımı 17 MPa (170 kgf/cm²) ve üzerinde olan betonlar taşıyıcı hafif beton olarak tanımlanmaktadır (ACI 213 R-87, 1998). Taşıyıcı amaçla kullanılan hafif agregalı betonlar; 20 yüzyılda, yapay hafif agregaların üretilmesiyle geliştirilmiştir. İlk olarak yüksek dayanımlı taşıyıcı hafif betonlar; yapay hafif agregalar ile üretilmiştir. Akışkanlaştırıcı katkıların gelişmesi ile birlikte, normal veya yüksek dayanımlı taşıyıcı hafif betonlar, doğal hafif agregalar kullanılarak ta üretilmeye başlanmıştır (Gönül, 2009).

Pomza volkanik faaliyet sonucu lavların yeryüzüne ulaşarak ani soğuması ve gazların bünyeyi hızla terk etmesi sonucu oldukça gözenekli ve camsı yapıda olan volkanik bir kayadır. Birbirleri ile bağlantılı olmayan bol miktarda gaz boşluklarına sahip olan pomza çok hafif, ucuz, işlenmesi kolay, dış ortam değişimlerine karşı dirençli, yüksek ısı ve ses tutma özelliği olan ve dünyada oldukça geniş kullanım alanı bulan bir yapı malzemesidir (Elitok, 2005).

Volkanik dağların eteklerinde oldukça bol bulunan pomza kayacı özellikle İtalya, Yunanistan, Amerika da Rocky dağlarında, ülkemizin büyük kesiminde ve Endonezya da fazla Rezerve sahiptir. Pomza gibi doğal hafif agregalar ile hafif beton

üretimi yetersiz ve bu yöndeki araştırmalarda sınırlıdır. Ancak sınırlı sayıda yapılan araştırmalar basınç dayanımı 25 MPa ve üzerinde taşıyıcı hafif betonun üretilebileceğini göstermiştir.

Beton dayanımı genellikle belli yaşındaki basınç dayanımı değeri ile anılır ancak bunun yanında tasarımcının ya da mühendisin güvenli ve verimli yapı üretimi için pratikte kullanım şekli ile ilgili mekanik özelliklerini de bilmesi gerekmektedir. Özellikle kısa dönem deformasyonlarında elastisite modülü ve poission oranı bilinmesi gereken parametrelerdir. Eğilme dayanımı beton için ihmal edilebilir bir değer olsa da özellikle ön gerilmeli beton tasarımında eğilmeye çalışan elemanların kırılma momentinin hesabında oldukça önemli bir ölçüttür. Yapılan araştırmalarda basınç dayanımı eğilme dayanımı gibi mekanik özellikleri araştırılan pomza agregalı taşıyıcı hafif betonun, elastik servis yükleri altındaki mekanik davranışı hakkında araştırma oldukça sınırlıdır.

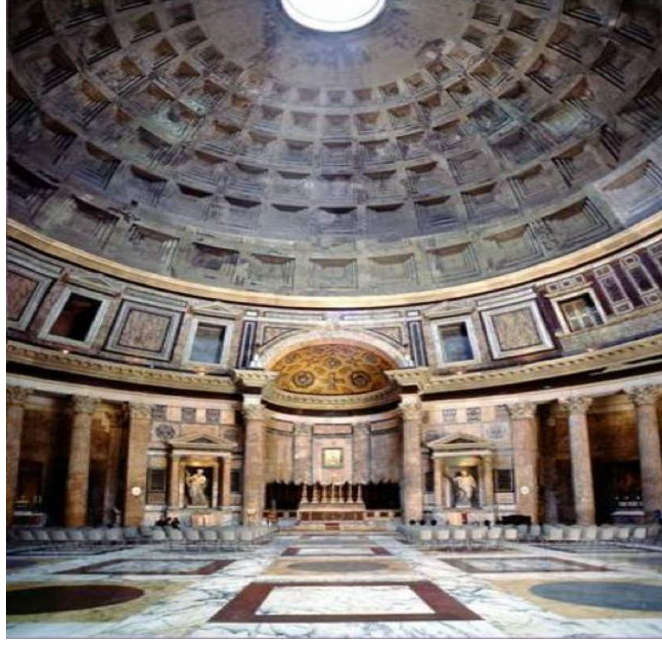
Bu çalışmanın amacı; Pomza agregalı taşıyıcı hafif beton üreterek mekanik özelliklerinin incelenmesi ve taşıyıcılık özelliklerinin belirlenmesidir. Araştırmaya dair çalışma izlenen yöntem aşağıda belirtilmiştir.

- Önceki yapılan çalışmalarda kullanılan ve taşıyıcılık özelliğini ön plana çıkaran karışım oranları incelenerek uygun karışım oranı belirlenmiştir ve pomza agregalı taşıyıcı hafif beton laboratuarda üretilmiştir.
- Belirlenen uygun karışım oranına göre üretilen pomza agregalı taşıyıcı hafif betonun birim hacim ağırlık, basınç dayanımı, elastisite modülü, poission oranı gibi mekanik özellikleri incelenmiştir.
- Son olarak pomza agregalı taşıyıcı hafif beton ile üretilecek olan betonarme kirişin eğilme davranışı incelenmiştir.

1.1 Hafif Beton

Hafif betonun kullanımı milattan 3000 yıl öncesine dayanmaktadır. Avrupa da ise 2000 yıl öncesinde Romalılar tapınak ve heykellerini hafif beton kullanarak inşa etmişler. Üçüncü yüzyılda İraki Babül sarayları, dördüncü yüzyılda Sümerler

tarafından yapılan su andaki Ayasofya cami ve 624 ile 987 yılları arasında Meksika da yapılan piramitlerin inşasında hafif beton kullanılmıştır (Ulus 2007; Aitcin1999).



Şekil 1. 1. Roma dönemine ait Pantheon Tapınağı (Anonymous, 1971).

Hafif betonla inşa edilmiş ilk gökdelen 1929 yılında St. Louis'teki 28 katlı Park Plaza Otelidir (Şekil 1.2.). Bu otel aynı zamanda yeni bir yapı malzemesi olan hafif betonun yüksek yapılarda kullanılabilirliğini, güvenilir ve ekonomik oluşunu gösteren bir örnektir.



Şekil 1. 2. Hafif beton ile üretilen bir bina Park Plaza Otel, St. Louis (Anonymous, 1971).

Hafif betonun çok katlı yapılarda güvenle kullanılabileceğinin görülmesinden sonra özellikle II. Dünya savaşından sonra hafif beton ile üretilen yapı sayısında hızlı bir artış görülmüştür (Şekil 1.3.a,b,c)



(a)



(b)

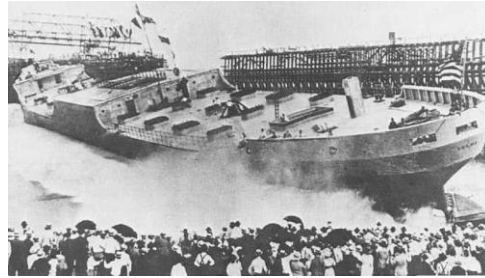


(c)

Şekil 1. 3.(a). Park Regis, 1967, Sydney, Avustralya (Anonymous, 1971).
Şekil 1. 4.(b). Lake Point Tower, 1968, Chicago, Amerika Birleşik Devletleri (Clarke, 1993).

Şekil 1. 5. (c). Guy's Hospital, 1971, Londra, İngiltere (Clarke, 1993).

Hafif beton ile sağlanan yenilikler artmaya başlayınca sadece çok katlı yapı üretimiyle sınırlı kalmayıp, deniz yapılarında, havaalanı yapılarında olmak üzere çok çeşitli kullanım alanları oluşmuştur(Anonymous,1971). Bunlardan bazıları Amerika Birleşik Devletleri'nde Hafif beton ile üretilen Selma adlı gemi ve yine deniz yapısı olan köprü inşasında hafif beton kullanılmış ve istenen dayanım, dayanıklılık, hafiflik ve servis özellikleri beklenilenden yüksek bulunmuştur (Şekil 1.4.) ve (Şekil 1.5.).



Şekil 1. 4. Hafif beton ile üretilen bir gemiden görünüm



Şekil 1. 5. San Francisco-Oakland Gölü Köprüsü, Amerika Birleşik Devletleri (Clarke, 1993).

Bunun yanında yoğun trafik yükünün bulunduğu yapılarda da hafif beton kullanılmıştır (Şekil 1.6.), (Şekil 1.7.).



Şekil 1. 6. TWA Terminal, 1960, John F. Kennedy International Airport, Amerika Birleşik Devletleri (Clarke, 1993).



Şekil 1. 7. Sinigo ve Avelengo şehirleri arasında inşa edilen köprü, İtalya (El Zareef, 2010).

Fırın kurusu birim ağırlığı 2000 kg/m³ den düşük olarak üretilen betonlara hafif beton denir. Hafif beton ile inşa edilen yapılar bina zati yükünün azalmasıyla depremden daha az etkilenmektedir (Dönmez,1989).

Hafif betonlar;

- Karışımda normal agregalar (kum, çakıl, kırma taş) yerine hafif agregalar kullanarak üretilen, hafif betonlar,
- Beton veya harç kütleleri içinde kimyasal yöntemler ile boşlukların oluşturulmasıyla elde edilen köpük veya gaz beton gibi hafif betonlar,
- Karışımda ince agregası bulunmayan normal iri agregalar kullanılarak üretilen hafif betonlar,

Olmak üzere başlıca üç şekilde üretilir.

1.2.Agrega

Agrega, beton yapımında kullanılan, organik olmayan, kum, çakıl, kırma taş gibi doğal kaynaklı veya yüksek fırın cürufu, genleştirilmiş perlit, genleştirilmiş kil gibi yapay kaynaklı olan taneli malzemelerdir. Agreganın beton yapımında ekonomik ve teknik yönden çok önemli bir konumu bulunmaktadır. Agreganın maliyeti çimentoya göre oldukça düşük olduğundan, agrega betonda kullanılan ve oldukça ucuz olan bir dolgu malzemesi olarak kabul edilmektedir. Agreganın yaygın olarak kullanılan bir yapı malzemesi olması nedeniyle yapı maliyetlerini büyük ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle uygun niteliklerdeki agregayı, yeterli miktarda ve en yakın ocaktan, en ekonomik şekilde elde edebilmek mühendislik açısından önemli bir konudur (Baradan, 2004). Betonda agrega kullanılması, sertleşen betonun hacim değişikliğini önlemekte veya azaltmakta, çevre etkilerine karşı betonun dayanıklılığını arttırmakta ve kendi dayanım gücünün yüksekliği nedeniyle betonda gerekli dayanımın sağlanmasına yardımcı olmaktadır (Ulus 2007; Özısık 1998).

Agrega esas olarak bir dolgu malzemesidir ve en önemli fonksiyonu betondaki hacim değişikliğini azaltmaktır (Ersoy ve Özcebe, 2001). Agregalar Beton bileşiminin yaklaşık %70-80'ini oluşturur ve bu denli yüksek oranda kullanılması betonun mekanik ve diğer özellikleri üzerinde önemli etkiye sahip olmasına yol açar. Agregalar iri agrega (Kaba) ve ince agrega (kum) olmak üzere iki gruba ayrılır. 4 mm.lik (No: 4) kare delikli elek üzerinde kalan malzemeye iri agrega bu elekten geçen malzemeye de ince agrega denir. Beton karışımları hazırlanırken sıkı bir yapı elde etmek için agrega boyutlarının uygun bir şekilde dağılması gerekir bu yalnızca karışımda kullanılacak bağlayıcı miktarını azaltmaz ayrıca geçirimsizliği az ve daha dayanıklı bir beton üretimini sağlar (Onaran, 1993).

Birim ağırlıklarına göre agregalar hafif, normal ve ağır agrega olarak üç gruba ayrılır. Hafif agrega su, çimento ve gerektiğinde katkı maddeleri ile karıştırılarak hafif beton imalinde kullanılan gevşek birim ağırlığının en büyük değeri 1200 kg/m³ü aşmayan kırılmış veya kırılmamış gözenekli inorganik agregadır (TS 1114,

1986). Agregalar betonun yaklaşık %70-80'ini oluşturduğu için hafif beton üretiminin bilinen en yaygın metodu boşluklu hafif agrega kullanmaktır.

Beton bileşiminde agregaların bu denli yüksek oranda kullanılmasından dolayı betonun mekanik ve diğer özellikleri üzerinde önemli etkiye sahip olduğu bir gerçektir (Mindes and Young, 1981).

Hafif agregaların tane dağılımı ve tane şekil indisleri normal betonlarda olduğu gibi hafif betonun da beton özelliklerini oldukça etkiler bu özelliklerin yanında karışım içerisindeki gronölometrik dağılımı, su emme özelliği betonun çimento dozajını ve karışım suyu miktarını belirleyen karakteristiklerdir. Hafif beton üretiminde kullanılan agregalar doğal ve yapay olmak üzere iki sınıfa ayrılır.

1.2.1. Yapay hafif agregalar

Yüksek fırın cürufu, kil, uçucu kül, kuvarsit, perlit, obsidiyon, vormikülit, şist, arduvaz vb. inorganik elemanlardan, genellikle ısıtma, bazı hallerde sinterleştirme, gaz veya köpük oluşturma yolu ile gözenekleştirilerek elde edilen kırılmış veya kırılmamış agregadır. Başlıca yapay hafif agregalar;

- Dönel fırınlarda üretilen genleştirilmiş kil (Şekil 1.8.), şist ve arduaz
- Sinterlenmiş arduaz ve şist
- Genleştirilmiş cüruf



Şekil 1. 8. Genleştirilmiş kil

1.2.2. Doğal hafif agregalar

Kırma ve eleme işleminden başka işlemden geçirilmeyen, tuf (sedimente, volkanik), bims (pomza, süngertaşı), lav cürufu (skorya v.b.), su yosunları sınıfından tek hücreli mikroskobik alglerin fosilleşmiş silisli kavkılarında meydana gelmiş bir çökelti olan diatomit gibi doğal oluşumlu agregalardır (Bilgiç, 2005).

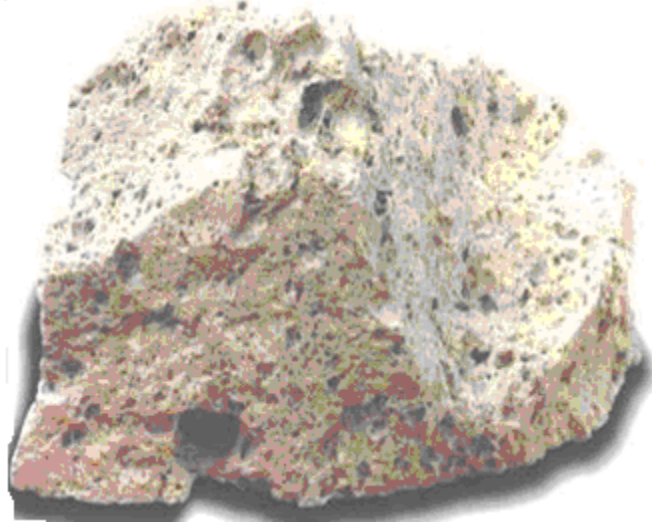
1.2.2.1. Pomza

Pomza, birbirine bağlantısız boşluklu, sünger görünümlü silikat esaslı, birim hacim ağırlığı genellikle 1 gr/cm³den küçük, sertliği mohs sertlik skalasına göre yaklaşık 6 olan ve camsı doku gösteren volkanik bir maddedir. Pomzanın doğal olarak kullanılması yanında kırma ve eleme suretiyle beton yapımına elverişli hale getirilmiş şekline de, pomza agregası adı verilmektedir.

Pomzada gözenekler, çoğunlukla birbiriyle bağlantılı değildir. İçerdiği gözenekler gözle görülebilecek boyutlardan, mikroskobik boyutlara kadar sayısız miktarda olup, her biri diğerinden camsı bir zarla yalıtılmıştır. Bu yüzden hafif, suda uzun süre yüzebilen, izolasyonu yüksek bir kayadır (Gündüz, 1998).

İnşaat sektöründe, yapılarda hafif beton karışımlarının kullanımı çok eskilere dayanmaktadır. Pomza ve skoria gibi hafif agregalar, İsa'dan önce, özellikle Yunan ve Roma mimarisinden günümüze değin kullanılmış, doğal yapı malzemeleridir. Bazı Roma marina yapılarında (örneğin İtalya'nın batısında olan ve hala hizmet veren "Port of Cosa" gibi); pomza ve skoria kullanılarak üretilen yapılar aracılığıyla tarih; bize doğal hafif agrega kullanarak nasıl dayanıklı yapı üretilceğini göstermiştir. Ayrıca bu malzemelerin, dayanımı düşük malzemeler olduğu tezini de çürütmektedir (Gönül, 2008).

Pomza ismi İtalyancadan gelmektedir. Ülkemizde ise sünger taşı, hışır taşı, nasır taşı kürek gibi isimler almaktadır (Şekil 1.9).



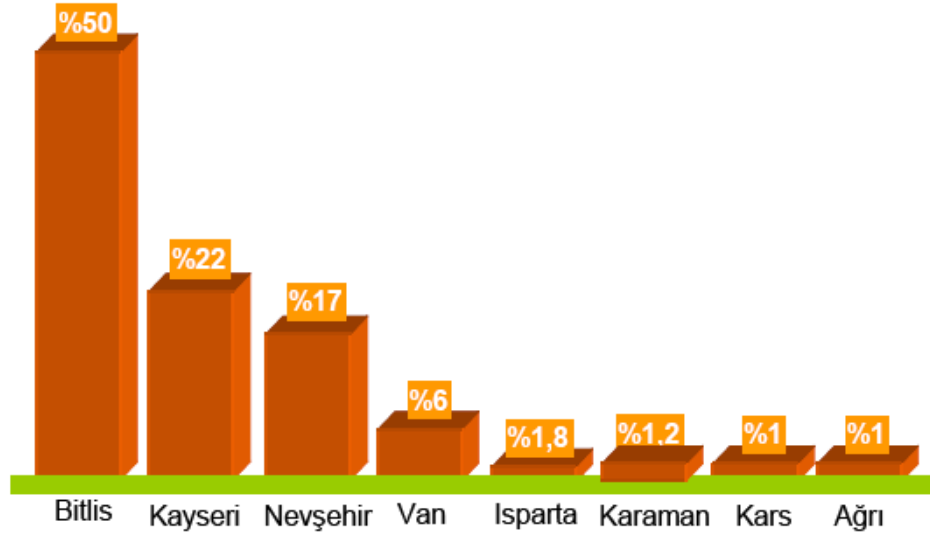
Şekil 1. 9. Pomza taşının görünümü

Pomza oluşum sekline göre Asidik ve Bazik olarak iki ana gruba ayrılmakla beraber en yaygın olanı asidik pomzadır. Asidik pomza; beyaz ve kirli beyaz renkli, Mohs skalasına göre sertliği 5–6 olup, yoğunluğu 0,5-1 gr/cm³'tür. Bazik pomza ise kahverengi veya siyah olup daha ağırdır. Sertliği 5-6, yoğunluğu ise 1-2 gr/cm³'tür (Yazıcıoğlu, 2003).

Asidik karakterli pomzanın en belirgin özelliği kimyasal yapısında bulunan ve bu özelliği ile kayaca aşındırıcılık özelliği kazandıran % 60–75 oranındaki SiO₂ bileşimidir. İnşaat sektörü açısından bakıldığında, pomza agregasının asidik özellikte olması istenir.

1.2.2.2. Pomzanın kullanım alanları ve Türkiye'deki rezerv durumu

Birçok kullanım alanı olmakla birlikte, pomzanın dünyada ve ülkemizde en büyük tüketim alanı inşaat sektörüdür. Ülkemizde üretilen pomzanın yaklaşık % 80'inin inşaat sektöründe kullanıldığı bilinmektedir (Şekil 1.10).



Şekil 1. 10. Pomza taşının ülkemizde rezerv durumu (Şapcı ve Gündüz, 2004)

Konutlarda kullanılan malzemenin hafifliği, binanın ölü ağırlığının düşük bir değerde olmasına direkt bir etkindir. Bina statığı açısından, bina ölü ağırlığının mühendislik Parametrelerinden belirli sınır değerleri korumak koşulu ile düşürülmeye çalışılması, binanın olası gelebilecek şok darbelere ve titreşimlere karşı daha duyarlı ve stabil olmasını sağlamaktadır. Bu bakımdan, inşaat sektöründe kullanılan, hafif agregaların önemi giderek artmaktadır.

Hafif beton, hafif tuğla, asmolon, panel, hazır sıva vb. üretiminde kullanılabilen pomza, inşaat sektörüne birçok avantajlar sağlamaktadır. Bu avantajlar şunlardır:

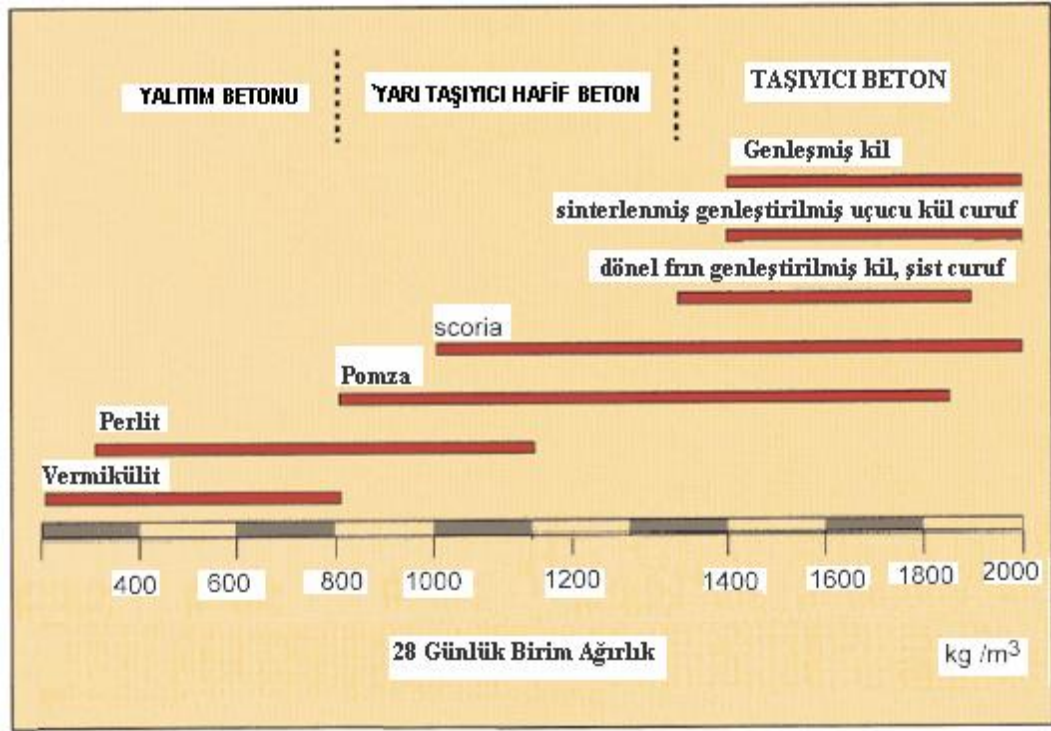
- Pomzanın diğer tür agregaların 1/3-2/3'ü oranında yoğunluğa sahip olması ve dolayısıyla hafif olması nedeniyle işçilikten ve zamandan tasarruf sağlanmaktadır.
- Diğer tür agregalara göre, hafif olması nedeniyle zemin mekaniği ve temele iletilen yükler açısından kullanılan demir miktarında %17 oranında azalma gerektirir. Bu da demirden tasarruf sağlamaktadır.
- Pomzadan üretilen betonun ısı iletkenlik katsayısı, normal betondan 6 kat daha fazla yalıtım sağladığı anlaşılmıştır. Bu nedenle yapılarda yakıt tasarrufu sağlar.
- Yangına dayanıklılık açısından pomzadan üretilen betonun normal betona göre %20 oranında daha emniyetli olduğu kabul edilmektedir.
- Pomzalı beton ve yapı elemanları dondan etkilenmemektedir.

- Pomzalı beton, normal betona göre deprem yüklerine karşı daha elastik davranış gösterebilmektedir (Ceylan,2005).

1.3. Hafif Beton Çeşitleri

Hafif betonlar agrega içerikleri ve birim ağırlıklarına göre taşıyıcı hafif beton, yarı taşıyıcı hafif beton ve yalıtım betonu olmak üzere 3 gruba ayrılabilir. (Çizelge 1.2.) (ACI Committee 213, 1987).

Çizelge 1. 1. Hafif betonların sınıflandırılması



1.3.1. Taşıyıcı Hafif Beton

Birim hacim ağırlığı 1350 ve 1900 kg/m³ arasında değişen, basınç dayanımı 17 MPa (170 kgf/cm²) ve üzerinde olan betonlar taşıyıcı hafif beton olarak tanımlanmaktadır (ACI 213 R-87, 1998).

TS 2511 göre taşıyıcı hafif betonlar, hava kurusu birim kütlesi 1900 kg/m³’den az ve 28 günlük standart silindir basınç dayanımı en az 16 MPa olan betonlar olarak tanımlanmaktadır.

Taşıyıcı amaçla kullanılan hafif agregalı betonlar; 20 yüzyılda, yapay hafif agregaların üretilmesiyle geliştirilmiştir. İlk olarak yüksek dayanımlı taşıyıcı hafif betonlar; yapay hafif agregalar ile üretilmiştir. Akışkanlaştırıcı katkıların gelişmesi ile birlikte, normal veya yüksek dayanımlı taşıyıcı hafif betonlar, doğal hafif agregalar kullanılarak ta üreilmeye başlanmıştır (Gönül, 2009).

Taşıyıcı hafif beton binalarda ilk olarak döşemelerde kullanılmıştır. Döşemeler binanın hacim olarak %70–90'ını oluşturdıkları için toplam statik yükte kayda değer bir azalma elde edilmiştir. Yapı yükünün azalması depremden daha az etkilenme ile doğru orantılıdır. Özellikle geniş açıklıklı plak ve kabuklar için zemin seviyesinde dökülen prefabrikte döşemeler sonradan yukarıya çekilerek kullanım kolaylığı sağlar. Taşıyıcı hafif agregalı betonda kesitler yeterince kalın tutularak hem taşıyıcılık hem de yalıtım özelliği yeterli olan panel elemanlar yapılabilir. Bu panellerin yangına karşı dayanımları da oldukça yüksektir (Topçu, 2006).

2.KAYNAK ÖZETLERİ

Tez çalışmasının konusu üzerine yapılan çalışmalar tarih kronolojisine göre bu bölümde verilmiştir. Özellikle karışım hesaplarının belirlenmesi için bu kaynakların değerlendirilmesi yapılarak tezde uygulanan karışım tasarımları yapılmıştır.

2.1. Pomza Agregalı Hafif Betonlar

Pomza agregası ile yapılan çalışmalar tarihsel sıralarıyla verilmiştir.

Anapalı ve Hanay (1996), çalışmalarında dren boru kaplaması olarak kum-çakıl ve hafif agregayı kullanmışlardır. Hafif agrega ve kum-çakılın malzemenin dren akışı ve sediment birikimi üzerine etkileri karşılaştırmalı olarak inceleyip, hafif agreganın dren akışı yönünden kum-çakıl malzemeden az etkili fakat sedimentin drenlere girişini önlemede ise kum-çakıl malzemeden daha etkili olduğu göstermişlerdir.

Arıcı (1997) çalışmasında van yöresi volkanik tüfünün beton agregası olarak kullanılabilirliği, basınç dayanımına etkisi ve taşıyıcı hafif beton olarak kullanılabilirliği konularını incelemiştir. Beton agregası olarak kullanılabir olduğunu agregalar üzerinde yaptığı fiziksel ve mekanik deneyler sonucunda belirlerken 4-8 mm tüf agregasının tamamını normal agrega ile t yer değiştirerek standartlara uygun betonlar üretmiş ve çalışma sonucunda taşıyıcı hafif beton üretilbileceğini göstermiştir.

Pamukçu vd. (1997), çalışmalarında volkanik kökenli ve gözenekli bir kayaç olan pomzanın özelliklerini ve kullanım olanaklarına değinmişlerdir. Daha sonra, ince taneli pomzanın inşaat bloğu yapımında kullanımına, ısı ve ses yalıtımı ile basınç mukavemeti açısından avantajlarını belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda inşaatlarda bimsblok kullanımının günümüzde önemli bir yeri olan enerji tasarrufuna yapmış olduğu katkıları açıklamışlardır.

Demir ve Orhan (2001), çalışmalarında Afyon bölgesi killeri ile pomza kumu karışımının, tuğla üretiminde kullanım olanaklarını incelemiştir. Ürettikleri tuğla serilerini TSE standartlarına göre değerlendirmişlerdir. Yaptıkları deneyler

sonucunda karışımların su emme değerlerinin yüksek çıktığı ve hafif yalıtkan malzeme yapımında kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir.

Demir vd. (2001), çalışmalarında tuğla kiline farklı oranlarda pomza ikamesi ile tuğlalar üretilip 900 °C’ de pişirmişlerdir. Yaptıkları deneyler sonucunda pomza taşının tuğla üretiminde kullanılabilir olduğunu görmüşlerdir.

Gündüz (2001), çalışmasında pomza taşının ısı yalıtım agregası olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada, her bir ısı bölgesi için sergi veya örtü kalınlıklarını ayrı ayrı hesaplayarak, çizelgeler şeklinde sunulmuşlardır. Yaptıkları deneyler sonucunda tüvenan pomza malzemesinin çatı ve tavan ısı izolasyonunda başarılı bir izolasyon malzemesi olacağını belirlemişlerdir.

İnel vd. (2001), çalışmalarında pomza agregalı betonların refrakter olarak kullanımını araştırmışlardır. Yaptıkları deneyler sonucunda pomzanın refrakter malzeme olması üzerinde durmuşlar ve sonuçların değerlendirilmesi için reolojik deneylerinde yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Kocaman ve Okuroğlu (2002), çalışmalarında Doğu Anadolu Bölgesi, Erzurum İli Pasinler ilçesi yöresinde bulunan hafif agreg ocağından sağlanan agregayla üretilen hafif betonların ısı iletkenlik özelliklerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Elde ettikleri sonuçlardan, hafif agregayla üretilen betonun düşük birim ağırlık ve ısı iletkenlik değerlerine sahip olduğunu, doğal ve ayarlanmış granülometrilik agregayla üretilen betonlar arasında çok büyük farklılık olmamakla birlikte ayarlanmış granülometrilik betonların daha düşük ısı iletkenlik değerleri verdiğini göstermişlerdir.

Çağlayan ve Kahrıman (2003), çalışmalarında pomza agregası ile ürettikleri kent mobilyalarının normal beton ile üretilen kent mobilyalarına avantajlarını araştırmışlardır. Pomza agregasının yalıtım özellikleri ve darbeye karşı olan direncinden dolayı kullanılmasını büyük avantajlar sağlayacağını belirtmişlerdir.

Şengün ve Gündüz (2003), çalışmalarında pomza agregalı harçlar üzerinde çeşitli deneyler yapmışlardır. TS 2717 ve TS 4916 standartlarına göre, kırmataş agregası

olarak pomzadan mamul kumların, kargir duvar harcı ve örgü sıva harcı olarak kullanımının uygun olduğunu belirlemişlerdir.

Uğur (2003), çalışmasında belirli bir gözeneklilik derecesine sahip volkanik cüruf ve perlitik pomza oluşumlarından elde edilen doğal hafif agrega türlerinin hafif beton karışımı içerisinde kırmataş agrega olarak kullanımında etken parametreleri incelemiştir. Yaptığı deneyler sonucunda hafif betonların yalıtım konusunda normal betonlara göre daha yüksek değerlere sahip olduğunu fakat hafif beton üretiminde çimento kullanımının normal betondan daha fazla olduğunu belirterek, hafif beton üretimine ekonomik açıdan yaklaşılması gerektiğini vurgulamıştır.

Ünal vd. (2003), çalışmalarında pomza ve Afyon Tınaztepe yöresi diyatomit malzemelerinin hafif beton blok eleman üretiminde kullanılmasının betonun özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında, ince pomzayı azaltarak, iri pomzayı arttırmışlardır. Yaptıkları deneyler sonucunda pomza ve diyatomitin tuğla gibi bölme duvar elemanları yerine kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Demir vd. (2004), çalışmalarında tuğla kiline ikame malzemesi olarak pomzayı kullanmışlardır. Ürettikleri numuneleri 900 0C derecede pişirip TSE standartlarına uygunluklarını incelemişlerdir. Yaptıkları deneyler sonucunda pomza ikameli tuğlaların standartlara uygun basınç dayanımı değerleri verdiğini gözlemlemişleridir.

Dinçer ve Çağatay (2004), çalışmalarında ince ve iri agreganın yerine %0, %25, %50, %75, %100 oranlarında pomza agregası kullanarak taşıyıcı hafif betonların mekanik özelliklerini araştırmışlardır. İnce agregaya %50' ye kadar iri pomza ilavesinde gerilme-şekil değiştirme eğrilerinde iyileşmeler gözlemlemişlerdir. Yaptıkları çalışmanın sonucunda pomza kullanılmasıyla hafifleyen betonların deprem yükleri bakımından kullanılabilir olduğunu gözlemlemişlerdir.

Sönmez vd., (2004), çalışmalarında betona EPS- genleştirilmiş polistren katarak betonların basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve ısı iletkenlik katsayısı gibi özelliklerini incelemişlerdir. Ürettikleri betonların birim ağırlıklarını 300 kg/m³' den

120 kg/m³' e kadar değişecek şekilde 10 seri beton numunesi üretmişlerdir. Yaptıkları deneylerin sonucunda hafif betonların teras ve bölme duvarlarda kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

şapçı ve Gündüz (2004), çalışmalarında Karaman ve civarında oluşumu bulunan pomza örnekleri üzerinde yaptıkları deneyler sonucunda inşaat sektöründe bu malzemelerin yapı hammaddesi olarak kullanılabilişliği için bilinmesi gereken teknik özellikleri vermişlerdir. Ayrıca, pomza agregasının, diğer pomza agrega türleri ile teknik olarak karşılaştırmasını yapmışlardır.

Tolęay vd. (2004), çalışmalarında Nevşehir pomzasının jeolojik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerini belirleyerek yapı malzemesi olarak hafif betonda kullanılabilişliği araştırmışlardır. Ürettikleri beton örneklerinin test sonuçlarından pomzanın yapılar için uygun malzeme olduğu belirlemişlerdir.

Davraz ve Gündüz (2005), çalışmalarında Isparta yöresi pomza agregasını kullanarak hafif beton üretmişler ve karışımların

- Çimento kullanım oranı,
- Su/Katı oranı,
- Tane boyu dağılımı,
- Katı/ çimento oranı,
- Su/ çimento oranı,

Gibi basınç dayanım karakteristiğine etkiyen faktörlerin etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda K3 serisi granüloметри dağılımındaki hafif betonun 7 ve 28. günlük basınç dayanımı değerlerinin diğer serilerden yüksek çıktığını saptamışlardır. Bunun yanında pomza agregasının inşaat sektöründe kullanımın yanı sıra çok gözenekli olması sebebiyle ısı ve ses yalıtımı gibi özelliklerinin de yüksek değerlerde olduğunu belirlemişlerdir.

Erdoğan ve Yaşar (2005), çalışmalarında Nevşehir pomzasının jeolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlendikten sonra yapı malzemesi olarak uygun karışım oranlarında farklı boyut ve şekillerde briketler üretilmişlerdir. Ürettikleri briketlerin

ısı ve ses izolasyon değerini belirlemişlerdir. Yapıkları deneyler sonucunda, Nevşehir yöresi pomzalarından ürettikleri briketlerin yapı sektöründe gerek depremsellik açısından gerekse ısı ve ses izolasyonunu sağlaması açısından oldukça ekonomik bir malzeme olduğunu belirlemişlerdir.

Keleştemur ve Yıldız (2005), çalışmalarında beton karışımına %5, 10 ve 15 oranında styropor ilave ederek betonların korozyonlarını araştırmışlardır. Yaptıkları deney sonuçlarına göre styropor oranı arttıkça betonların basınç dayanımlarında azalma gözlenmesine rağmen korozyon hızlarında ise artış görüldüğünü belirlemişlerdir.

Sancak vd. (2005), çalışmalarında bims agregasıyla taşıyıcı hafif beton üretmeyi hedeflemişlerdir. Bims agregasıyla üretilen betonların norman agregayla üretilen betonlardan %23 daha hafif olduğunu ve bims agregalı betonların basınç dayanımlarının 24 MPa' ya kadar çıktığını belirtmişlerdir.

Uygunoğlu ve Ünal (2005), çalışmalarında yapılardaki zati yükü azaltmak amacı ile Afyon bölgesinde bulunan diyatomitin betonun mekanik özelliklerine olan etkisini araştırmışlardır. Yaptıkları deneyler sonucunda, yapılarda diyatomit ile üretilmiş olan hafif blok elemanların bölme elemanı olarak kullanılması ile yapının zati yükünün azaltılmasında fayda sağlayacağını düşünmektedirler.

Bekar vd. (2006), çalışmalarında Aksaray bölgesi volkanik tüfünün sıva harcı olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada, TS 2717 ve TS 4919' a göre Aksaray tüfünün sıva harcı olarak kullanılabilir bir malzeme olduğunu belirtmişlerdir.

Uygunoğlu ve Ünal (2006), çalışmalarında Afyon ve çevresinde bulunan diyatomit kayacının agrega olarak kullanılması ile hafif blok üretiminde kullanılması araştırmıştır. Ürettikleri numuneler üzerinde, basınç dayanımı, ısı iletkenlik, su emme, birim hacim ağırlık, ultrases hızı ve görünen porozite deneylerini

yapmışlardır. Çalışmalarının sonucunda, diyatomitin agrega olarak hafif blok eleman üretiminde kullanılabilir olduğuna karar vermişlerdir.

Binici vd. (2007), çalışmalarında Erzurum, Pasinler-Timar ve Narman-Dazlak bölgelerinin pomzalarının mühendislik özelliklerini araştırmışlardır. Çalışmalarında ele aldıkları her iki pomzanında çimento üretiminde kullanılmaya uygun olduğunu görmüşlerdir. Dazlak pomzası ile ürettikleri betonların basınç dayanımlarının standartlara uygun olduğunu bulmuşlardır.

Karaman (2007), çalışmasında perlit, pomza, diyatomit, vermikülit ve kil kullanarak betonların tarımsal yapılarda kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda hafif betonların kullanılmasının hem ekonomi hemde deprem yükleri açısından önemi olduğunu vurgulamışlardır.

Şahin vd. (2007), çalışmalarında Van-Erciş yöresinden sağlanan doğal hafif agregaya, PVC atıklarını değişen oranlarda ilave ederek ürettikleri hafif betonların bazı özellikleri araştırmışlardır. PVC'nin karışım içerisindeki oranı arttıkça örneklerin birim hacim ağırlığı ve basınç dayanımının arttığı, buna karşın su emme miktarının azaldığını belirlemişlerdir. Ürettikleri bu malzemenin tarımsal yapılarda, özellikle çevre koşullarının kontrolünün önemli olduğu hayvan barınaklarında, depolama yapılarında ve konutlarda duvar blok elemanları olarak kullanılması yarar sağlayabilir olduğunu görmüşlerdir.

Gönül (2008), çalışmasında skoria ve hiper akışkanlaştırıcı kullanılarak, yüksek dayanım sınıfında olan on beş farklı taşıyıcı yarı hafif beton serisi üreterek, bu betonlarda, üretim bileşenleri, betonun özellikleri ve ara yüzey bölgesinin kristal morfolojisi arasındaki sayısal ilişkileri belirlemiştir. Çalışma sonucunda, yapay hafif agregalar yerine doğal bir agrega olan skoria kullanılarak ekonomik ve çevresel yarar açısından taşıyıcı yarı hafif betonların üretilbileceğini göstermiştir.

Binici vd. (2009), çalışmalarında Osmaniye-Tüysüz tufunun betonda kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Çalışmada kullandıkları tufu normal agregaya ile kıyaslayarak, tufun beton üretiminde kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Binici vd. (2010), çalışmalarında barit, kolemanit, öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve bazaltik pomza içeren betonların dayanım ve dayanıklılığını incelemişlerdir. Pomza katkılı beton numunelerinin her oranda ve her yaşta referans betonundan daha düşük sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir.

Bentli (2010), çalışmasında tuğla çamuruna %2, %4, %6, %8, %10, %15 ve %20 oranlarında diatomit ilave edilerek fiziksel ve mekanik testler gerçekleştirmiştir. Yaptıkları testler sonucunda diatomit ilavesinin, tuğla birim hacim ağırlığını ve toplam küçülmeyi azalttığını, su emme miktarını ve basınç dayanımını ise arttırdığını gözlemlemiştir. Ayrıca, zararlı manyezi ve kireç testlerine göre optimum diatomit miktarının %8 olacağı tespit etmiştir.

Kozak ve Ünal (2010), çalışmalarında hafif blokların üretilmesinde, agregaya olarak pomza ve tuf malzemelerinin ayrı ayrı olarak kullanılması halinde blok elemanların fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Ürettikleri numuneler üzerinde; ısı iletkenlik, birim hacim ağırlık ve basınç dayanımı değerlerini belirlemişlerdir.

Parhizkar et al. (2012) çalışmalarında hafif agregalı betonlar üzerine deneysel bir çalışma yapmışlardır. Bu amaçla iki farklı tipte hafif beton üretmişlerdir. Birinci seri karışımında tüm agregası hafif agregaya olan hafif betonlar ikinci seri karışımında ise iri agregası hafif agregaya ince agregası normal kum olan taşıyıcı hafif betonlar üreterek fiziksel mekanik ve durabilite özelliklerini araştırmışlardır.

Çalışma sonucunda elde edilen basınç ve eğilme dayanımları ve kuruma çatlama özelliklerine göre taşıyıcı hafif beton üretilebileceğini göstermişlerdir. Ayrıca çimento miktarının taşıyıcı hafif beton performans özelliklerinde belirleyici bir faktör olduğu sonucuna varmışlardır.

2.2. Taşıyıcı Hafif Betonlar

Hafif betonlar ile yapılan betonlar arasında yapay ve doğal hafif agregalar kullanılarak taşıyıcı amaçlı üretilen hafif betonlara ait yapılan çalışmalar tarih sıralamasına göre bu bölümde verilmiştir.

2.2.1. Yapay agregalı taşıyıcı hafif betonlar

Ulusoy (2004), çalışmasında Pomza, genleştirilmiş perlit ve diatomit ile portland çimentosu içeren monolitik refrakter malzemelerin geliştirilmesine ilişkin çalışma yapmıştır. Ürettiği numuneleri 925 0C’ de ısıttıktan sonra ASTM standartlarına uygun deneylerle malzemelerin kullanılabilirliğini belirlemiştir.

Kantarcı ve Türkmen (2005), çalışmalarında genleştirilmiş perlit agregası ve normal agregası kullanarak ürettiği betonların basınç dayanımı ve geçirimsizlik özelliklerini incelemiştir. Ürettiği beton numunelerinde genleştirilmiş perlit agregası kullanım oranı arttıkça betonların basınç dayanımlarında azalma gözlemlenmesine rağmen geçirimsizlik değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

Gündüz vd. (2006), çalışmalarında genleştirilmiş kil agregasının yapı sektöründe kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda genleştirilmiş kil agregasının hafif beton, hafif yapı elemanı ve ısı yalıtımı malzemesi olarak kullanılabileceğini gözlemlenmiştir.

Gündüz vd. (2006) çalışmalarında pomza ve genleşmiş perlit agregası katkılı bimsbeton örnekleri üzerine inceleme yapılmış olup, bimsbeton harçlarından elde edilmiş boşluklu duvar hafif blok elemanlarının analiz sonuçlarını irdelenmiştir. Yaptıkları araştırma bulgularına göre genleşmiş perlit agregası katkısı, bimsbetona blok üretimi açısından önemli avantajlar sağlayacak bir konumda olduğunu belirtmişlerdir.

Kan (2007), çalışmasında genleştirilmiş atık polistrenlerin ısı ile işleme modifiye edilmesinin ardından beton agregası olarak kullanılabilirliğini incelemiştir. Genleştirilmiş atık polistrenlerin doğal agregayla yer değiştirmesi sonucunda,

Üretilen bu yeni agreganın hafif beton üretiminde kullanılabilir bir malzeme olduğu belirtilmiştir.

Koçkal ve zturan (2007), çalışmalarında farklı sıcaklıklarda sinterlenmiş hafif uçucu kül agregaların özelliklerini incelemiştir. Yaptıkları deney sonuçlarına göre, sinterleme sıcaklığı düştükçe agregaların özgül ağırlık ve kırılma dayanımının azaldığını, su emme yüzdesinin arttığını göstermişlerdir. Yaptıkları mikroyapı incelemeleri sonucunda, sinterleme sıcaklığı artıkça suyun erişebileceği boşluk miktarının azaldığını ve bu boşlukların süreksiz, bağlantısız ve yalıtılmış olduğunu göstermişlerdir.

Subaşı (2009), çalışmasında genleştirilmiş kil agregasının farklı imento dozajlarında hafif beton üretiminde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Yaptığı deneyeler sonucunda, 450 dozajlı genleştirilmiş kil agregalı betonların basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı sonuçlarının en yüksek değerlere sahip olduğunu gözlemlemiştir. Genleştirilmiş kil agregası ile ürettiği beton numuneleriyle 41.27 MPa basınç dayanımına ulaşılabileceğini belirtmiştir.

Yapay hafif agregalar; beton üretiminde çok başarılı sonuçlar vermiştir. Ancak, bu agregaların üretimi; enerji tüketimini gerektirir, yenilenemez kaynak tüketimine neden olur ve yapının maliyetini yüksektir. Bu nedenle yapay hafif agregalar; doğal hafif agregalar ile karşılaştırıldıklarında, ekonomik ve ekolojik malzemeler değildir.

2.2.2. Pomza agregalı taşıyıcı hafif betonlar

İlgün (1992), çalışmasında hafif betondan imal edilmiş betonarme kirişlerin dayanım ve davranışların incelemiştir. Çalışma kapsamında iki amaç güdülmüştür birinci amaç hafif agreganın beton agregası olarak kullanıla birliği diğer sonuç ise hafif agregalar kullanılarak üretilen hafif betonarme kirişlerin taşıyıcı elaman olarak kullanılabilirliğidir. Bu amaçla TS 2511 standardına göre hafif betonlar üretmiştir. Seriler arasında değişken olarak imento tipi ve belirli oranlarda hafif agregalar normal agregalar ikamesini seçmiştir. P 400 dozlu %20 normal agregalar ikamesi yapmış olduğu seriye ait dökülen betonların 28. günlük basınç dayanım değeri 16 Mpa olarak

bulmuştur. Betonarme kirişlerin davranışını kestirebilmek amacıyla iki ayrı kalitede çelik sınıftan oluşan donatı kullanarak iki ayrı kiriş üretmiş, teorik ve deneysel taşıyıcılık özelliklerini karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonucunda hafif betondan üretilen betonarme kirişlerin yeterli taşıma özelliklerine sahip olduğunu belirlemiştir.

Kadiroğlu (2004), çalışmasında, Kayseri bölgesinden temin edilen pomza taşı agregaları kullanılarak kendiliğinden yerleşen Normal Dayanımlı Hafif Betonun üretilebilirliği konusunda, laboratuvar bazında deneysel araştırmalar yapılmıştır. Taze betonlardan alınan numunelerle betonların basınç, çekme ve eğilme dayanımları ile elastisite modülleri tespit etmiş ve sonuçları irdelemiştir.

Coşkun vd. (2006), çalışmalarında uçucu kül ve pomza taşı kullanılarak elde edilen hafif betonun mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Sonuç olarak 20+2 °C de kür numunelerinin basınç ve ultrasonik ses geçirgenliğinin hava kürü uygulananlara göre daha yüksek olduğunu görmüşlerdir. Uçucu kül katkılı beton numunelerin basınç ve ultrasonik ses geçirgenliğini kontrol betonuna göre 3 günden sonra belirgin bir artış olduğunu görmüşlerdir.

Yazıcıoğlu ve Bozkurt (2006), çalışmalarında pomza ve mineral katkılı taşıyıcı hafif betonun mekanik özellikleri araştırmışlardır. Silis dumanı katkılı beton numunelerin her yaşta daha iyi dayanım özellikleri sergilediği görülmüşlerdir. Kontrol betonu olarak hazırlanan numuneler ilk yaşlarda silis dumanı katkılı beton numunelerle benzer özellikler sergilerken uçucu kül katkılı beton serilerinde erken yaşlarda belirgin bir artış gözlenmediğini görmüşlerdir. Bununla birlikte uçucu kül beton serisi ileri yaşlarda (90 gün) kontrol betonuna daha yakın sonuçlar verdiğini görmüşlerdir.

Coşkun ve Tanyıldızı (2007), çalışmalarında agrega olarak pomza taşı, mineral katkı olarak ise silis dumanı kullanılarak elde edilen taşıyıcı hafif betonun basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliği arasındaki ilişkiye kür şartlarının etkisi araştırmışlardır. En yüksek ultrasonik ses geçirgenliği ve basınç dayanımı değerleri, suda kür edilen numunelerde elde etmişlerdir. Çalışma sonucunda, kür ortamları dikkate alınarak

verilere lineer regresyon analizi uygulamışlardır. Regresyon analizi sonucunda, yüksek korelasyon katsayısı değerleri elde etmişlerdir.

Demirel ve Yazıcıoğlu (2007), çalışmalarında Karbon fiber takviyeli hafif betonun sıcaklığı sezebilme kabiliyeti ve mineral katkının Seebeck etkisi üzerindeki tesiri incelemişlerdir. Karbon fiber takviyeli hafif betonun da karbon fiber takviyeli normal beton gibi Seebeck etkisine sahip olduğu fakat uçucu kulum malzemenin Seebeck katsayısını düşürdüğünü görmüşlerdir.

Türkel ve Kadiroğlu (2007), çalışmalarında pomza agregası kullanılarak ACI 213R-87’de taşıyıcı hafif betonlar için belirtilen 17,2 MPa dayanım değerinin oldukça üzerinde dayanım değerine sahip taşıyıcı hafif betonlar üretilebileceğini göstermişlerdir. Ayrıca bu çalışmada üretilen hafif betonlar, TS EN 206-1 standardında hafif betonlar için belirtilen LC 20/22 ve LC 25/28 dayanım sınıflarını sağladığını görmüşlerdir.

Ulus (2007), çalışmasında Maksimum agrega tane çapı 12,5 mm olan ve granülometrisi Fuller bağıntısına uyan, ham perlit agregası kullanılarak yüksek dayanımlı hafif beton üretilebilirliği üzerinde bir çalışma yapmıştır. Perlit agregası kullanarak birim ağırlığı 1830 ile 1915 kg/m³ arasında değişen yüksek dayanımlı hafif beton üretimi için mineral katkının zorunlu olmadığı, fakat süper akışkanlaştırıcının kullanımının zorunlu olduğu görmüştür. En yüksek basınç dayanımı olan 110 MPa’la 90 gün sonunda 660 kg/m³ ‘lük bağlayıcı miktarıyla ulaşmıştır. Çelik lif, betonun basınç dayanımında bir artış sağlamazken, çekme dayanımlarında %70’e varan bir artış sağlamıştır. Lifin aynı zamanda betonun daha sünek davranmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Ürettikleri betonların elastiklik modülleri 17,5 ile 25,5 GPa arasında değişmiştir.

Şimşek vd. (2007), çalışmalarında Ülkemizde, geniş rezervleri bulunan Bims agregası kullanarak üretilen Bims Betonların Türkiye’nin artan konut ihtiyacının karşılanmasında kullanılabilirliği araştırmışlardır. Bu amaçla Silis dumanı ve Süper akışkanlaştırıcı katkı kullanımının, Bims Betonların birim ağırlıklarına ve basınç

dayanımlarına etkileri, Normal Beton ile karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve Bims betonların konut üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Üretilen Bims Betonların 7, 28 ve 90 günlük basınç dayanımları normal betonla kıyaslayarak belirlemişlerdir. Sonuç olarak; Bims Betonların birim ağırlıklarını, Normal betona göre %23 daha düşük tespit etmişler ve 430 kg/m³ çimento dozajlı Bims Betonların 28. günde basınç dayanımları ortalama 24 MPa olarak bulmuşlardır. Konut üretiminde, taşıyıcı beton olarak Bims agregası ile üretilen Bims Betonların basınç dayanımları artırılarak kullanılabilir olduğu sonucuna varmışlardır.

Demirel ve Gönen (2008), çalışmalarında silis dumanı katkılı karbon lif takviyeli hafif betonun mekanik özellikleri üzerine yüksek sıcaklığın etkisi incelemişlerdir. Silis dumanı içeren serilerde basınç dayanımı kayıpları silis dumansız serilere göre daha yüksek çıkmış olduğunu görmüşlerdir. Basınç dayanımı ve porozite arasındaki ilişki 500 ve 750 °C dışında yüksek olduğunu görmüşlerdir.

Akkaş vd. (2010), çalışmalarında polipropilen lif katkılı pomza iri pomza agregası ve normal ince kum agregası ile yarı taşıyıcı hafif beton üreterek kontrol betonu ile basınç dayanımı karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir.

Tanyıldızı ve Coşkun (2009), çalışmalarında silis dumanı ve pomza kullanarak elde edilen hafif betonun ultrasonik ses geçirgenlik özelliklerini araştırmışlardır. Silis dumanı katkılı beton numunelerin her yaşta kontrol betonuna göre daha iyi ultrasonik ses geçirgenliği örneği göstermiş olduğunu görmüşlerdir. Ayrıca %20 silis dumanı katkılı hafif betonun basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliği değerlerini sırasıyla %10 ve %0 silis dumanı katkılı beton takip ettiğini görmüşlerdir.

Demirel ve Yazıcıoğlu (2010), çalışmalarında mineral katkı olarak kullanılan uçucu külün karbon fiber takviyeli hafif betonun mekanik özellikleri üzerindeki etkisi araştırmışlardır. Karbon fiber ilavesi, mineral katkısız serilerde 28 günlük eğilmede çekme dayanımını % 21.91, uçucu kül katkılı serilerde de % 18.38 arttırmış olduğunu görmüşlerdir. 365 gün kür edilmiş serilerin, 28 gün kür edilmiş serilere göre basınç dayanımı artış oranı mineral katkısız serilerde %20.86, uçucu kül katkılı

serilerde ise %32.25'dir. Burada uçucu kül katkılı serinin artış oranının yüksek olmasının uçucu külün ileri kür yaşlarında pozolanik aktivitesinin artmasından kaynaklandığını düşünmüşlerdir.

Demir vd. (2011), çalışmalarında pomza agregalı hafif beton blok özelliklerine uçucu kül ve taneli polistiren köpük katkısının etkileri araştırmışlardır. TS EN 206-1'e göre referans (A) örnek grubu "D 1,4", diğer örnekler ise "D 1,2" sınıfına uygun yoğunluk değerlerine sahip olduğunu görmüşlerdir. A örnekleri 13,2 MPa basınç dayanım değeriyle hafif beton olarak kullanılabileceği öngörmüşlerdir. Strafor tanesi katkılı pomza blok örneklerde uçucu kül ikame oranının artması örneklerin basınç dayanımını arttırıcı bir etki oluşturduğunu görmüşlerdir. Taneli polistiren köpük katkısı örneklerin birim ağırlık değerlerini azalttığı ve buna bağlı olarak ısı yalıtım değerlerinde artışa neden olduğu belirlemişlerdir.

Dorum ve Yıldız (2011), çalışmalarında yüksek dayanımlı betonlarda mineral katkı olarak çimentoya ikame edilmek suretiyle Pomza ve Zeolit doğal pozolanlarının kullanılabilirliği araştırmışlardır. %0 Pomza – %15 Zeolit ve %5 Pomza - %10 Zeolit ikameli betonların, yüksek dayanımlı betonlar üretiminde kullanılabileceği belirlemişlerdir.

2.2.3.Mineral katkı kullanılan taşıyıcı hafif betonlar

Turgutalp ve Örüng (1992), çalışmalarında çimento ikame malzemesi olarak kireç kullanmışlardır. Çimento ile birlikte kireç katılarak üretilen betonların, kireç miktarındaki artışa bağlı olarak, birim ağırlık ve dayanımları önemli derecelerde azaldığını, buna karşılık su emme miktarının ve kuvvetler etkisindeki deformasyonların ise arttığını saptamışlardır.

Yılmaz vd. (1993), çalışmalarında zeolitin ve taban külünün pozolanik malzeme olarak kullanılabilirliği araştırmışlar ve bunların Türk Standartları TS 10156, TS 26 ve TS 640'a uygun olduğunu ve dolayısıyla ile doğal zeolit ve taban külünün çimento üretiminde katkı malzemesi olarak kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Babu and Babu (2002), Silis dumanı içeren Hafif polistren Beton Davranışını incelemişlerdir. Ana maksadı hafif polistren betonların durabilite ve mukavemet özelliklerini incelemek olan çalışmada, yoğunlukları 1500-2000 kg/m³ arasında değişen beton numuneleri hazırlanarak performansları test edilmiştir. Sonuç olarak minimal silis dumanı içerik seviyesinde bile, klorür geçirgenlik ve korozyon direnci açısından bu betonların performansının iyi olduğu görülmüştür.

Binici ve Çağatay (2003), çalışmalarında klinker-bazaltik pomza ve granüle yüksek fırın cürufu üçlü karışımların sülfat direnci deneysel olarak araştırmışlardır. İncelik-sülfat direnci ve katkı miktarı-sülfat direnci ilişkisi araştırmışlardır. İncelik ve öğütme yöntemleri sabit tutulduğunda, katkı oranı arttıkça sülfat direnci de arttığını görmüşlerdir. Yine öğütme şekli ve katkı oranlar sabit tutulduğunda, incelik arttıkça sülfata direnci de arttığını görmüşlerdir.

Davraz ve Gündüz (2005), çalışmalarında Isparta Keçiborlu ve civarındaki amorf silika oluşumlarının ülkemiz endüstrisine katkısı bakımından tanıtımını amaçlamışlardır. Amorf silika örnekleri üzerinde yapılan kapsamlı bir çalışmadan yola çıkarak bu kayacın ülkemiz inşaat sektöründe hammadde olarak değerlendirilmesini konu alan bir araştırmanın özet değerlendirmesini vermişlerdir.

Davraz ve Gündüz (2005) çalışmalarında, doğal (mikronize) amorf silika kullanarak, reaktif agregalı betonlarda gelişebilecek zararlarının önlenebilirliği araştırmışlar, amorf silikanın mühendislik özellikleri, diğer mineral katkıları ile kıyaslamalar, araştırmada kullanılan deney yöntemi sunmuşlar ve bulguları tartışmışlardır.

Coşkun ve Tanyıldızı (2007) çalışmalarında, pomza taşı ve silis dumanı kullanarak elde edilen hafif betonun basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliği arasındaki ilişkiye kür şartlarının etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak en yüksek ultrasonik ses geçirgenliğini suda kür edilen numunelerden elde etmişlerdir. Kür ortamları dikkate alınarak verilere lineer regresyon analizi uygulamışlardır. Regresyon analizi sonucunda yüksek korelasyon katsayısı değerleri elde etmişlerdir.

Erdoğan ve Erdoğan (2007), çalışmalarında doğal puzolanlar ile yapay puzolanlardan uçucu kül, granüle yüksek fırın cürufu, silis dumanı ve pirinç kabuğu külü hakkında kısa açıklamalar yapılarak, tarihi geçmişleri anlatmışlardır.

Alkaya (2009), çalışmasında uçucu küllerin mühendislik özellikleri konusunda farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmaların sonuçlarını sunmuştur. Zemin iyileştirme, dolgular ve diğer zemin yapılarında kullanımının artmasının sağlanması amaçlamıştır.

Topçu ve Kara (2009), çalışmalarında Seyitömer uçucu külü, taban külü, Azot fabrikası cürufu ve polystren strafor dolgusu kullanarak hafif duvar blokları üretmişlerdir. Bu blokları Flyblok olarak adlandırmışlardır. Ayrıca uçucu kül, taban külü, kireç ve alüminyum tozu kullanarak Flybloklara göre daha hafif strafor dolgulu Gazbloklar üretmişlerdir. Gazblokların birim ağırlıklarının ve basınç dayanımlarının Flybloklardan daha düşük olduğu görmüşlerdir. Flybloklar Gazbloklardan % 50 daha ucuz olduğunu görmüşlerdir. Gazblok ve Flyblokların ısı geçirgenlik katsayıları 0.430 ve 0.490 W/m²K olarak hesaplamışlardır.

Binici vd., (2009) çalışmalarında, Tekstil fabrikalarının atığı olan ve aynı zamanda çevresel kirlilik oluşturan külün, yüksek mukavemetli tuğla üretiminde kullanılması amaçlamışlardır. Sonuç olarak standart değerlerle de karşılaştırılmış ve yeterli düzeyde olduğunu görmüşlerdir. Tuğla üretiminde 900°C civarında pişirme sıcaklığında atık kül ve pomza kullanılması halinde üstün nitelikte tuğla üretililebileceğini görmüşlerdir.

Binici vd. (2010), çalışmalarında Öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve bazaltik pomzayı ayrı ayrı veya birlikte içeren betonların mekanik aşınma ve geçirgenlik özelliklerinin araştırılmasını amaçlamışlardır. Beton aşınması ve geçirgenliliğinin katkı tipi ve miktarına bağlı olduğunu ortaya koymuşlardır. Katkılı örneklerin aşınma dayanımı kontrol betonundan daha düşük bulunmuşlardır. Diğer yandan özellikle bazaltik pomza katkılı örneklerin permeabilite değerleri kontrol örneğinden daha düşük bulunmuşlardır.

2.2.4. Hafif betonların kalıcılık özellikleri

Gustaferro et al. (1971), hafif ve yalıtkan betonların yangın dayanımları ile ilgili olarak deneysel bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada 500-1600 kg/m³'lük birim ağırlığa sahip betonların yangın dayanımı incelenmiş; numunelerin nem içeriği ve bağıl rutubet arasındaki iliksiler belirtilmiştir. Deney programında 90x90 cm boyutlarında ve 5,9 ve 12,5 kalınlıklarında boşluklu hafif beton, perlit betonları, vermikülit betonları kullanılmıştır. Döşeme kalınlığı ile yangın dayanımı arasındaki ilişki değişik birim ağırlığa sahip betonlar için incelenmiştir. Döşemenin içerisine çeşitli derinliklerde nemölçerler ve krom-alüminyum termometreler yerleştirilmiştir. Araştırmacılar, çalışmanın en önemli sonucu olarak birim ağırlıktaki artışı her beton türü için yangın dayanımında azalmaya sebep olduğunu göstermişlerdir.

Turgutalp ve Örüng (1992), çalışmalarında Sarıkamış yöresi pomzası ile üretilen betonların donma-çözünme özellikleri incelenmiştir. Yaptıkları deneyler sonucunda, hafif betonların çimento miktarının artması ile donma-çözünme değerlerinde olumsuzluk söz konusu olmuştur. Hafif betonların ısı yalıtımı konusunda diğer betonlara göre daha iyi sonuçlar vermesi açısından donma-çözünme faktörünün etkisinden daha fazla önemli olması açısından kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir.

Al-Khaiat and Haque (1998), çalışmalarında ilk kürün hafif betonlarda erken mukavemet ile fiziksel özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. 1800 kg/m³ yoğunlukta 28 günlük basınç dayanımları incelenecek şekilde taşıyıcı hafif beton numuneleri kaba ve ince hafif agrega kullanılarak üretilmiştir. Çalışmadan elde edilen ilk bulgular bu betonların basınç dayanımının ilk kür süresine daha az duyarlı olduğunu göstermiştir. Ancak betonun geçirgenliği ve su penetrasyonu, derinliği daha fazla ortam koşullarında yüksek neme maruz kalan örneklerde kür başlangıç süresine duyarlı olduğu tespit edilmiştir.

Basri et al. (1998), Atık palmye kabuğunun agrega olarak betonda kullanımını incelemişlerdir. Kaba agrega olarak palmye kabuğu kullanılarak beton, kür koşulları içerisinde işlenebilirlik, yoğunluk ve basınç dayanımı incelemişlerdir. Kısmi çimento

yerine uçucu kül ikame etkisini de inceledikleri çalışmalarında atık palmye kabuğu kullanılarak ürettikleri betonun 28 günlük kuru yoğunluğu normal ağırlıklı betona göre %19-20 daha düşük ve daha iyi işlenebilirliğe sahip olduğu gözlemlenmiştir. 56 gün sonunda basınç dayanımı normal betona göre %41-50 oranında düşük olduğunu saptamışlardır.

Alduaij et al. (1999), Tuğla, hafif genleştirilmiş kil, (no-fines) kullanılarak 3 tip hafif beton elde edilerek, karışımların fiziksel ve mekanik özellikleri uygunluk açısından incelenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, karışım tasarımıyla ezilmiş tuğla kullanılarak taşıyıcı hafif beton üretme olanakları olduğunu düşündürmektedir.

Kayalı et al. (1999), çalışmalarında sinterlenmiş uçucu kül içeren, fiber takviyeli hafif betonların kuruma büzülmesi incelenmiştir. Oluşturulan betonlarda lif olarak, Polipropilen veya çelik elyaf kullanılmış, lif kullanımı basınç dayanımını etkilememiş ancak gerilme direncini arttırmıştır. Lif takviyeli betonlarda kuruma büzülmesi azalmamış ancak hafif beton küçülme oranı 100 gün kadar sabit kalmıştır.

Balendran et al. (2001), çelik liflerin, normal ve hafif yüksek dayanımlı betonların mukavemet ve süneklik özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada hafif agregalı beton, kireçtaşı agregalı beton çelik lifler ile ve çelik lifler olmadan üretilmiştir. Beton numunelerinin basınç dayanımları 90 ve 115 MPa arasında değişmektedir. Fiber içeriği %1 dir. Boyutu arttıkça, yarma ve eğilme gücünü ve azaltmak için görünür kırık davranış daha kırılma eğilimindedir.

Ganesh and Saradhi (2002), Silis dumanı içeren Hafif polistren Beton Davranışını incelemişlerdir. Ana maksadı hafif polistren betonların durabilite ve mukavemet özelliklerini incelemek olan çalışmada, yoğunlukları 1500-2000 kg/m³ arasında değişen beton numuneleri hazırlanarak performansları test edilmiştir. Sonuç olarak minimal silis dumanı içerik seviyesinde bile, klorür geçirgenlik ve korozyon direnci açısından bu betonların performansının iyi olduğu görülmüştür.

Kayalı et al. (2002), yüksek mukavemetli elyaf ile hazırlanan hafif agregalı betonların bazı özellikleri adlı çalışmalarında hafif beton üretiminde agrega olarak sinterlenmiş uçucu kül kullanmışlardır. Çelik elyaf takviyesi ile elastisite modülünde küçük bir azalmaya neden olsa da şekil değiştirme eğrisinde büyük bir artış kaydedilmiştir. Önemli bir kazanç olarak belirtilen bu özellik, süneklik için de çelik elyaf takviyesinin kullanılmasının yararlı olacağını göstermiştir.

Bilodeau et al. (2003), hidrokarbon yangına maruz kalan hafif beton dökülmelerini önlemek için poliropilen lif tipi ve miktarı optimizasyonu üzerine çalışmalarında, on iki farklı beton karışımı hazırlayarak her karışımın hidrokarbon yangın dayanımları test edilmiştir. Test esnasında sıcaklıklar bloklar halinde kaydedilerek, testten sonra blokların durumu değerlendirilerek çekirdekte kalan beton basınç dayanımı belirlenmek üzere alınmıştır. Çalışmanın sonucunda silis dumanı katkılı çimento ile yapılan hafif beton için, hidrokarbon yangına maruz kaldığında metreküp başına 12.5mm elyaf yeterli olduğu görülmüştür.

Binici ve Çağatay (2003), çalışmalarında klinker-bazaltik pomza ve granüle yüksek fırın cürufu üçlü karışımların sülfat direnci deneysel olarak araştırmışlardır. İncelik-sülfat direnci ve katkı miktarı-sülfat direnci ilişkisi araştırmışlardır. İncelik ve öğütme yöntemleri sabit tutulduğunda, katkı oranı arttıkça sülfat direnci de arttığını görmüşlerdir. Yine öğütme şekli ve katkı oranlar sabit tutulduğunda, incelik arttıkça sülfata direnci de arttığını görmüşlerdir.

Gesoğlu et al. (2003), soğuk bağlı uçucu kül agregası ile yapılan hafif betonların çekme-kırma ve yüzey soğurma özelliklerini araştırmışlardır. İri agrega oranı %30, %45 ve karışımların toplam agrega hacminin %60' ıdır. 12 adet hafif agregalı beton karışımlarının toplam basınç dayanımı, statik elastisite modülü, dayanımları ve büzülmeleri test edilmiştir. Silis dumanı kullanımı hafif betonun mekanik özelliklerini geliştirmiş ancak, çekme performansını olumsuz etkilemiştir. Ayrıca elde edilen hafif betonda daralma-çatlama performansı normal betonlara göre anlamlı derecede daha kötü bulunmuştur.

Khandaker and Hossain (2003), volkanik pomza esaslı çimentonun özellikleri ve hafif beton üzerine hazırladıkları çalışmalarında, volkanik pomza belirli oranlarda ikame edilerek hazırlanan numunelerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri ile taze ve setleşmiş beton üzerine olası etkileri değerlendirilmiştir. Farklı volkanik pomza yüzdeleriyle hazırlanan betonun özellikleri işlenebilme, mukavemet, kuruma-çekme ve geçirgenlik üzerinde testler yapılmıştır. Sonuç olarak taşıyıcı hafif beton olarak kabul edilebilmesi için yeterli güç ve yoğunlukta olduğu sonucuna varılmıştır.

Kılıç et al. (2003), çalışmalarında mineral katkılı cüruf agregası içeren yüksek dayanımlı hafif betonları incelemişlerdir. Devam eden laboratuvar çalışmalarının sonuçlarının bir kısmı, yüksek dayanımlı hafif beton ve mineral katkılar olmadan oluşturulan tasarımlar sunulmuştur. Karışımlarda bazaltik-(cüruf) ve pomza hafif agrega olarak kullanılmıştır. Kontrol betonlarında uçucu kül ile çimento %20, silis dumanı ile çimento %10 değiştirilerek güncellenmiştir. Laboratuvar test sonuçları göstermektedir ki yüksek dayanımlı hafif beton cüruf kullanılarak üretilmektedir. Üçlü karışım kullanımı yeterli dayanımın gelişimi ve çevreye etkisi nedeniyle tavsiye edilmiştir.

Miled et al. (2003), çalışmalarında idealize hafif polistren betonların basınç altında boyut etkisi ve hata mekanizması incelenmiştir. İdealize 2D-EPS beton numuneleri hazırlanarak, periyodik delik akışkanlıklarına göre prizmatik harç yapılarak performans ölçülmüştür. Sonuç olarak iki numune üzerinde tek eksenli sıkıştırma testleri ve simüle edilmiş yerel olmayan mazars modeli parametrelere uyan, iki numune için tatmin edici şekilde basınç dayanımları deneysel olarak elde edilmiştir.

Yıldız vd. (2004), çalışmalarında beton karışımına %10, 20, 30 ve 40, oranlarında styropor ilave ederek betonların fiziksel özelliklerini araştırmışlardır. Yaptıkları deneyler sonucunda, numunelerdeki styropor oranının artması ile malzemenin birim ağırlığında azalma olurken, su emme ve boşluk oranında artma olduğunu belirlemişlerdir. Yaptıkları donma-çözülme deneyi neticesinde numunelerde çatlama ve az miktarda da parçalanmalar olduğunu görmüşlerdir.

Sancak ve Şimşek (2006), çalışmalarında bims agregası ile üretilen taşıyıcı hafif beton (HB) ve normal yoğunluklu agregası ile üretilen normal betonların (NB) karşılaştırmalı olarak yüksek ısıya (20 °C, 100 °C, 400 °C, 800 °C, 1000 °C) maruz kaldıktan sonraki ağırlık kaybı ve kalan basınç dayanımları araştırmışlardır. Hafif ve normal betonların basınç dayanımları 100°C'ye kadar önemli oranda azalma göstermemiş, hatta bir miktar artış gösterdiğini, sıcaklık 800°C ve 1000°C'lere çıkarıldığında, katkılı ve katkısız hafif betonlar, bağıl olarak normal betonlardan daha iyi basınç dayanımı gösterdiğini belirlemişlerdir.

Düzgün et al. (2005), çalışmalarında çelik liflerin, pomza agregasıyla elde edilen betonların mekanik özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Değişik pomza ve çelik lif yüzdeleriyle oluşturulan beton serilerine uygulanan testler sonucunda, pomza miktarının artmasıyla özgül ağırlıkla birlikte betonun mekanik özellikleri de azalmıştır. Ancak kontrol numuneleriyle karşılaştırıldığında, betondaki lif miktarının artırılması basınç dayanımı, yarma-çekme dayanımı ve eğilme dayanımı bakımından 8.5%, 21.1%, 61.2% 120.2% oranlarında artış görülmüştür.

Mannan et al. (2005), çalışmalarında atık palmye kabuğu kullanılarak elde edilen hafif betonların yapısal bağ ve dayanıklılık özelliklerini araştırmışlardır. Deneysel çalışmanın ilk aşamasında iri agregası olarak katı atık palmye kabuğu içeren hafif betonlar hazırlanarak yapısal bağ özelliklerini belirlemek ve davranış olarak hafif agregalı diğer betonlar ile karşılaştırmışlardır. Deneysel çalışmanın ikinci kısmında ise su emme, geçirgenlik ve dayanıklılık performansları incelenmiştir.

Teo et al. (2006), çalışmalarında kaba agregası olarak atık palmye kabuğu kullanılarak taşıyıcı hafif beton üretmek amacıyla yapmış oldukları deneysel çalışmada basınç dayanımı, aderansı, elastisite modülü ve eğilme davranışı incelenmiştir. Betonun elastisite modülü düşük olmasına rağmen, tam ölçekli ışı testleri yayılma sapma oranları BS8110 tarafından verilen limit dâhilinde olup 252 ve 263 arasında değiştiği gibi yük altındaki tasarım hizmeti sapma değerleri altında kabul edilebilir olduğu görülmüştür. Laboratuvar sonuçları düşük maliyetli konut inşaatı için ve aynı zamanda

deprem eğilimli alanlarda kullanılmak üzere, atık palmiye kabuğunun taşıyıcı hafif beton üretimi için kaba agregâ olarak iyi bir potansiyele sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Binici vd. (2009) çalışmasında, yüzeyleri pomza katkılı boyalarla kaplanan betonların deniz suyuna kası durabilitelerini araştırmışlardır. 15x15x15 cm' lik beton numuneler üretilip 4 farklı pomza katkılı boya ile kaplayıp iki yıl deniz suyunda bekleterek yaptıkları deneyler sonucunda en iyi sonucu Osmaniye pomzası ile kaplanan beton numunelerinden almış olup pomza katkılı boyalarla kaplanan beton numunelerinin hepsinde deniz suyu, sülfat ve tuzlara karşı iyi sonuçlar elde etmişlerdir.

Binici vd. (2010), çalışmalarında Öğütölmüş yüksek fırın cürufu ve bazaltik pomzayı ayrı ayrı veya birlikte içeren betonların mekanik aşınma ve geçirgenlik özelliklerinin araştırılmasını amaçladıkları çalışmalarında beton aşınması ve geçirgenliliğinin katkı tipi ve miktarına bağılı olduğunu ortaya koymuşlardır. Katkılı örneklerin aşınma dayanımı kontrol betonundan daha düşük iken özellikle bazaltik pomza katkılı örneklerin permeabilite değeri kontrol örneğinden daha düşük bulunmuştur.

3. MATERİYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışma kapsamında amaçlanan Taşıyıcı Hafif Beton (THB) ve Hafif Beton (HB) üretimi için Isparta yöresi kaynaklı hafif agrega ve yine Isparta yöresi kaynaklı normal agrega kullanılmıştır. THB tasarım ölçütü olarak iri agrega pomza agregası ince agrega olarak normal kum kullanılmıştır. HB tasarım ölçütü olarak ise iri ve ince agrega için pomza agregası kullanılmıştır. Beton üretiminde, bağlayıcı olarak Isparta Göltaş Çimento Fabrikası'ndan alınan portland çimentosu (EN 197-1 CEM I 42,5 R), karışım suyu olarak ise Isparta şebeke suyu kullanılmıştır. Yapılan deneysel çalışmaların tümünde Türk Standartları Enstitüsünün agrega deneyleri için belirlediği standartlar kullanılmıştır.

3.1.1. Agrega

Çalışmada iki farklı agrega kullanılmıştır. Isparta'nın Atabey İlçesinde bulunan, Akçay Deresinden temin edilen normal agrega (N) ile Isparta-Gölcük civarındaki pomza ocaklarından elde edilen pomzadır (P). Çalışmada kullanılacak olan agregaların haritada gösterimi Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3. 1. Çalışmada kullanılacak olan agregaların haritada gösterimi

3.1.2. Çimento

Bu çalışmada, Göltaş Göller Bölgesi Çimento Fabrikası'nın üretmiş olduğu portland çimentosu (EN 197-1 CEM I 42,5 R) kullanılmıştır. Bu çimento ile ilgili her türlü fiziksel-mekanik deneyler Çizelge 3.1.'de ve kimyasal analiz sonuçları, Çizelge 3.2.'de görülmektedir.

Çizelge 3. 1. Portland çimentosu CEM I 42,5 R nin kimyasal özellikleri

Kimyasal Bileşen	Çimento(%)
MgO	1.91
Al ₂ O ₃	6.20
SiO ₂	20.60
CaO	61.40
Fe ₂ O ₃	3.01
SO ₃	2.68
K ₂ O	1.03
Na ₂ O	0.19
Cl	0.007
Kızdırma Kaybı	3.89
Çözünmeyen Kalıntı	0.30

Çizelge 3. 2. Portland çimentosu CEM I 42,5 R nin fiziksel ve mekanik özellikleri

İncelik 90 µ	Blaine cm ² /g	Özgül Ağırlık	Eğilme Dayanımı	Priz başlama süresi (Dakika)	Basınç Dayanımı E28 (MPa)
0.1	2919	3.12	7.88	186	55.8

3.1.3. Katkı Malzemesi

Beton katkı malzemeleri su, agrega ve çimento dışında betonlara çok düşük miktarda katılan organik ve inorganik kimyasal malzemelerdir. Çimentonun sahip olduğu özellikleri, iyi yönde ve belirli bir ölçüde değiştirmek amacı ile beton üretilirken veya üretildikten sonra katılarak taze ve sertleşmiş betonun özelliklerini geliştirirler (Anonim, 1999). Bu çalışmada katkı malzemesi olarak silis dumanı ve kimyasal katkı olarak süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Silis dumanı yüksek performanslı beton ve harçların önemli bir bileşeni olup işlenebilmeyi artırır, kalsiyum hidroksitle reaksiyona girerek çimento hamuru ile agrega taneleri arasındaki yapışma alanını ve kuvvetini artırarak betonu dayanım ve kalıcılık yönünden yükseltir.

Süper akışkanlaştırıcı katkıları ise, uygulamada su/çimento oranını azaltarak daha yüksek dayanım kazanabilmek, kütle betonlarında hidrasyon ısısını düşürmek için çimento miktarının azaltılması veya aynı işlenebilmeyi sağlayabilmek ve kolay yerleşmeyi sağlamak amacıyla kullanılmaktadırlar. Akışkanlaştırıcılar su içerisinde eriyen boşluklu kimyasal dizilişleri ile suyun yüzey gerilimini düşüren organik maddelerdir ve beton içine hava sürükleyerek çimento topaklaşmasını önleyerek etkili olmaktadır. Su indirgeyiciler negatif elektriksel yüke sahip olup, su yüzeyinde hareket etme eğilimindedirler. Su ve çimento reaksiyona girdiğinde çimento taneleri su moleküllerini çevreleyerek foliküler bir yapı oluştururlar. Suyun bu şekilde kapanması istenen akışkanlığa ulaşabilmek için daha fazla su ilavesini gerektirir. Akışkanlaştırıcı madde ilave edildiğinde çimento tanecikleri tarafından adsorbe edilerek negatif yüklü katkı partikülleriyle birleşirler ve aynı yüklü olduklarından birbirlerini iterler. Sonuçta kapanmış olan su açığa çıkar. Katkının defoliküler etkisi sonunda çimento folikülleşmesi önlenmekte ve açığa su çıkmaktadır. Bu maddelerin topaklaşmayı önlemeleri ve aynı zamanda tanelerin birbiri üzerinde kaymalarını kolaylaştırarak yağlayıcı etki göstermeleri betonun iç sürtünmesini azaltmakta ve işlenebilirliği artırmaktadır.(Anonim, 1996).

Çalışmada mineral katkı olarak Sika Yapı Kimyasalları A.Ş.’ nin ürettiği SİKAFUME HR kullanılmıştır. Silis dumanına ait özellikler çizelge 3.3. de verilmiştir.

Çizelge 3. 3. Silis dumanının özellikleri

Fiziki görünüm	İnce toz
Rengi	Gri
Erime noktası	160C°
Yoğunluk	650 kg/dm ³

Kimyasal katkı olarak ise Sika Yapı Kimyasalları A.Ş.’ nin ürettiği Sikaplast N-109 süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Sikaplast N-109, yüksek oranda su azaltıcı ve erken yüksek dayanım sağlayan bir katkı maddesidir. ASTM C 494 ve TS EN 934-2 standartlarına uygundur. Betonarme elamanlarda, sık ya da ince donatılı elamanlarda, erken kalıp alınması gereken durumlarda ve soğuk havalarda erken yüksek dayanım istenilen durumlarda da kullanılmaktadırlar.

3.1.4. Su

Çalışmada, beton karışım suyu olarak Süleyman Demirel Üniversitesi Batı kampüsü şebeke suyu kullanılmıştır.

3.2. Metot

Bu bölümde beton karışımına giren malzemelere ait özelliklerin belirlenmesi yöntemlerinden bahsedilmiş ve beton karışım hesapları yapılarak, silindir ve prizmatik beton numuneleri ile betonarme kirişlerin üretimi ile ilgili uygulanan metotlar verilmiştir.

3.2.1. Agregada Fiziksel Özelliklerin Tayini

TS EN 932-1’e (1997) uygun şekilde Agregada yığınının belirli bölgelerinden agregada deneyleri yapmak için numuneler alınmış ve TS EN 932-2’ye (1999) uygun biçimde çeyreklemeye yöntemi kullanılarak numuneler azaltılmıştır. Agreganın fiziksel özelliklerin belirlenmesinde elek analizi deneyi, TS 3530 EN 933-1’e (1999) uygun olarak, agregada sıkışık ve gevşek birim hacim ağırlık deneyi TS 3529’a uygun olarak ve TS 3526’ya uygun olarak özgül ağırlık ve su emme deneyleri yapılmıştır.

3.2.1.1 Elek analizi

Elek analizi deneyi, beton yapımında kullanılacak doğal veya yapay agregaların tane büyüklüğü dağılımını (granülometrik bileşimini), tane sınıflarını ve incelik modülünü belirleyebilmek için ASTM C 136'ya göre yapılmıştır.

Elek analizi için agrega deneyleri yapmak üzere saklanan numuneler, TS 3530 EN 933-1'e (1999) uygun olarak etüve konulmuş, 24 saat sonra etüvden çıkarılmıştır. Deney elekleri, yukarıdan aşağıya doğru göz açıklıkları giderek küçülecek şekilde üst üste yerleştirilmiştir. Kurutulup tartılmış deney numunesi en üstteki eleğin içine konmuş ve eleme işlemi yapılmıştır. Eleme işlemi sonunda her elekte kalan malzeme 0,1 gr duyarlıkta tartılmıştır. Çalışmada kullanılan elek takımı, elek sarsma makinesi ve terazi sırasıyla şekil 3.2.'de verilmiştir. Numunelerin kurutulmasında kullanılan etüv şekil 3.3.'de verilmiştir.



Şekil 3. 2. Elek analizinde kullanılan elek takımı, elek sarsma makinesi ve terazi



Şekil 3. 3. Elek analizinde kullanılan etüv

3.2.1.2. Agregada gevşek ve sıkışık birim ağırlık tespiti

Agregada Gevşek ve Sıkışık Birim Ağırlık deneyi, beton yapımında kullanılacak pomza ve normal agregaların sıkışık ve gevşek birim ağırlıklarını belirleyebilmek için TS 3529'a (1980) göre yapılmıştır.

Hava kurusu konumuna getirilmiş agreganın ağırlığı bilinen (W_1) ölçü kabına kürek ile taşarcasına doldurulur. Küreğin ölçü kabı üst yüzeyinden 5 cm'den daha yükseğe kaldırılmamasına, agreganın sıkışmamasına ve ayrışmamasına özen gösterilmelidir. Ölçü kabı üst yüzeyi bir mala yardımı ile silme olarak düzlenerek tartılır. (W_2)

Agreganın gevşek birim ağırlığı denklem (3.1) yardımı ile bulunur.

$$Bg = \frac{W_2 - W_1}{V} \quad (3.1)$$

Hava kurusu konumuna getirilmiş agreganın ağırlığı bilinen (W_1) ölçü kabına toplam yüksekliğinin 1/3'üne kadar doldurulur. Numune şişleme çubuğu yüzeyde homojen olacak şekilde 25 kez şişlenerek sıkıştırılır. Aynı işlem 2/3'ü ve taşarcasına doldurulduktan sonra tekrarlanır. Son olarak ölçü kabı üst yüzeyi mala yardımı ile düzeltilerek tartılır. (W_2)

Agreganın sıkışık birim ağırlığı denklem (3.2) yardımı ile bulunur.

$$Bs = \frac{W_2 - W_1}{V} \quad (3.2)$$

3.2.1.3. Agreganın özgül ağırlık ve su emme değerlerinin tespiti

Beton yapımında kullanılacak doğal veya yapay agregaların kuru veya doymuş kuru yüzey özgül ağırlıklarını ve görünen özgül ağırlığı ile su emme oranını belirlemek üzere uygulanan deney yöntemidir. Pomza ve normal agregaya ait özgül ağırlık ve su emme deneyleri TS 3526'ya (1980) göre yapılmıştır. İri agreganın özgül ağırlık deneyinde kullanılan aletler Şekil 3.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 4. Özgöl ağırlık deneyinde kullanılan gereçler

İri deney numunesi su içerisinde 24 saat bekletilerek çıkarılır suyu süzülerek kurulama bezi ile taneler üzerinde su filmi kalmayınca kadar kurulanır ve tartılır. Doygun kuru yüzey ağırlığı belirlenen numune tel sepet içerisinde su dolu kabın içerisine daldırılarak dikkatli bir şekilde temastan kaçınarak tartılır. Tamamen doygün ağırlığı tartılan numune etüve konularak kuru ağırlığı bulunur. İri agreganın özgül ağırlığı üç farklı nem durumuna göre görünen özgül ağırlığı denklem (3.3.), Doygun kuru yüzey özgül ağırlığı denklem (3.4.), kuru özgül ağırlığı denklem (3.5.) ve su emme oranı denklem (3.6.)

$$\delta g = \left(\frac{W_1}{W_1 - W_3} \right) \quad (3.3)$$

$$\delta d = \left(\frac{W_2}{W_2 - W_3} \right) \quad (3.4)$$

$$\delta k = \left(\frac{W_1}{W_2 - W_3} \right) \quad (3.5)$$

$$m_e = \left(\frac{W_2 - W_1}{W_1} \right) \quad (3.6)$$

eşitlikler kullanılarak bulunur.

3.2.1.4. Sodyum sülfat ile dayanıklılık tayini

Agreganın dona dayanımı kimyasal yöntem ile saptanmıştır. Normal agrega ve pomzalar tane büyüklüğü 4/8 (mm) 300 gramlık numune 105 0C de değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve tartılmıştır. Kurutulan numuneler tel sepetlere konularak ve içinde sodyum sülfat çözeltisi bulunan kovalara ayrı ayrı daldırılmıştır. Numuneler çözeltinin içinde bu şekilde 18 saat bekletilmiştir. Buharlaşmaya engel olmak için, kovalar bir kapak yardımı ile kapatılmıştır. 18 saat bekleme süresinin ardından numuneler çözeltilerden çıkartılmış ve 15 dakika oda sıcaklığında bekletildikten sonra etüve konularak 105 0C de kurutulmuştur. Kurutulan numuneler etüvden çıkartılarak 15 dakika oda sıcaklığın da bekletilmiştir. Daldırma, çıkartma ve etüvde kurutma işlemi beş kez tekrarlanmıştır. Beşinci tekrarlamının sonunda kurutulup soğutulan numuneler elek üzerine boşaltılarak elenmiş ve aynı zamanda su ile yıkanılmıştır. Yıkama ve eleme işlemleri tamamlandıktan sonra numuneler 1050 0C de kurutulup oda sıcaklığında soğuyuncaya kadar bekletilmiş ve tartılmıştır.

3.2.1.5. Özgül ağırlık faktörü tayini

Pomza agregasının özgül ağırlık faktörleri piknometre metodu ile TS 2511’de belirtilen kurallara göre yapılmıştır. Özgül ağırlık faktörleri Denklem (3.7.) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Sgf = \left(\frac{W_2}{W_2 + W_4 - W_3} \right) \quad (3.7)$$

3.2.2. Taze ve sertleşmiş beton deneyleri

Taze betonun birim hacim ağırlığının belirlenmesi için TS EN 12350-6' ya göre hacmi ve kütlesi bilinen, katı ve sızdırmaz kap içerisine sıkıştırılarak yerleştirilir ve tartılır. Taze betonun birim hacimdeki ağırlığı tespit edilmiştir. Bu deney ile taze betonun birim hacmindeki ağırlığının kg/m^3 olarak ifade edilmesi ve beton içerisindeki hapsolmuş hava miktarı belirlenebilir.

Tez çalışması kapsamında sertleşmiş beton deneylerinden basınç dayanımı, eğilme dayanımı, birim ağırlık, ultrases geçiş hızı ve su emme deneyleri yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda 7 ve 28 günlük örnekler üzerinde analizler yapılmıştır.

3.2.2.1. Basınç dayanımı

Her bir karışımın basınç dayanımının tayini için $\Phi 150\text{mm}$ ve 300 mm yüksekliğinde silindir numuneler üretilmiştir. Numunelerin basınç dayanımı deneyi, TS EN 12390-4'e (2002) basınç dayanımı-deney makinelerinin özellikleri standardına uygun preste TS EN 12390-3'e (2003) göre yapılmıştır. Beton numunelerinin kalıba yerleştirilmesi sarsma tablası kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3.5.). Kalıptan çıkartılan beton örnekleri kür havuzunda bekletilmiştir (Şekil 3.6.). Sertleşmiş beton örnekleri tek eksenli basınç aleti ile kırılmıştır (Şekil 3.7.). Numunelerin zamanla göstereceği dayanım artışları için 7, 28, günlük dayanımları ölçülmüştür. Numunelerin basınç dayanımları Denklem (3.8.)'de yerine konularak hesaplanmıştır.

$$F_C = \left(\frac{F}{A_c} \right) \quad (3.8)$$



Şekil 3. 5. Sarsma tablası



Şekil 3. 6. Numune bakımının yapıldığı kür tankı



Şekil 3. 7. 300 ton kapasiteli tek eksenli basınç aleti

3.2.2.2. Ultra ses geçiş hızı deneyi

Ultrases geçiş hızı ile ölçüm ASTM C 597'ye göre yapılmıştır. Malzeme testinde ses ölçümü, ultrases piezzo elektrik metodu ile elde edilmiştir (Şekil 3.8.).



Şekil 3. 8. Ultrases deney aleti

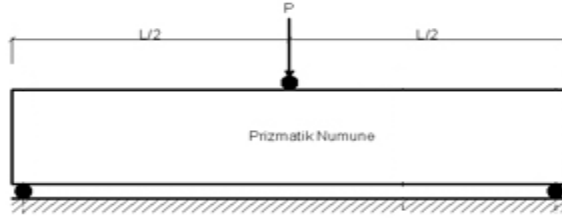
Kalibrasyon okumasını yaptıktan sonra Beton numunenin bir ucuna ultrasesi oluşturan prob, diğer ucuna da malzeme içinden geçen ses dalgalarını alan bir prob yerleştirilmiştir. Temas eden yüzeylerde boşluk olmaması için cihaz için üretilen jel yüzeylere sürülmüştür. Alıcı prob tarafından alınan ses dalgaları bir osilografa nakledilerek sesin örnek içinden geçiş zamanı tespit edilmiş ve bu süre mikrosaniye biriminde bulunmuştur. Deney 100×100×100 mm ebatlarında üç adet küp numune

üzerinde yapılmıştır. Ultrases hızı deney sonuçlarının değerlendirilmesinde (Km/sn) olarak Ultrases hızı geçiş süresi denklem (3.9) kullanılarak bulunmuştur.

$$V = \frac{L}{t} \quad (3.9)$$

3.2.2.3. Eğilme Dayanımı Deneyi

Betonun eğilme dayanımı tayini TS EN 12390-5 (2002) standardına göre orta noktasından yüklenmiş basit kiriş metodu ile yapılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3. 9. Orta noktasından yüklenmiş basit kiriş

Eğilme dayanımları tayini için 100×100×500 mm'lik kiriş numuneleri Yapılan deney sonucu eğilmede çekme dayanımı 28. günde kırılan numuneler için Denklem 3.10. ile bulunmuştur.

$$f_{cf} = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2d_1 \cdot d_2^2} \quad (3.10)$$

Bu deney için S.D.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Malzemeleri ve Beton Teknolojisi Laboratuvarında bulunan 15 ton kapasiteli yükleme hızı ayarlanabilen test cihazı kullanılmıştır. Yükleme simetrik iki noktadan uygulanmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3. 10. Eğilme deneyi test cihazı

3.2.2.4. Elastisite Modülü Tayini

Mühendislikte kullanılan birçok malzeme, belirli bir gerilme değerine kadar olan yüklemeler altında elastik özellik göstermektedir. Fakat bu gerilmeler aşıldığında tamamen elastiklik özelliğini kaybetmektedir. Betonun oluşturan malzemelerden agrega ve çimento elastik davranış göstermesine karşı, kompozit bir malzeme olan beton yüksek gerilme değerlerinde elastik bir malzeme değildir. Beton, en yüksek basınç dayanımının % 25 ile 40 seviyelerinden sonra elastik özelliğini kaybeder. Düşük gerilme değerleri göz önüne alındığında, betonu oluşturan iki malzemenin de gerilme-sekil değiştirme davranışlarının doğrusal olduğu belirtilebilir. Betonun oluşturan agrega ve çimento hamurunun elastisite modülleri oldukça farklıdır. Betona uygulanan gerilmeye bileşenlerden agrega ve çimentonun farklı tepki vermesi, betonu yüksek gerilme mertebelerinde elastik olmayan bir davranış göstermesine neden olmaktadır. Bu durum betonun kompozit bir malzeme olmasının yanında çimento hamuru ve agrega arasındaki bağın yapısına da bağlıdır. Agreganın sertliğinin çimento hamurunun sertliğine yakın olduğu durumda betonun elastik davranışa yakın bir özellik gösterdiği görülmüştür (Neville, 1995).

Betonun elastisite modülü, matrisin elastisite modülüne, agrega tipine, su/bağlayıcı oranına ve çimento hacmine bağlıdır. Betonun sahip olduğu en yüksek gerilme değeri azaldıkça, sahip olduğu doğrusal bölge de gerilme değerine bağlı olarak

azalmaktadır. Buna bağılı olarak da elastisite modülü daha düşük değerler almaktadır. Diğer bir ifadeyle, hafif betonun sahip olduğu en yüksek gerilme değeri artıkça betonların aynı gerilme altındaki sekil değiştirme yetenekleri azalmaktadır. Normal betonla karşılaştırıldıklarında ise, hafif agregaların daha kırılğan yapıda olmalarından dolayı, aynı bileşenlere sahip olsalar bile normal agregalı betondan daha düşük basınç gerilmesine sahip olmaktadırlar. Dolayısıyla aynı gerilmeler altında hafif betonların sekil değiştirme yetenekleri de daha fazla olmaktadır. Sonuç olarak hafif agregalı betonların elastisite modülü değerleri normal agregalı betonların sahip olduğu elastisite modülüne göre daha düşük değerler almaktadır (Uygunoğlu 2008). Betonda elastisite modülü, beton deney numunelerinde elastik bölgede uygulanan kuvvetin oluşturduğu basınç gerilmelerinin numunelerde boyuna kısalmaya oranı olarak ifade edilmektedir. Betondaki gerilme-birim deformasyon ilişkisi TS 3502'ye (1981) uygun deneysel olarak belirlenmiş ve bu amaçla 150×300 mm boyutlu standart silindir numuneler üretilmiş ve 28. günde basınç deneyinde olduğu gibi deney presinde yüklemeye tabi tutulmuştur (şekil 3.11.). Deneye başladıktan sonra, giderek artan yüklere karşılık betonda oluşan deformasyonlar kaydedilmiş ve bu işleme numune kırılıncaya kadar devam edilmiştir. Kaydedilen değerlerden gerilme değerleri dikey eksene, birim deformasyon değerleri ise yatay eksene yerleştirilerek gerilme-birim deformasyon eğrisi elde edilmiştir. Bu eğriye belli bir noktastan çizilen doğrusal çizginin eğiminden hesaplanan sekant elastisite modülü denklem 3.11.'e göre hesaplanmıştır.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3.11.)$$



Şekil 3. 11. Elastisite modülü ölçüm sistemi

3.2.3. Beton karışım hesapları

Pomza agregası ile Taşıyıcı Hafif Beton üretimi için TS 2511 de belirtilen yöntem kullanılmıştır. Mekanik fiziksel ve durabilite özelliklerinin belirlenmesi için 7-28-90 günlük kür sürelerinin sonunda deneyler yapılması için kontrol betonu olarak bütün agregası hafif agregadan teşekkül etmiş olan HB serisi beton ile Taşıyıcı hafif beton olarak tanımlanan ve ince agregası normal agrega iri agregası ise pomza agregasından teşekkül etmiş THB serisi olmak üzere betonlar dökülmüştür. TS 2511'e göre en az üç çimento dozajına göre denem betonları dökülmeli ve uygun çimento dozajı seçilmelidir. Çalışmada iki farklı çimento dozajında THB1 ve THB2 ve tek çimento dozajında HB serileri için karışım hesabı yapılmıştır. Çimento dozajları sırasıyla 430- 350 -450 kg/m³ kg olarak seçilmiştir. Agregaların beton döküm aşamasındaki nem durumuna göre bulunan özgül ağırlık faktörleri kullanılmıştır.

Çalışmada; karışım hesaplarında kullanılacak maksimum agrega dane boyutu (D_{max}) 16 mm alınmış. Agrega karışım oranları her bir seri beton karışımı için farklı alınmıştır. Taşıyıcı hafif beton (THB1 ve THB2) üretiminde hafif agrega olarak Isparta-Gölcük pomzası (0–4 mm) (4-8 mm) ve (8–16 mm) ve normal agrega (0–4mm) kullanılmıştır.

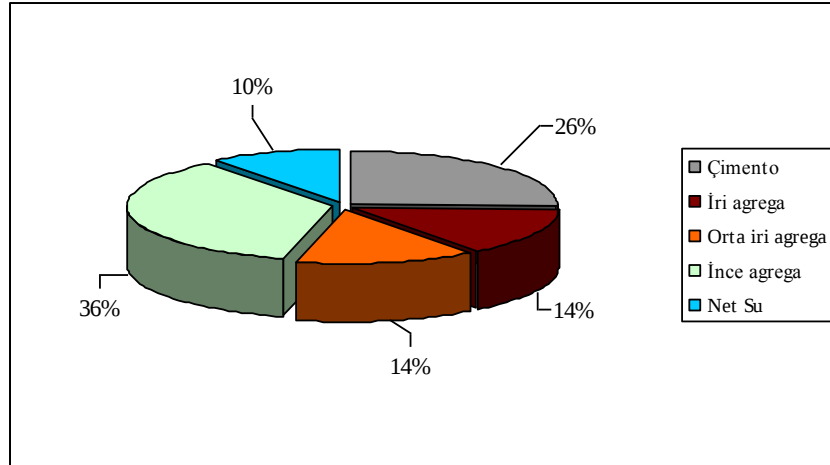
Beton için gereken agreganın granülometri eğrisi TS 802'ye belirlenmiştir. Deneyler için imal edilen bütün betonlarda granülometri aynı tutulmuştur. Beton karışım hesapları TS 2511'e göre yapılmıştır.

3.2.3.1 HB serileri için karışım hesabı

HB serisi betonlarda çimento dozajı 450 kg seçilmiş ve katkı malzemesi kullanılmamıştır. Bütün agregası (iri-ince) pomza olan betonlar dökülmüştür. 1 m³ beton için malzeme miktarları Çizelge 3.4.'de ve malzeme dağılımları şekil 3.12.'de verilmiştir.

Çizelge 3. 4. HB Serisi karışım malzeme miktarları

Malzeme	Ağırlık (kg)
Çimento	450
İri agreg	247
Orta iri agreg	247
İnce agreg	630
Net Su	180



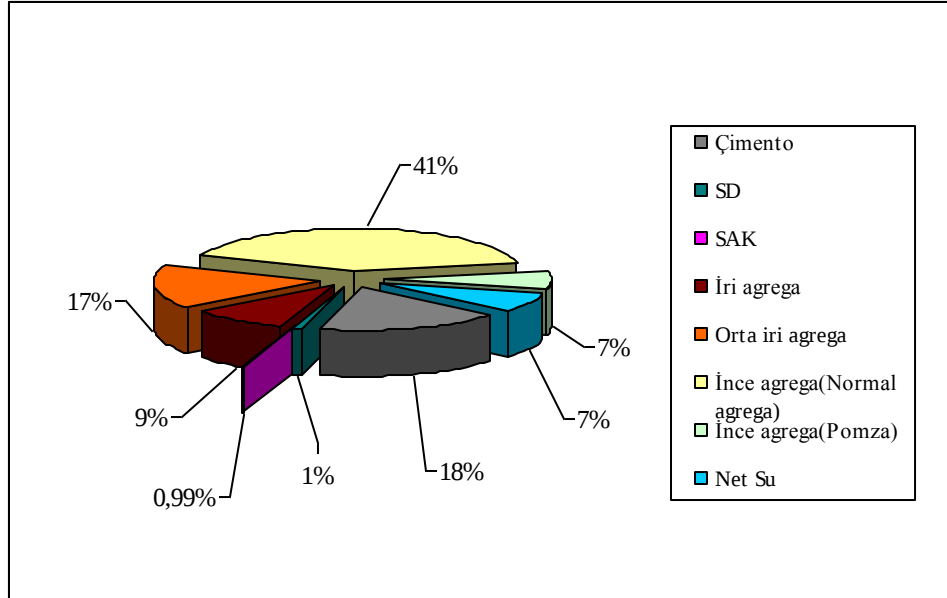
Şekil 3. 12. HB serisi betonun malzeme dağılımı

3.2.3.2. THB serileri için karışım hesabı

THB1 serisi betonlarda çimento dozajı 350 kg seçilmiş ve katkı malzemesi olarak süper akışkanlaştırıcı ve silis dumanı kullanılmıştır. Agregâ proporsiyonunun da agregâ hacminin %40 ince normal agregâ %10 ince pomza agregâsı, iri agregâ olarak %30 orta iri pomza ve %20 iri pomza yer almıştır. 1 m³ beton için malzeme miktarları Çizelge 3.5.'de ve malzeme dağılımları şekil 3.13.'de verilmiştir.

Çizelge 3. 5. THB1 Serisi karışım malzeme miktarları

Malzeme	Ağırlık (kg)
Çimento	350
SD	17,5
SAK	7
İri agregâ	178,2
Orta iri agregâ	326,7
İnce agregâ (Normal agregâ)	786,3
İnce agregâ (Pomza)	143,3
Net Su	140

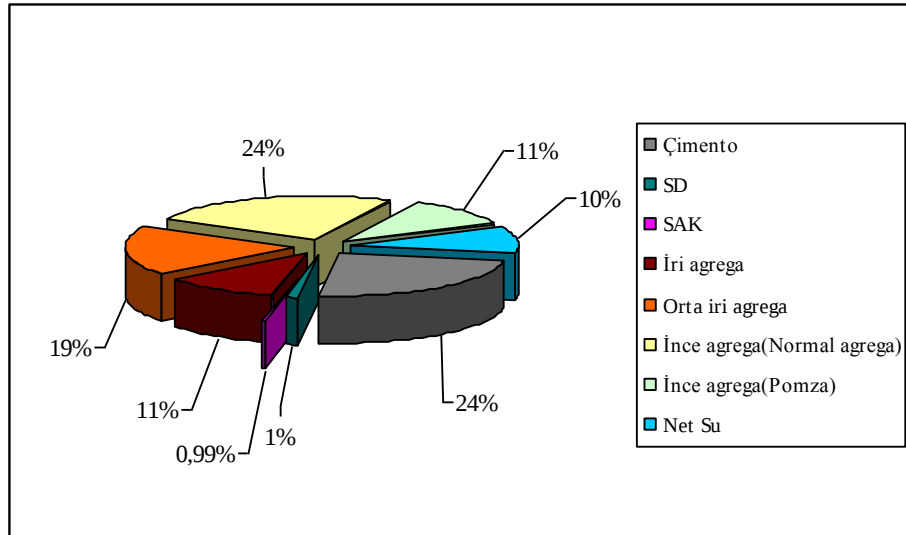


Şekil 3. 13. THB1 serisi betonun malzeme dağılımı

THB2 serisi betonlarda çimento dozajı 450 kg seçilmiş ve katkı malzemesi olarak süper akışkanlaştırıcı ve silis dumanı kullanılmıştır. Agrega proporsiyonun da agreganın hacminin %25 ince normal agregası, %15 ince pomza agregası, iri agregası olarak %35 orta iri pomza ve %25 iri pomza yer almıştır. 1 m³ beton için malzeme miktarları Çizelge 3.6.'da ve malzeme dağılımları şekil 3.14.'de verilmiştir.

Çizelge 3. 6. THB2 Serisi karışım malzeme miktarları

Malzeme	Ağırlık (kg)
Çimento	450
SD	45
SAK	7
İri agregası	204
Orta iri agregası	349,4
İnce agregası(Normal agregası)	450,5
İnce agregası(Pomza)	197
Net Su	180



Şekil 3. 14. THB2 serisi betonun malzeme dağılımı

Çizelge 3. 7. Üretilen beton serilerinin karışım tasarımı

Seri	Çimento Dozajı Kg/m³	Agrega Tipi ve Dağılımı				Silis Dumanı	SAK
		Normal Agrega	Pomza Agregası				
		0-4	0-4	4-8	8-16		
HB	450	0	50	25	25	-	-
THB1	350	40	10	30	20	%5	%2
THB2	450	25	15	35	25	%5	%2

3.2.4. Beton üretimi

Birçok araştırmacı taşıyıcı hafif betonda oluşma ihtimali yüksek olan autogenous rötrenin önlenmesi için üretimde kullanılacak hafif agreganın suya doygun olmasını önermişler (Ulus, 2007). Beton üretiminde kullanılacak düz eksenli mikser şekil 3.15.'de gösterilmiştir. Önce iri ve orta iri pomza miksere katılarak 15 dakika ön emdirme uygulanmıştır. Daha sonra miksere silis dumanı katılarak agreganın boşluklarının jelleşmesi için 1 dakika beklenilerek sırayla kalan diğer malzemeler ve en son su katılmıştır. Yeterli kohezyon sağlanıncaya kadar karıştırılmıştır. Çeşitli deneylerde kullanılmak üzere her üç seri beton için betonları üretilmiştir (Çizelge 3.7.).



Şekil 3. 15. Düz eksenle cebri karıştırılmalı beton mikseri

Üretilen betonlar kalıplara üç aşamada konmuş ve her aşamada 10 sn. sarsma tablası aleti ile sarsılmıştır. Numunelerin üstü ıslak keten örtü ile örtülerek 24 saat kalıp

içinde bırakılmış, bu surenin sonunda kalıptan çıkarılarak deneylerin yapılacağı güne kadar bağıl nemi % 65 olan ve sıcaklığı 22  C olan kr tankında saklanmıştır (şekil 3.16.).



şekil 3. 16. Kr Havuzunda Bekletilen numuneler

4. BETONARME KİRİŞLER İÇİN UYGULANAN YÖNTEM VE MALZEME ÖZELLİKLERİ

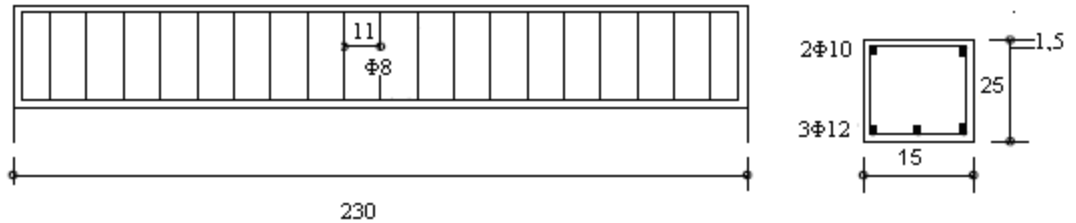
Tez amacına göre taşıyıcı hafif betonların taşıyıcılık özelliğinin belirlenmesi amacıyla 15*25*230 cm ebatlarında iki adet betonarme kiriş üretilmiştir.

4.1. Malzeme Özellikleri

Betonarme kirişlerde BÇIII-A (S420) donatısı kullanılmıştır. Kullanılan donatı çeliğinin özellikleri çizelge 4.1’de ve Üretilen betonarme kirişlerin kalıp şeması şekil 4.1.’de verilmiştir.

Çizelge 4. 1. Kullanılan betonarme donatısına ait özellikler

Özellikleri	Birimi	Donatı Çapları		
		Φ8	Φ10	Φ12
Çap	mm	8,00	10,01	12,00
Kesit Alanı	mm ²	50,3	78,6	113,1
Akma Yüğü	Kg	2607	4103	5610
Akma Gerilmesi	Kg/ cm ²	51,8	52,2	49,6
Kopma Yüğü	Kg	3058	4905	6718
Kopma Gerilmesi	Kg/ cm ²	60,8	62,4	59,4
Kopma uzaması	%	18,7	18	18,3



Şekil 4. 1. Betonarme kirişlerin donatı detayı ve geometrik özellikleri



Şekil 4. 2. Betonarme kirişlerin donatı kafesi

Hazırlanan donatılar kafes şeklinde bağlanarak (Şekil 4.2.) pas payı miktarı dikkate alınarak kalıba yerleştirilmiştir (Şekil 4.3.) Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Ulaştırma Laboratuvarında hazırlanan beton karışım malzemeleri 3 farklı mikserde aynı anda karışım yapılarak beton üretimi yapılmış ve kiriş kalıplarına beton dökümü yapılmıştır (Şekil 4.4.).

Beton yerleştirmesinin sağlanması ve etriyeler arasına betonun homojen olarak dağılması için dalgıç tipi vibratör kullanılmıştır (Şekil 4.5.). Betonun kalıplara yerleştirilmesi tamamlandıktan sonra kiriş daha önceden hazırlanan sera tipi plastik naylona sarılarak terlemenin ve su kaybının oluşarak rötre çatlaklarının oluşması engellenmiştir (Şekil 4.6.).

Deney gününe kadar kür koşulları sağlanmış ve 28. gününde betonarme kiriş Düzce Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı laboratuvarında bulunan eğilme deneyi çerçevesinde kırılmıştır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4. 3. Kalıp içine yerleştirilen donatı kafesi (a), (b), (c)



(a)



(b)

Şekil 4. 4. Betonarme kirişlere beton dökümü (a), (b)



Şekil 4. 5. Betonarme kirişlerde betonun sıkıştırılması



(a)



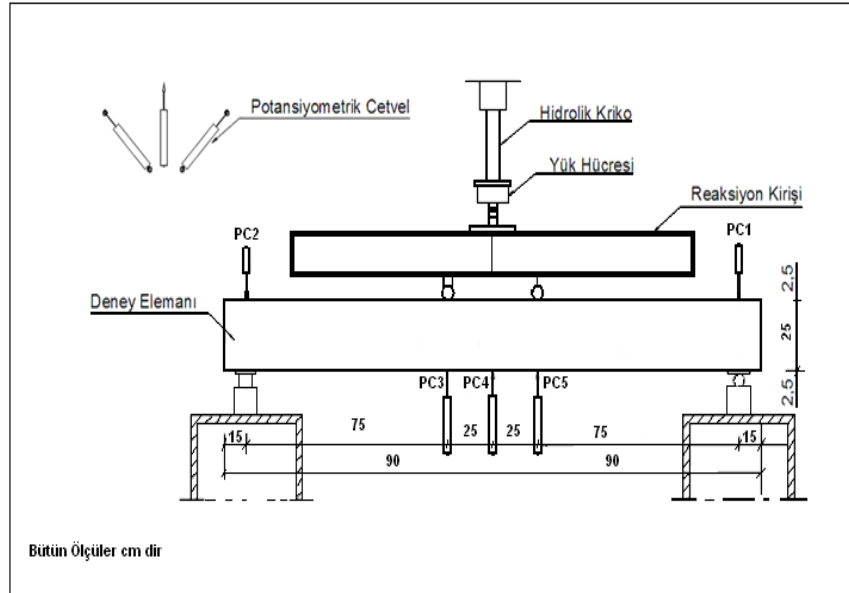
(b)



(c)

Şekil 4. 6. Betonarme kirişlerin kür şartları (a), (b), (c)

Betonarme Kirişlere ait yükleme deneyi laboratuvar ortamında, bilgisayar kontrollü yükleme sistemi ile yapılmıştır. Yüklemenin yapıldığı deney düzeneği kapalı bir çerçeveden oluşmaktadır. Deneylerde kullanılan deney düzeneği şematik olarak şekil 4.7’de ve Şekil 4.8’de gösterilmektedir.



Şekil 4. 7. Betonarme kirişlerde uygulanan deneyi düzeneği şeması



Şekil 4. 8. Betonarme kirişlerde uygulanan yükleme deneyi çerçevesi

Yükleme deneyinde betonarme kiriş numuneler deney düzeneğine basit mesnetli olarak oturtulmuş ve yatay konumda manüel olarak statik yükleme yapılmıştır. 50

cm'lik yükleme açıklığı bırakılan Betonarme kirişlere simetrik yük uygulaması yapılarak basit eğilme etkisi altında kırılmıştır(Şekil 4.9.).



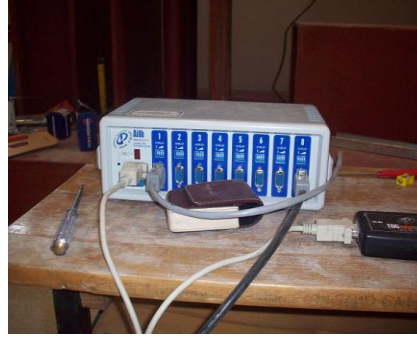
Şekil 4. 9. Basit mesnetli olarak yerleştirilen kiriş numunesi

4.3. Kiriş Numunelerinin ölçüm mekanizması

Yük etkisi altındaki betonarme kirişlerin şekil değiştirmelerinin belirlenmesi için kirişlerin belirli bölgelerine, kapasiteleri 100 mm olan ve % 0,1 hassasiyetle ölçüm yapan Potansiyometrik pozisyon algılayıcılar (PC) yerleştirilmiştir (Şekil 4.10.). Alınan ölçüm değerleri sekiz kanallı Ai8B markalı Teknik Destek Grubuna ait veri toplayıcı ile değerleri bilgisayara aktarılmıştır (Şekil 4.11.).



Şekil 4. 10. Yer değiştirmelerin ölçüldüğü Potansiyometrik pozisyon algılayıcı



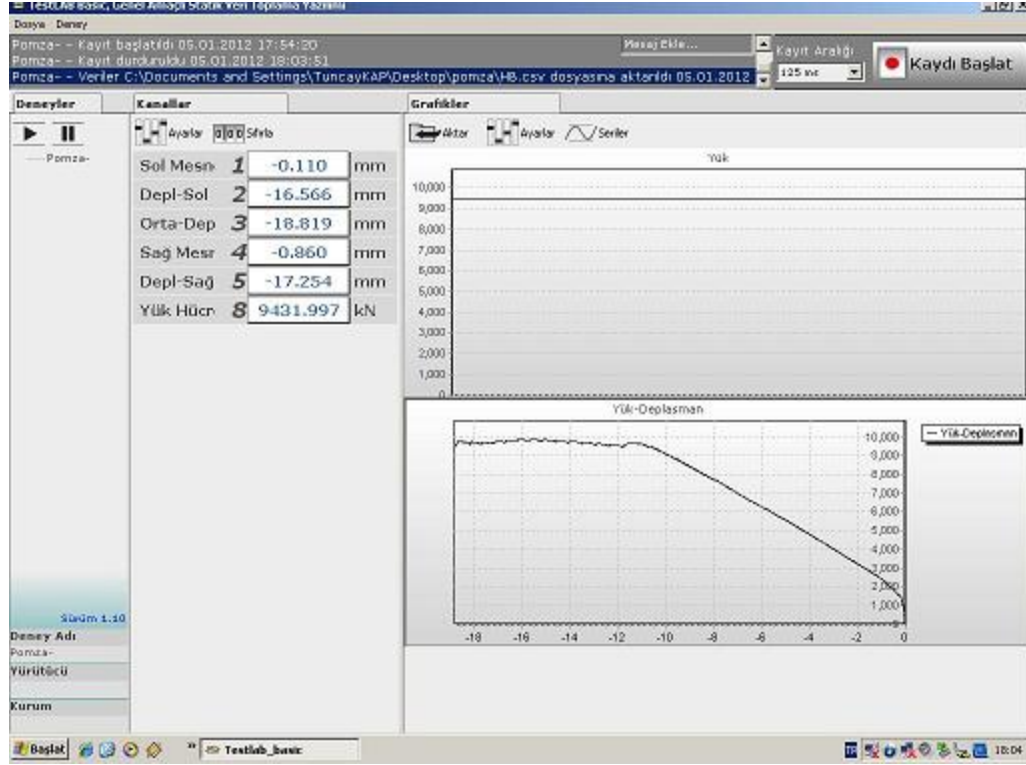
Şekil 4. 11. Ölçüm verilerini bilgisayara aktaran veri toplayıcısı

Yük uygulanacak kirişlerin beş farklı yerine PC yerleştirilmiştir. 1 numaralı PC kirişin sabit mesnetinin hizasında kiriş üstüne isimlendirmesi “Sol Mesnet”, 2 numaralı PC sabit mesnet tarafında bulunan yük kolunun hizasında kiriş altına isimlendirmesi “Depl.-Sol”, 3 numaralı PC iki yük kolu orta noktası hizasında kiriş altına isimlendirmesi “Depl-Orta”, 4 numaralı PC kiriş hareketli mesnet tarafında bulunan yük kolunun doğrultusunda kiriş altına isimlendirmesi “Depl.-Sağ” ve son olarak 5 numaralı PC hareketli mesnet doğrultusunda kiriş üzerine isimlendirmesi “Sağ Mesnet” olarak yerleştirilmiştir (Şekil 4.12.)



Şekil 4. 12. Potansiyometrik pozisyon algılayıcı yerleştirilen kiriş numunesi

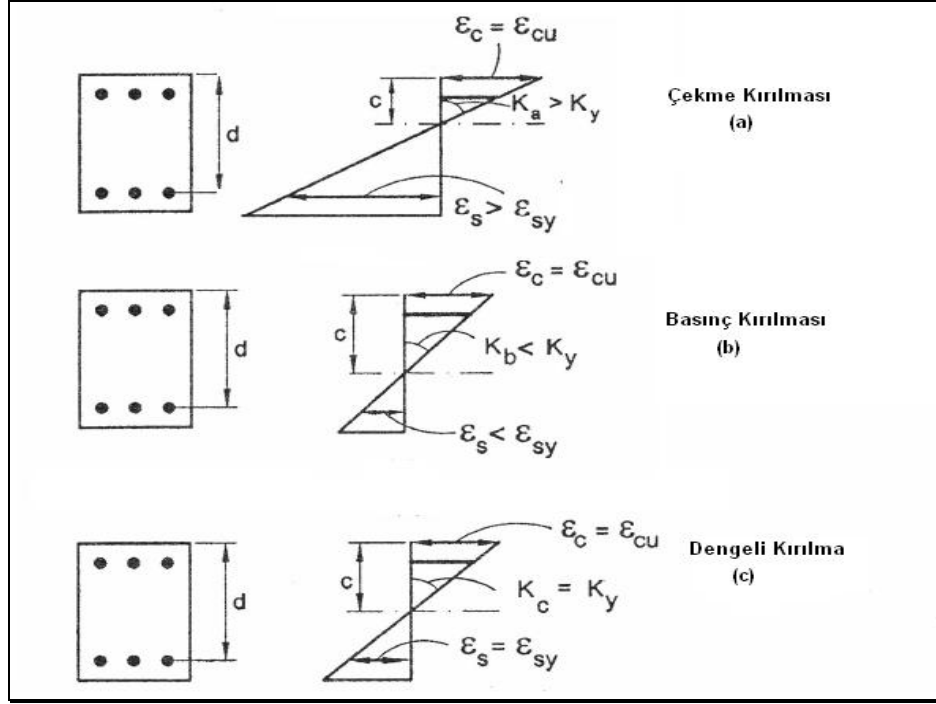
Deneyde veri toplama zaman aralığı 0,5 saniye olarak alınmıştır. Okumaların alınarak verilerin aktarıldığı bilgisayar ekranı şekil 4.13.'de verilmiştir.



Şekil 4. 13. Veri toplama cihazından gelen verilerin bilgisayara aktarılması

4.4. Basit Eğilme Etkisindeki Kirişlerin Davranışı

Kirişler basit eğilme etkisinde moment taşıma kapasitesine en dış lifindeki betonun ezilmesi ile ulaşırlar. Ezilme anında basınç lifindeki beton ϵ_{cu} birim kısalma değerine ulaşır. Ezilme anındaki bu durumda çekme donatısının akıp akmadığı kirişin süneklik durumu ve kirişin kırılma tipini belirleyen bir faktördür. Eğer çekme donatısı kırılma konumuna ulaşılmadan akmış ise kırılmaya çeliğin durumu hakim olacağından kiriş süneklik davranışına uyacaktır ve moment eğrilik ilişkisi elasto-plastik gerilme-şekil değiştirme eğrisine benzer olacaktır. Bu tür kırılmaya çekme kırılması denilir (Şekil 4.8.a).



Şekil 4. 14. Bir betonarme eğilme elemanı kesitinin kırılma biçimleri

Kırılma konumunda çekme donatısı akmamış ise kırılmaya betonun özellikleri hakim olacağından ve beton da basınca çalışan bir malzeme olduğundan kirişin davranışı gevrek olacaktır. Bu tür kırılmaya basınç kırılması denilir (Şekil 4.14.b).

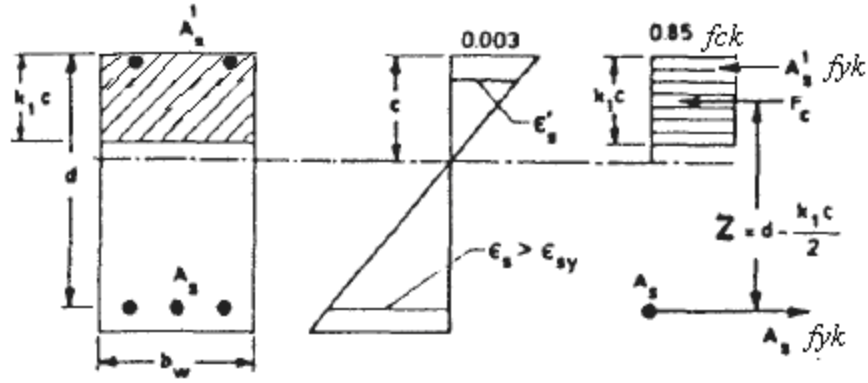
Bu iki tip kırılma davranışını arasında dengeli bir durumda var olmaktadır. Dengeli kırılma olarak tanımlanan bu durumda, kırılma anı ve çekme donatısının akması aynı anda gerçekleşmektedir. Ancak dengeli kırılmada da çekme donatısı akmadığı için yinede gevrek kırılma olmaktadır (Şekil 4.14.c).

Mühendislik uygulamalarında göçme oluşmadan görülecek aşırı deformasyonların bir süre devam ettiği çekme kırılması, tercih edilen bir davranış biçimidir. Bu şekilde davranışa sahip elemanlarda göçme ani olmaz ve önlem alınması ve yapının boşaltılması için gereken zaman bulunabilir. Ayrıca bu davranışa sahip olan bir yapı elemanının, deprem gibi dinamik yükler altında enerji tüketme kapasitesi çok daha yüksektir. Basınç kırılması veya dengeli kırılma davranışı gösteren bir yapı elemanı, herhangi bir uyarıcı şekil değişimi göstermeden birdenbire kırılacağından, önlem alma veya yapıyı boşaltma olanağı tanımaz. Bu şekilde gevrek davranan elemanların enerji tüketebilme yeteneği oldukça sınırlı olup enerji tüketebilme yeteneği, deprem davranışı açısından son derece önemlidir.

Eğilmeye maruz betonarme bir kirişin analizini yapmadan önce böyle bir kirişin yük altındaki davranışının bilinmesine büyük önem vardır. Betonarme kirişlere yerleştirilen çekme donatısı kirişin çatlamasına engel olmaz. Kirişin çekme bölgesindeki ilk çatlaklar, en dış çekme lifindeki birim uzamanın, betonun çekmedeki birim deformasyon sınırına ulaşması ile oluşur. Deformasyonla hesap pratik olmayacağından, çatlak oluşması, en dış lifteki betonun eğilme-çekme dayanımına erişmesi olarak tanımlanır. Başka bir deyişle, çatlama momenti donatısız bir kirişin kırılma momentine eşittir.

İlk çatlaklar momentin en yüksek olduğu yerde oluşur. Bu çatlaklar kılcal olduğundan görülmeleri son derece zordur. Yük arttırıldıkça bu çatlakların boyu ve genişliği artmaya başlar. Betonda çatlama asal çekme gerilmesine dik yönde oluşur. Yük arttıkça yük ve mesnet arasındaki kesitlerde de çatlama momentine erişileceğinden, bu bölgede de çatlamlar görülür.

4.5. Betonarme Kirişlerin Teorik Taşıma Gücü



Şekil 4. 15. Denge altı donatı oranına göre betonarme kesiti

Denge şartından

$$\sum F = 0 \quad (4.1)$$

Eğilme Taşıma gücü momenti;

$$Mu = 0.85 * f_{ck} * bw * k_1 c * \left(d - \frac{k_1 c}{2} \right) + A_s' * f_{yk} * \left(d - d' \right) \quad (4.2)$$

$$k_1 c = \left(\frac{A_s - A_s'}{bw} \right) * \left(\frac{f_{yk}}{0.85 * f_{ck}} \right) \quad (4.3)$$

Yükü ise;

$$Pu = \left(\frac{Mu}{L} \right) * 2 \quad (4.4)$$

Eşitlikleri için kullanılan parametreler çizelge 4.2. de verilmiştir.

Çizelge 4. 2. Betonarme kirişlerin teorik hesaplarında kullanılan parametreler

Kiriş	ρ'	ρ	F_{ck} (MPa)	F_{yk} (MPa)	Donatı			Kesit özellikleri				
					Çap	Ad.	K. alanı (mm ²)	bw (mm)	h (mm)	Pas payı (mm)	d (mm)	L(mm)
HB	0,0044	0,0096	14,04	522	Φ10	2	157	150	250	15	235	750
				496	Φ12	3	339					
THB1	0,0044	0,0096	20,17	522	Φ10	2	157	150	250	15	235	750
				496	Φ12	3	339					

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

5.1. Agregâ Deney Sonuçları

Çalışma kapsamında kullanılacak agregalar üzerinde yapılan elek analizi, birim ağırlık, özgül ağırlık su emme ve aşınma dayanımına ilişkin deneylerden elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeleri bu bölümde verilmiştir.

5.1.1. Elek Analizine İlişkin Sonuçlar

Yapılan elek analizine göre belirlenen gronülometri eğrisi ve değerleri standart sınırlara göre çizelge 5.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5. 1. Karışık agregâ gronülometrisi ve standart sınırları

Elek No(mm)	Pomza		Normal Agregâ	
	%Geçen	%Kalan	%Geçen	%Kalan
16	100	0	100	0
8	60,82	39,18	100	0
4	43,79	56,21	100	0
2	28,33	71,67	35,45	64,55
1	22,52	77,48	23,42	76,58
0,5	18,31	81,69	18,25	81,75
0,25	11,21	88,79	10,95	89,05
0,125	5,24	94,76	4,03	95,97
Toplam Kalan		509,78		407,9

5.1.2. Agregâ gevşek ve sıkışık birim ağırlık sonuçları

Birim ağırlık deneyine tabi tutulan de her bir agregâ örneğinin birim ağırlık değerleri Çizelge 5.2.'de verilmiştir.

Çizelge 5. 2. Agreg a birim ağırlık deneyi sonuçları

Agrega Tipi	Deney Yöntemi	Ölçek Kabı Ağırlığı (gr)	Ölçek Kabı İç Hacim (dm ³)	Agrega+ Ölçek Kabı Ağırlığı (gr)	Agrega birim Ağırlığı (gr/ dm ³)
Normal	Sıkışık	4870	3,0	10360	1801
				10190	
				10270	
	Gevşek	4870	3,0	9720	1631
				9870	
				9850	
Pomza (İnce)	Sıkışık	4870	3,0	8200	1130
				8350	
				8230	
	Gevşek	4870	3,0	7630	942
				7760	
				7700	
Pomza (İri)	Sıkışık	4870	3,0	7100	747
				7110	
				7120	
	Gevşek	4870	3,0	6850	660
				6842	
				6860	
				6900	
				7010	

Çalışmada kullanılan normal agreg a ile pomzanın gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlık değ erlerinin limit değ erler içinde kald ığı ve pomzanın hafif agreg a standartlarına uygun değ erlerde oldu ğ u saptanmı ş tır.

5.1.3. Agregaların özgül ağırlık ve su emme sonuçları

Deneylerde kullanılacak olan agregaya ait özgül ağırlık değ erleri Çizelge 5.3. ve Çizelge 5.4.'de verilmi ş tir.

Çizelge 5. 3. İri agregaya ait özgül ağırlık ve su emme sonuçları

Deney Numunesinin								
Agrega Türü	D _{max} (mm)	W ₂ (gr)	W ₁ (gr)	W ₃ (gr)	Kuru Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	Doygun kuru yüze özgül ağırlık (gr/cm ³)	Görünen özgül ağırlık (gr/cm ³)	Su emme (%)
Pomza	4-8	1787	1467	588	1,22	1,49	1,70	22
	8-16	2697	1938	488	1,02	1,22	1,62	39

Çizelge 5. 4. İnce agregaya ait özgül ağırlık ve su emme sonuçları

Agrega Türü	W ₂ (gr)	W ₁ (gr)	W ₄ (gr)	W ₃ (gr)	Kuru Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	Doygun Kuru Yüze Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	Görünen Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	Su emme (%)
Normal	200	195,63	733.10	858.62	2,63	2,69	2.79	2.2
Pomza	400	304	1535	1649	1,51	1,96	2.72	31

5.2. Beton Deneylerine İlişkin Sonuçlar

Beton deneylerinden basınç dayanımı, eğilme dayanımı, birim ağırlık, ultrases geçiş hızı ile ölçüm, özgül ağırlık, su emme deneyleri yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda 7, 28 ve 90 günlük örnekler üzerinde analizler yapılmıştır.

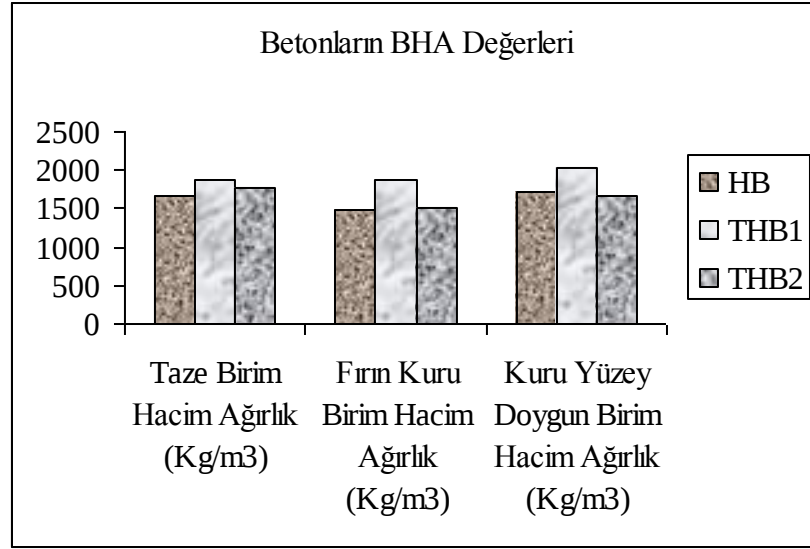
5.2.1. Birim hacim ağırlık ve su emme deneyi sonuçları

Çalışma kapsamında üretilen beton serilerinin birim hacim ağırlık, çökme deneyi ve su emme deneyine ilişkin sonuçları çizelge 5.5.'de verilmiştir.

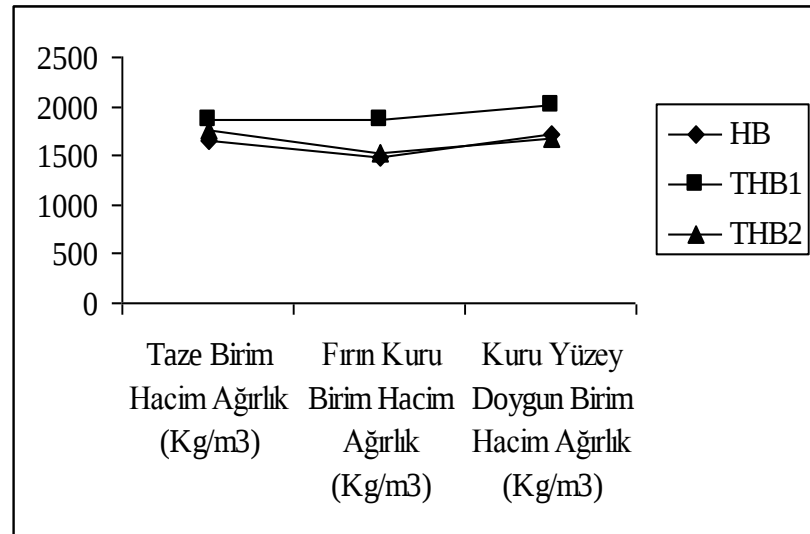
Çizelge 5. 5. Betonların fiziksel özellikleri

Beton Serisi	Ortalama Doygun Birim Ağırlığı (Kg/cm ³)	Taze Birim Hacim Ağırlık (Kg/cm ³)	Ortalama Kuru Birim Ağırlığı (Kg/cm ³)	Su Emme (%)	Çökme Miktarları (cm)
HB	1722	1656	1484	10,9	5,5
THB1	2020	1870	1869	5,02	4,5
THB2	1665,5	1760	1516	6,79	4,8

Üretilen beton serilerine ait birim hacim ağırlık değişimleri şekil 5.1 ve şekil 5.2 olmak üzere iki ayrı grafik üzerinden sunulmuştur.

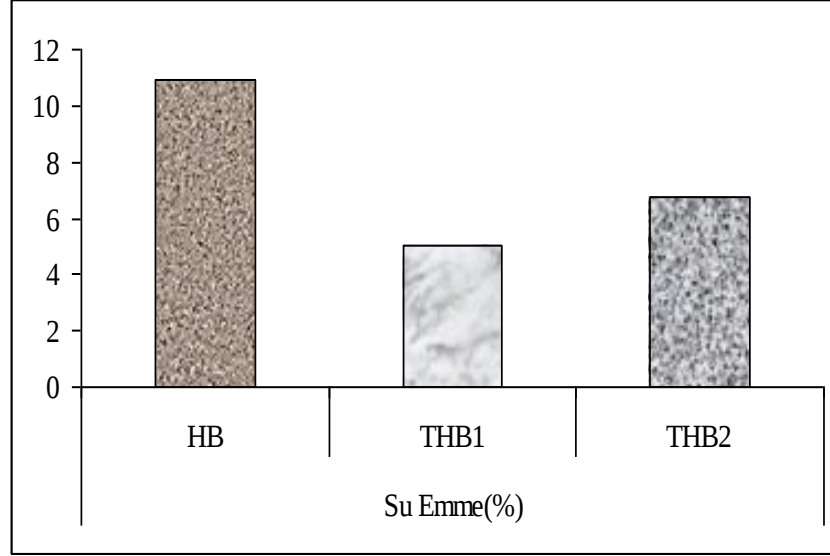


Şekil 5. 1. Betonların birim hacim ağırlık değişimleri



Şekil 5. 2. Betonların birim hacim ağırlık değişim eğrileri

Betonların özellikle kalıcılık yönünden önemli bir kıstası olan su emme değerleri değişimi her bir seri beton için şekil 5.3’de sunulmuştur.



Şekil 5. 3. Betonların su emme değişimleri

5.2.2. Basınç dayanımı sonuçları

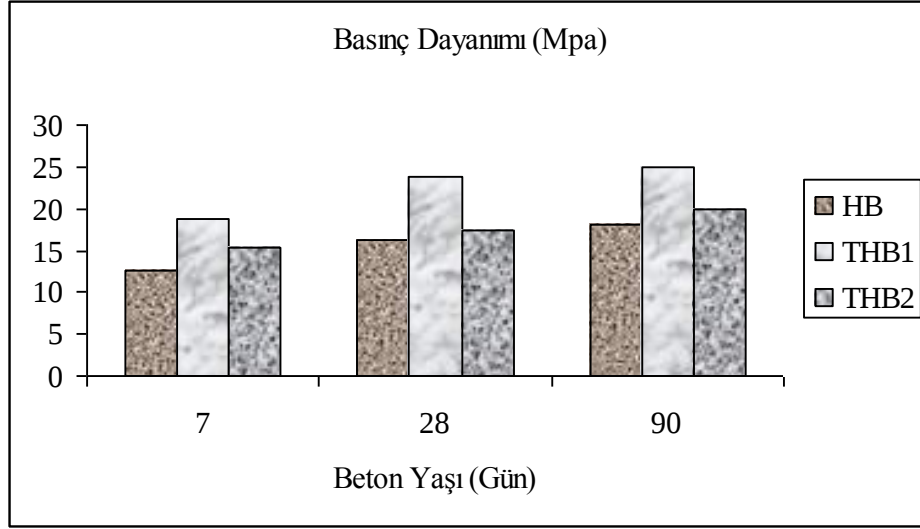
Sertleşmiş beton numunelerinin basınç dayanımı (Şekil 5.4.) değerleri Çizelge 5.6. ve değişimleri de Şekil 5.5. ve Şekil 5.6’de verilmiştir.



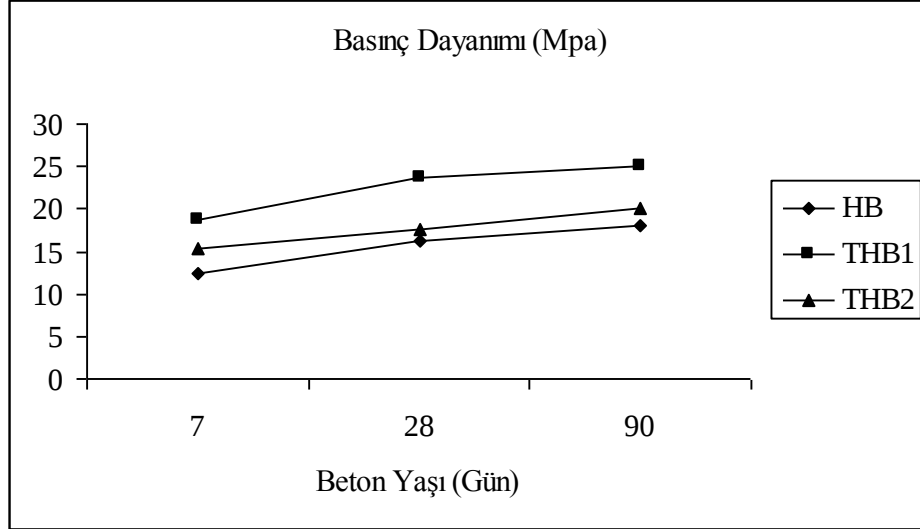
Şekil 5. 4. Beton basınç dayanımı deneyi

Çizelge 5. 6. Sertleşmiş betonların basınç dayanımları

Beton Yaşı (Gün)	Basınç Dayanımı (MPa)		
	HB	THB1	THB2
7	12,5	17,25	15,3
28	14,04	20,01	16,5
90	16,56	25	18



Şekil 5. 5. Beton basınç dayanımı değişimleri



Şekil 5. 6. Beton basınç dayanımı değişim eğrileri

5.2.3. Eğilme dayanımı sonuçları

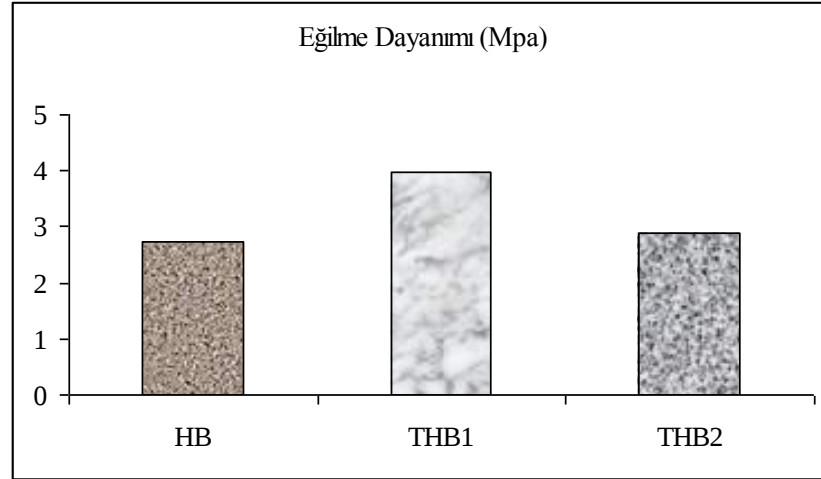
Beton prizmalar üzerinde yapılan eğilme deneyi (Şekil 5.7.) sonuçları Çizelge 5.7.'de ve değişimleri de Şekil 5.8. ve Şekil 5.9.'da verilmiştir.

Çizelge 5. 7. Betonların eğilme dayanım değerleri

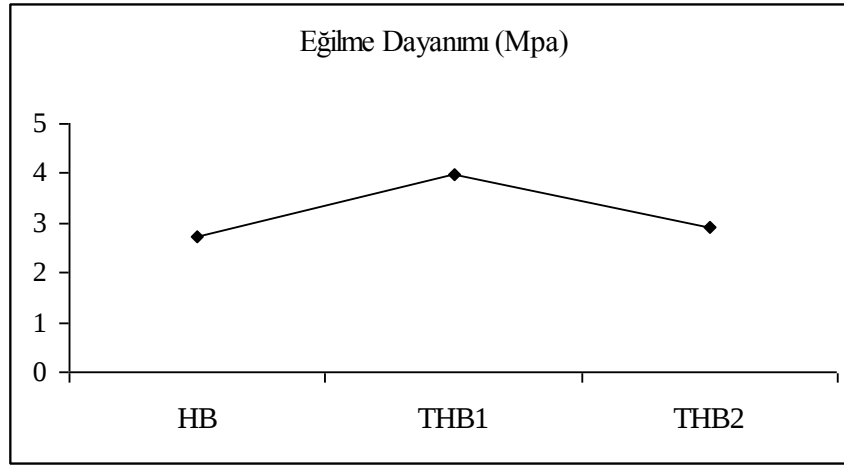
Beton Yaşı (Gün)	Eğilme Dayanımı (MPa)		
	HB	THB1	THB2
28	2,74	3,98	2,9



Şekil 5. 7. Beton eğilme dayanımı deneyi



Şekil 5. 8. Betonların eğilme dayanım değerleri



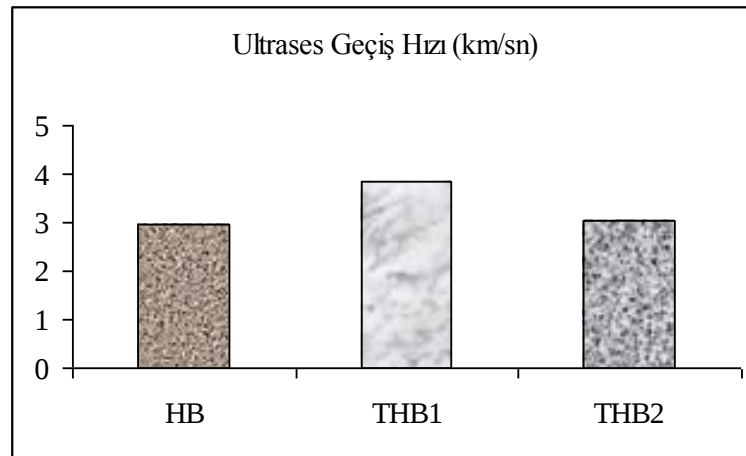
Şekil 5. 9. Betonların eğilme dayanım değişimleri

5.2.4. Ultrases geçiş hızı deneyi sonuçları

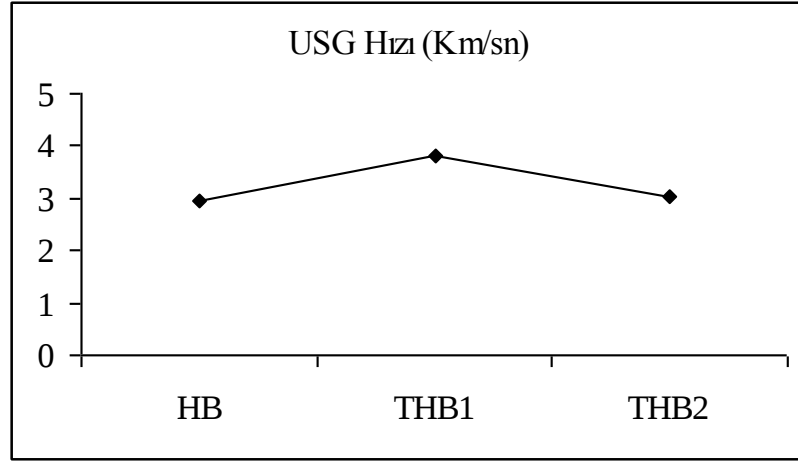
Ultrases geçiş hızı deneyine ait sonuçlar çizelge 5.8.'da verilmiştir. Ayrıca beton serilerine ait USG hızı değişimleri şekil 5.10. ve şekil 5.11.'da verilmiştir

Çizelge 5. 8. Sertleşmiş betonların Ultrases geçiş hızı

Beton Serisi	Ultrases Geçiş Hızı(km/s)
HB	2,95
THB1	3,83
THB2	3,04



Şekil 5. 10. Betonların ultra ses geçiş hızı değişimleri



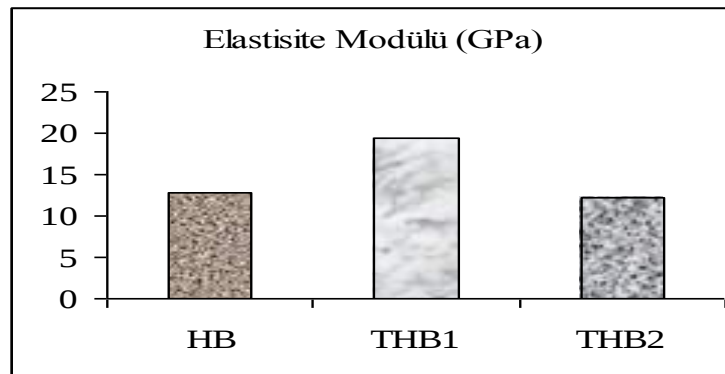
Şekil 5. 11. Betonların ultrases geçiş hızı değerleri

5.2.5. Elastisite Modülü Tayini Sonuçları

Deneyde, silindir standart numune kullanılarak basınç dayanımı deneyinde olduğu gibi, deney presinde yüklemeye tabi tutulmuştur. Yükleme işlemine başlamadan önce, numunenin üzerine mekanik yöntemle deformasyon ölçücü cihazlar yerleştirilmiştir. Deneye ilişkin sonuçlar çizelge 5.9.'da ve elastisite modülü değişimleri de şekil 5.12.'de verilmiştir.

Çizelge 5. 9. Betonların Elastisite modülü değerleri

Beton Serisi	Elastisite Modülü (Gpa)
HB	12,76
THB1	19,4
THB2	12,28



Şekil 5. 12. Betonların elastisite modülü değişimleri

5.3. Betonarme Kirişlerin Deney Sonuçları

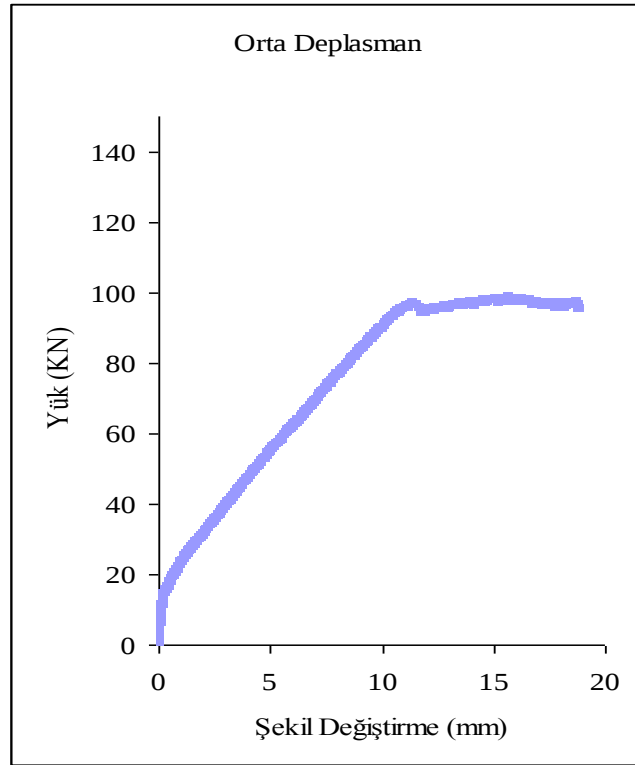
5.3.1. Betonarme kirişlerin yükleme deneyinden elde edilen sonuçlar

HB kirişi 56 KN yük altında çatlamaya başlamış olup bu durumda deney numunesi ortasında ölçülen sehim 5,04 mm olarak kayıt edilmiştir (Şekil 5.13.). Aynı kirişte donatıdaki akma 96 KN başlamış olup bu andaki sehim 11,43 mm olarak belirlenmiştir. Yükte herhangi bir artış olmadan sehim devam etmiş ve 19 mm'ye ulaştığında betonda ezilme başlamıştır.

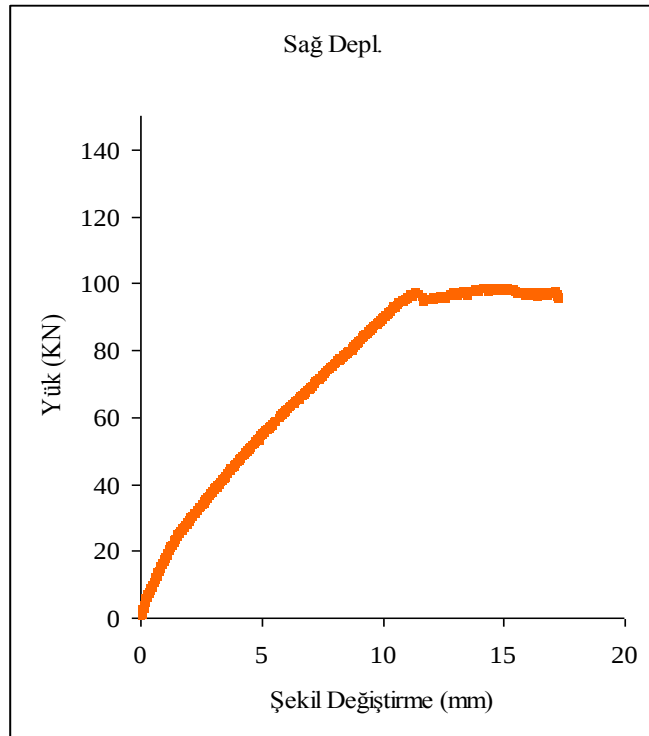


Şekil 5. 13. HB serisi betonarme kirişlerin ilk çatlak yükleri

Aynı seriye ait uygulanan yüke karşılık gelen ve Orta Depl. ve Depl. Sağ olarak isimlendirilen PC'lerden alınan yer değiştirmelerin değişimleri şekil 5.14. ve şekil 5.15.'de verilmiştir.



Şekil 5. 14. HB serisi Betonarme yük-şekil değiştirme değişimi



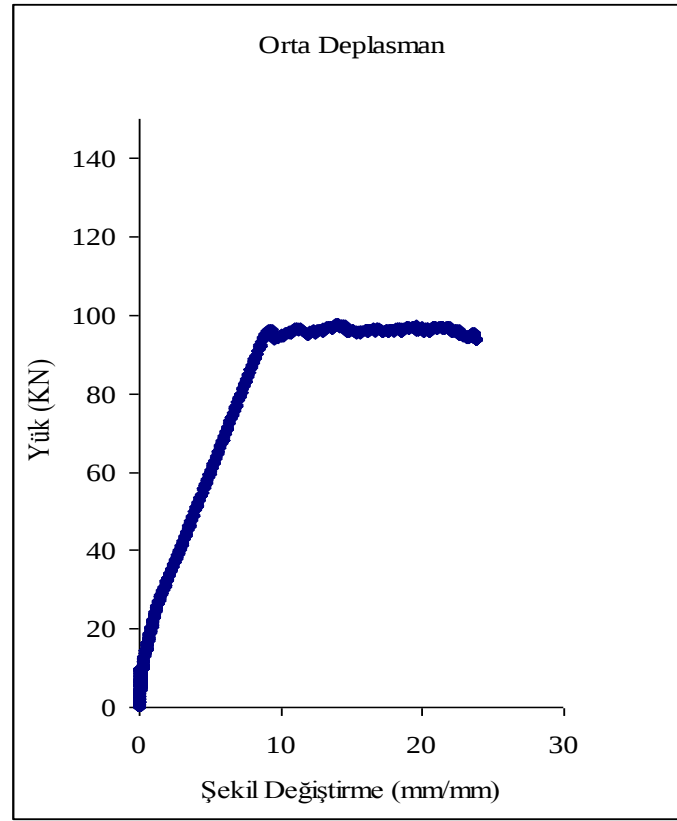
Şekil 5. 15. HB serisi betonarme kirişlerin yük-şekil değiştirme değişimi

THB kirişi 93 KN yük altında çatlamaya başlamış olup bu durumda deney numunesi ortasında ölçülen sehim 8 mm olarak kayıt edilmiştir (şekil 5.16.). Aynı kirişte donatıdaki akma 96,7 KN başlamış olup bu andaki sehim 13,92 mm olarak belirlenmiştir. Yükte herhangi bir artış olmadan sehim devam etmiş ve 23,74 mm'ye ulaştığında betonda ezilme başlamıştır.

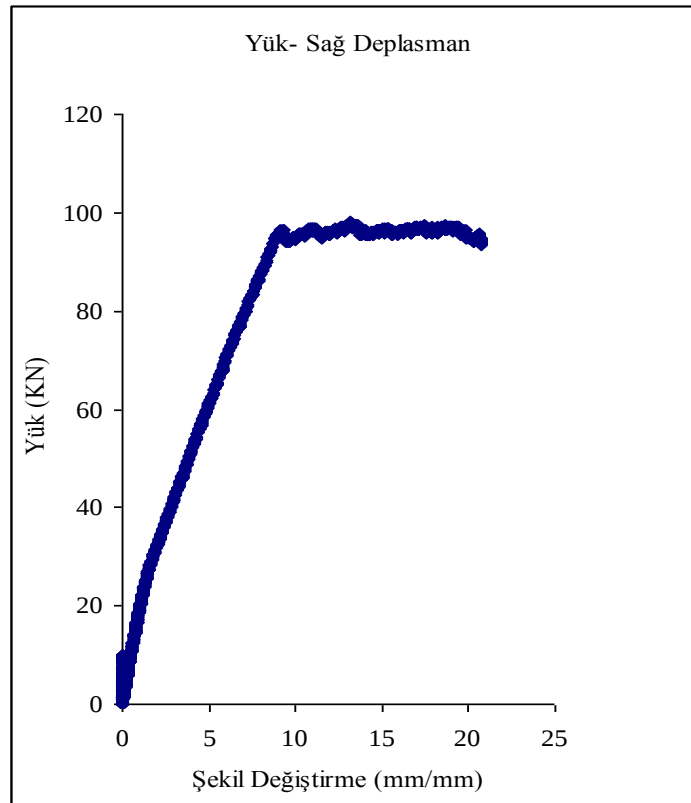
Aynı seriye ait uygulanan yüke karşılık gelen ve Orta Depl. ve Depl. Sağ olarak isimlendirilen PC'lerden alınan yer değiştirmelerin değişimleri şekil 5.17.ve şekil 5.18.'de verilmiştir.



şekil 5. 16. THB serisi betonarme kirişlerin ilk çatlak yükleri



Şekil 5. 17. THB serisi betonarme kirişlerin yük-şekil değiştirme değişimi



Şekil 5. 18. THB serisi betonarme kirişlerin yük-şekil değiştirme değişimi

5.3.2. Betonarme kirişlerin teorik ve deneysel taşıma kapasiteleri

Betonarme kirişlerin kuramsal olarak hesaplanmış taşıma güçleri ($P_{kuramsal}$) ile deney sonucunda elde edilen (P_{deney}) sonuçları Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5. 10. Betonarme kirişlerin teorik ve deneysel hesapları

Kiriş	k_1c (mm)	$M_{kuramsal}$ (KNm)	$P_{kuramsal}$ (kN)	M_{deney} (KNm)	P_{deney} (kN)	$P_{deney}/P_{kuramsal}$
HB	50,43	36,96	98	36,37	97	0,989
THB1	35,10	38,6	103,02	36,75	98	0,95

5.3.3. Betonarme kirişlerin çatlak şekilleri

Betonarme bir elemanda çatlak oluşmamasının beklenmesi yanlıştır. Az sayıda ancak derin çatlaklardan ziyade çok ama kılcal seviyede çatlakların olması tercih edilir.

Çatlakların yapısı yada sayısı tasarım esnasında belirlenen minimum donatı oranı, denge altı donatı olma durumu yada donatının yüzey tipi gibi kriterler tarafından etkilenmektedir.

Tasarım sırasında dikkat edilmesi gereken husus, kesitin taşıma gücüne eğilme etkisinde ulaşmasının sağlanmasıdır. Çalışma konusu olan betonarme kirişlerin yükleme deneyi neticesinde çatlak şekilleri HB kirişi için şekil 5.19'da ve THB kirişi için şekil 5.20'de verilmiştir.



Şekil 5. 19. HB kirişinin çatlak şekilleri



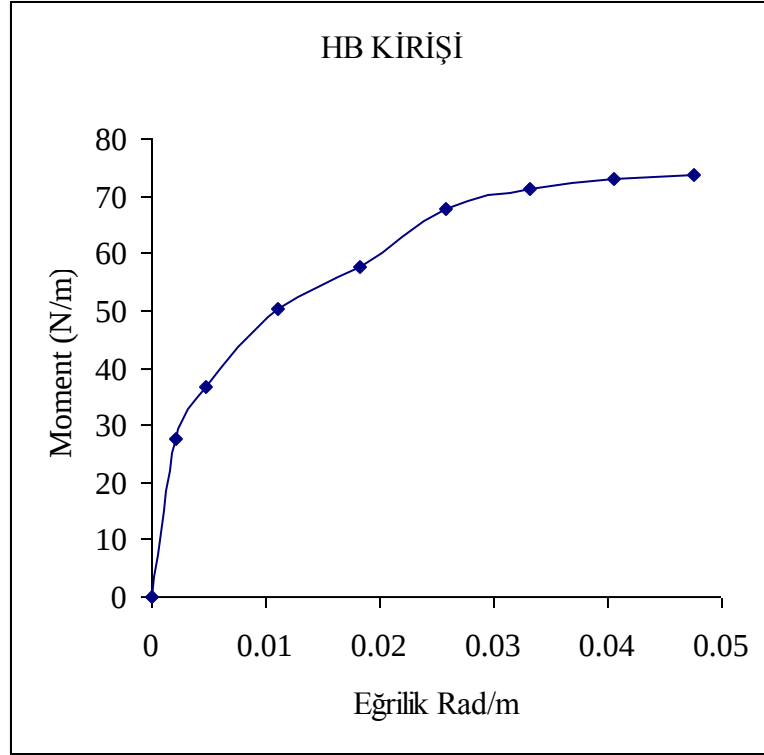
Şekil 5. 20. THB kirişinin çatlak şekilleri

Her iki kirişte de çatlaklar eğilme çatlakları olup yük koluna doğru yönelme mevcuttur. Betonarme kirişlerde nervürlü tip donatı kullanımının daha faydalı olduğu bu sonuçlardan görülmektedir. Betonarme, beton ile çeliğin birleştiği kompozit bir malzeme olduğu için özellikle beton ile çeliğin arasındaki aderansın kuvvetli olması gerekmektedir. Bunu sağlamak için düz donatı yerine nervürlü donatının kullanılması gerekmektedir.

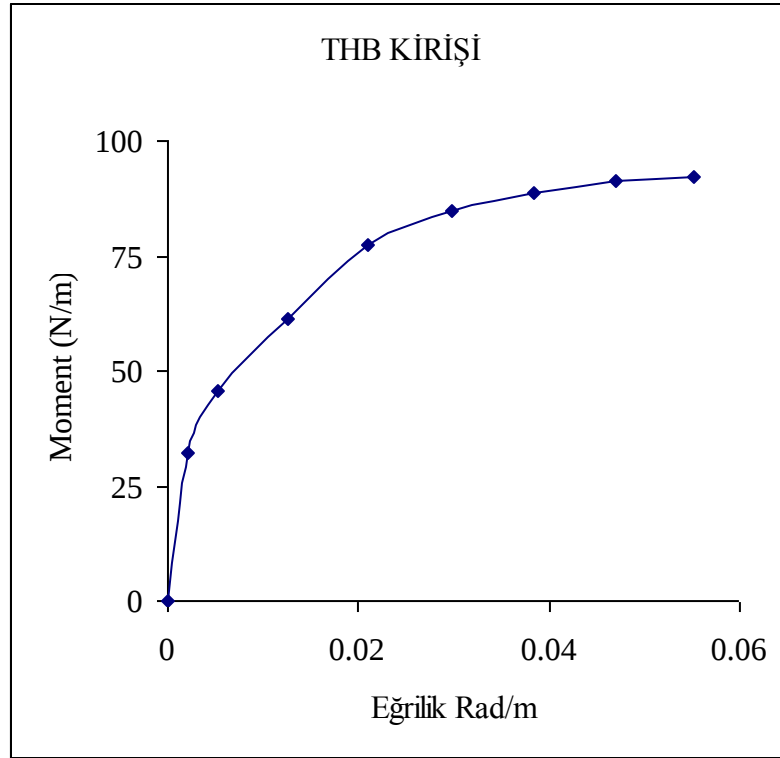
5.3.4. Betonarme kirişlerin moment eğrilik ilişkisi

Bir betonarme kesitin davranışı en iyi şekilde moment eğrilik ilişkisinden elde edilebilir.

Tez çalışmasında üretilen kirişlere ait moment eğrilik değerleri kuramsal olarak elde edilerek değişimleri şekil 5.21.'de ve şekil 5.22.'de verilmiştir.



Şekil 5. 21. HB kirişinin Moment- Eğrilik ilişkisi



Şekil 5. 22. THB kirişinin Moment- Eğrilik ilişkisi

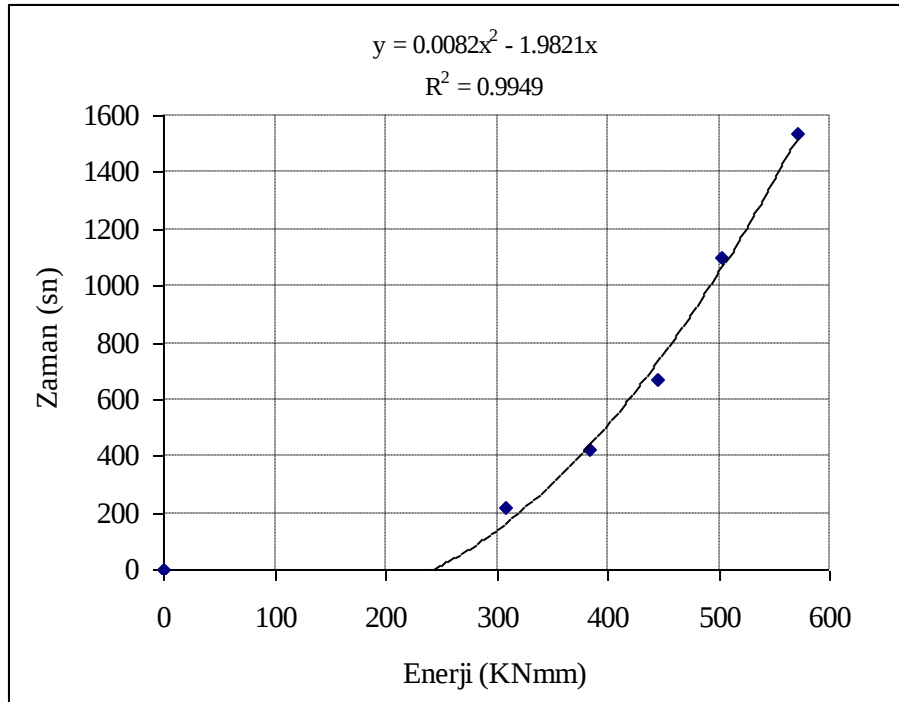
5.3.5. Betonarme kirişlerin enerji tüketimi ve enerji yutma (kapasite) ilişkisi

Enerji tüketimi (Et) belli bir yükleme durumunda tüketilen enerjidir. Enerji yutma (kapasite) (Ey), ise tek yönlü yüklemede azami yer değiştirmeye kadar tüketilen enerji olarak ifade edilir. Yük yer değiştirme değişimleri bilinen elemanların enerji yutma kapasiteleri ve enerji tüketme değerleri belirlenebilir.

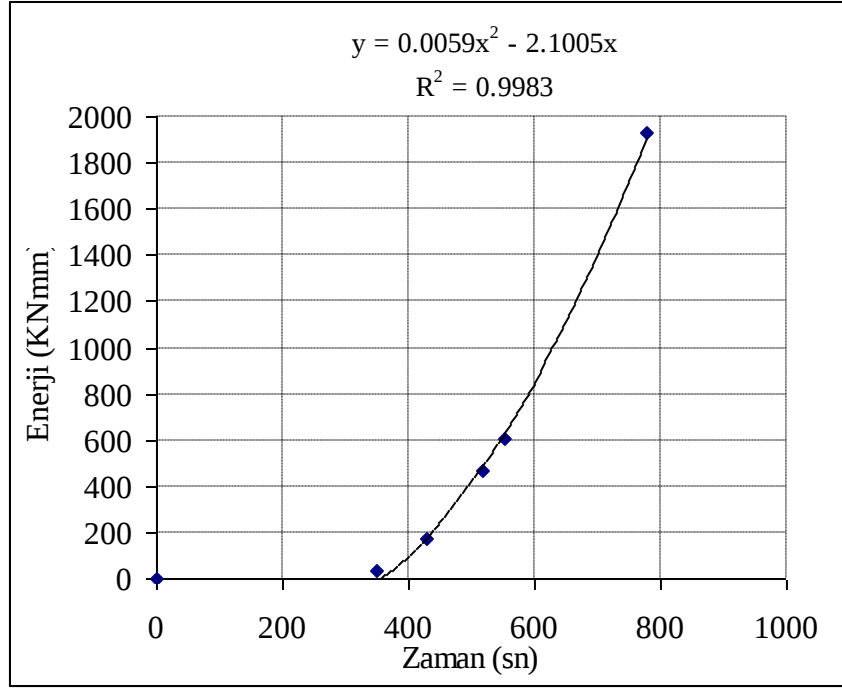
Betonarme kirişlere ait yük yer değiştirme değişimleri kullanılarak belirlenen Et ve Ey değerleri Çizelge 5.11.'de verilmiştir. Ayrıca kirişlerin kırılma anlarına kadar olan zamanda tükettikleri toplam enerjinin zamana göre değişimleri Şekil 5.23. ve Şekil 5.24.'de verilmiştir.

Çizelge 5. 11. Betonarme kirişlerin enerji tüketimi ve enerji yutma değerleri

Kiriş	Et (KNmm)	Ey (KNmm)
HB	699,4	1227,38
THB1	750,4	1282,25



Şekil 5. 23. HB kirişinin Enerji Zaman ilişkisi

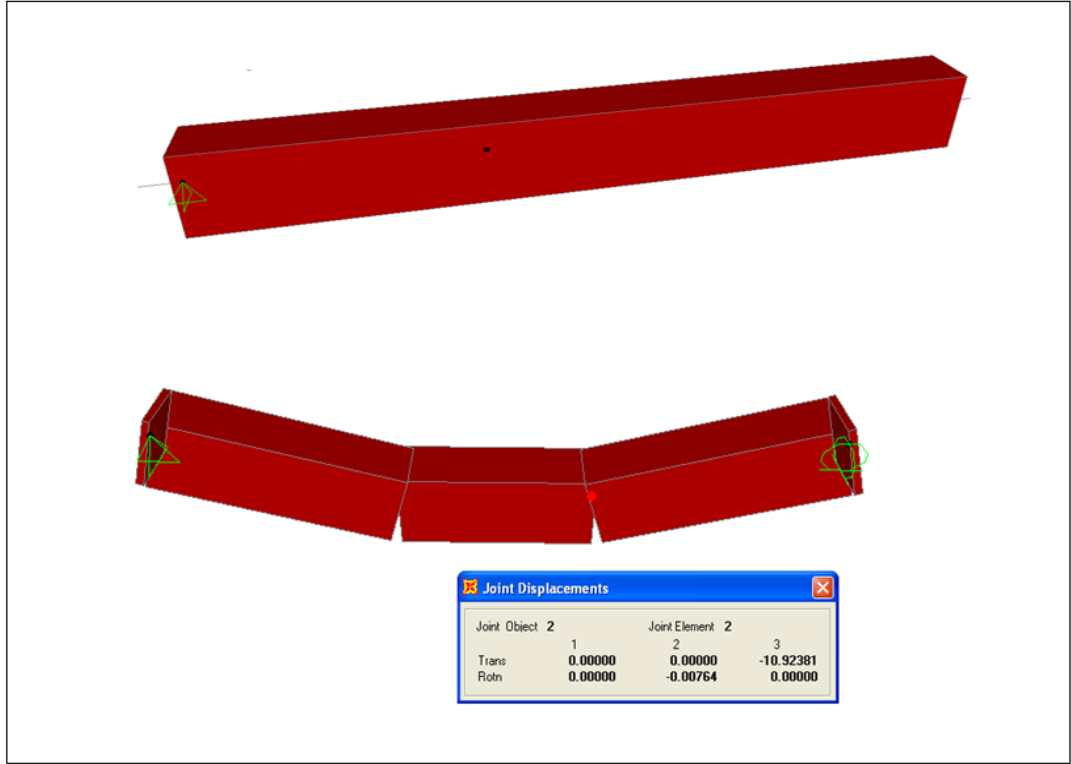


Şekil 5. 24. THB kirişinin Enerji Zaman ilişkisi

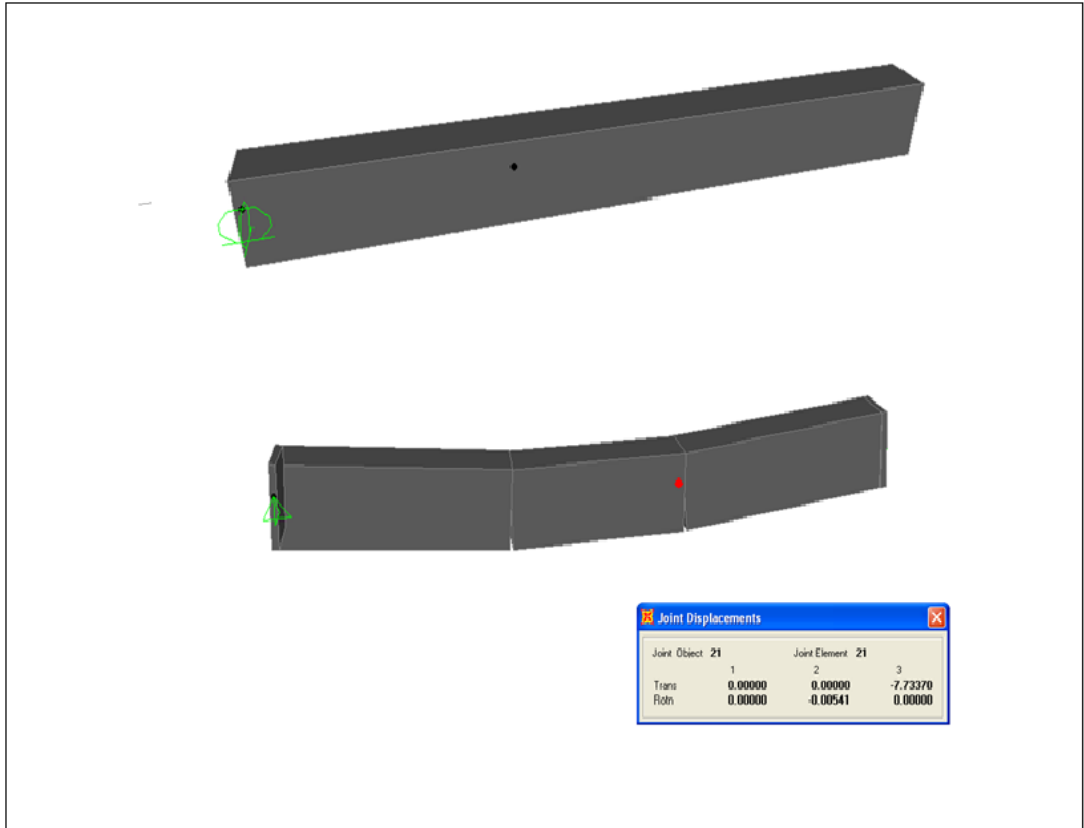
5.3.6. Betonarme kirişlerin Sap 2000 programı ile statik analizi

Kirişlere ait kuramsal olarak hesaplanan $P_{(kuramsal)}$ değerleri yük altındaki deplasman değişimlerinin belirlenmesi için SAP2000 statik analizi yapılarak uygulanan yük altındaki kirişlerin moment kapasiteleri ve deplasman değerleri modellenmiş ve bu değerler deneysel olarak bulunan $Mu_{(deneysel)}$ değerleri ve buna mukabil oluşan deplasmanlar ile karşılaştırılmıştır.

Şekil 5.25.'de HB kodlu kirişin SAP2000 ile modellenerek oluşan deformasyon değeri görülmektedir. Şekil 5.26.'da ise THB kirişine ait model ve deformasyon görülmektedir.



Şekil 5. 25. HB kirişinin SAP2000 program modeli



Şekil 5. 26. THB kirişinin SAP2000 program modeli

6.TARTIŞMA VE SONUÇ

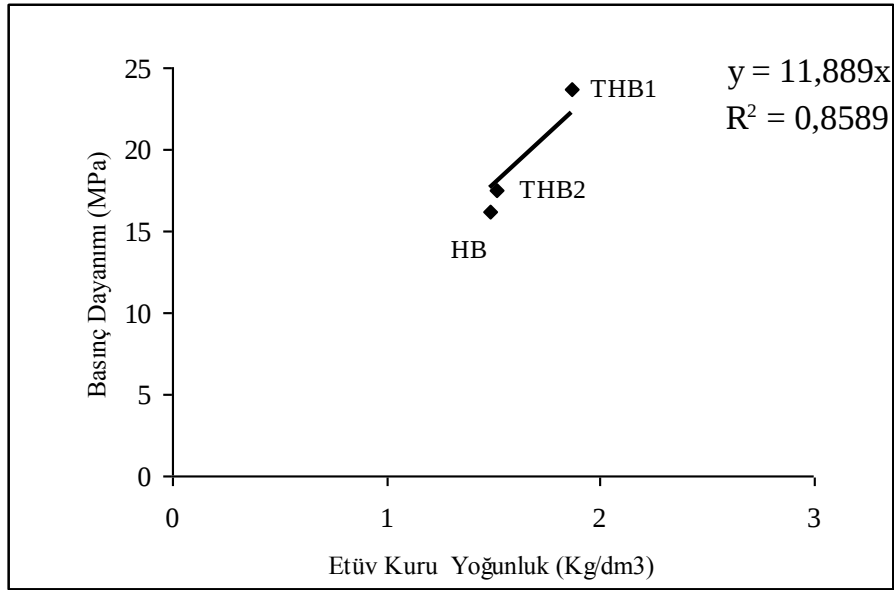
Pomza agregalı taşıyıcı hafif betonun taşıyıcılık ve durabilite özelliklerinin incelendiği tez çalışmasında aşağıda verilen değerlendirme kriterlerine göre belirli sonuçlara ulaşılmıştır.

6.1. Beton Özelliklerinin Etüv Kuru Yoğunluk ile İlişkisi ve Tartışma

Bu bölümde etüv kuru yoğunluğun diğer beton özellikleri arasında nasıl ilişkilendirildiği ve literatür ile değerlendirilmesi yapılmıştır.

6.1.1. Basınç Dayanım – Etüv kuru yoğunluk ilişkisi

Şekil 6.1.'de görüldüğü gibi basınç dayanımı ve etüv kuru yoğunluk arasında yüksek düzeyde doğrusal ilişki belirlenmiştir.



Şekil 6. 1. Etüv kuru yoğunluk ile basınç dayanımı arasındaki ilişki

HB THB1 ve THB2 serileri hafif betonların 28. günlük basınç dayanımlarının sırasıyla 14,04, 20,17 ve 16,50 Mpa olduğu tespit edilmiştir. HB ve nispeten THB2 serilerine göre THB1 serisine ait betonların ACI 213R-87'de taşıyıcı hafif betonlar için belirtilen 17 MPa dayanım değerinin üzerinde dayanım değerine sahip taşıyıcı hafif betonlar olduğu belirlenmiştir. Basınç dayanımdaki bu çeşitliliğin THB1

serisine uygulanan ince agregâ normal kum ikâmesinden ve kullanılan silis dumanı (SD) ve süper akışkanlaştırıcı (SA) katkılardan kaynaklandığı söylenebilir. Katkı ilavesi olmadan üretilen HB serisi betonlarda elde edilen basınç dayanımı değeri % 2 SA - %5 SD katkılı THB1 ve THB2 serisi betonlardan sırasıyla %30,4 ve %14.4 oranlarında düşük ölçülmüştür. Literatürde de aynı yönde eğilim yer almaktadır (Rossignolo et al.,2003; Düzgün et al.,2005).

Betonun yoğunluğu karışıma giren iri ve ince agregâ yoğunluğuna paralel olarak azalır-artar. Yüksek yoğunluğa sahip agregâ kullanılır ise yüksek dayanımlı ancak kendi zati ağırlığı yüksek beton elde edilir. Silis dumanı katkısının yoğunluğa katkısı minör seviyede iken dayanıma etkisi daha fazladır.

Gül vd., (1997) basınç dayanımının yoğunluğun bir fonksiyonu olduğunu ve yoğunluğun azalmasıyla dayanımın azalacağını bildirmişlerdir.

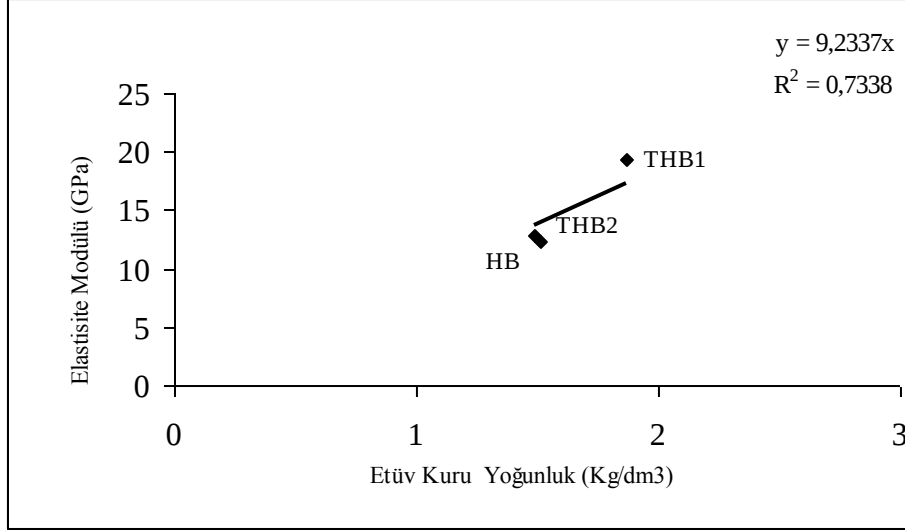
Arıcı (1997), çalışmasında van yöresi volkanik tüfünün beton agregası olarak kullanılabilirliği, basınç dayanımına etkisi ve taşıyıcı hafif beton olarak kullanılabilirliği konularını incelemiştir. Beton agregası olarak kullanılabilir olduğunu agregalar üzerinde yaptığı fiziksel ve mekanik deneyler sonucunda belirlerken 4-8 mm tüf agregasının tamamını normal agregâ ile yer değiştirerek standartlara uygun betonlar üretmiş ve çalışma sonucunda taşıyıcı hafif beton üretilebileceğini göstermiştir.

Tez çalışmasında üretilen basınç dayanım değeri 14 Mpa ile 24 Mpa arasında, ortalama birim hacim ağırlıkları da 1500–1880 kg/m³ arasında yer almaktadır. HB ve THB2 serisi dışındaki THB1 serisi standartlara göre basınç dayanımı 17 Mpa eşit yada büyük, birim hacim ağırlığı da 1900 kg/m³'e eşit yada küçük olan betonlara taşıyıcı hafif beton denilmektedir, kriterini sağlamaktadır.

6.1.2. Elastisite modülü - Etüv kuru yoğunluk ilişkisi

Şekil 6.2.'de görüldüğü gibi “elastisite modülü” ve “etüv kuru yoğunluk” arasında yüksek düzeyde doğrusal ilişki belirlenmiştir. Normal agregâ değişiminin olduğu

THB1 ve THB2 serilerinde elastisite modülü ve yoğunluk arasında yüksek düzeyde doğru orantılı ilişkiler belirlenmiştir. Yoğunluk arttıkça elastisite modülü değeri de artmıştır.

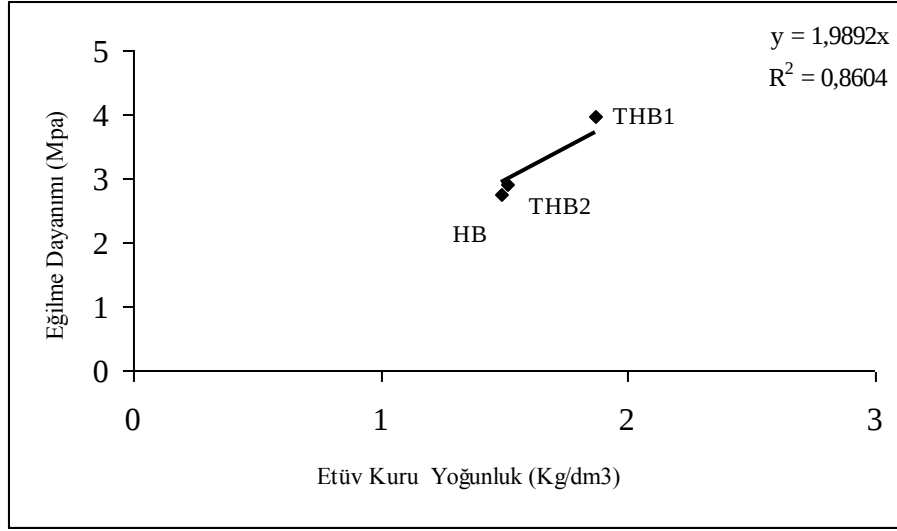


Şekil 6. 2. Etüv kuru yoğunluk ile elastisite modülü arasındaki ilişki

Agreganın mekanik özellikleri o agrega ile üretilen betonların dayanım ve elastisite modülü özelliklerini de yakından etkilediği için tamamı pomza agregası ile üretilen HB serilerinin ince agregası normal kum ile ikame edilen THB1 ve THB2 serilerine göre basınç dayanımında olduğu gibi elastisite modülünde düşük çıkmıştır. Elastisite modülünde THB1 serisi ile THB2 serisi arasındaki fark ise kullanılan SD katkı oranı ve buna paralel olarak yoğunluk farkı olarak söylenebilir (Arda,1994; Anonymous 2000; Rossignolo et al.,2003;Gönül, 2007).

6.1.3. Eğilme Dayanımı - Etüv kuru yoğunluk ilişkisi

Şekil 6.3.'de görüldüğü gibi eğilme dayanımı ve etüv kuru yoğunluk arasında yüksek düzeyde doğrusal ilişki belirlenmiştir. Özellikle THB1 serisinde bu ilişki çok açık görülmektedir.

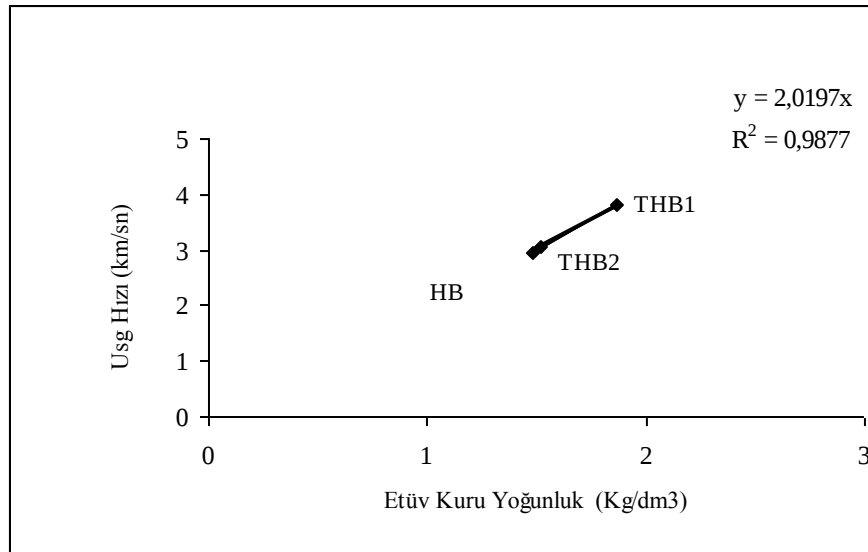


Şekil 6. 3. Etüv kuru yoğunluk ile eğilme dayanımı arasındaki ilişki

THB2 serisinde eğilme dayanımı farkının agregat porsiyonunda yer alan hafif agregat yoğunluğu ve SD katkı yoğunluğu ile açıklayabiliriz. (Kayalı et al, 2003; Sancak, 2005; Gündüz ve Uğur, 2005)

6.1.4. Ultrases geçiş hızı- Etüv kuru yoğunluk ilişkisi

Şekil 6.4.'de görüleceği üzere yüksek düzeyde, doğrusal ilişkiler belirlenmiştir. Yoğunluk arttıkça, ultrases hızı da artmıştır. Arda (1994), pomza agregası ile taşıyıcı hafif beton ürettiği çalışmada benzer şekilde bir ilişki tespit etmiştir.



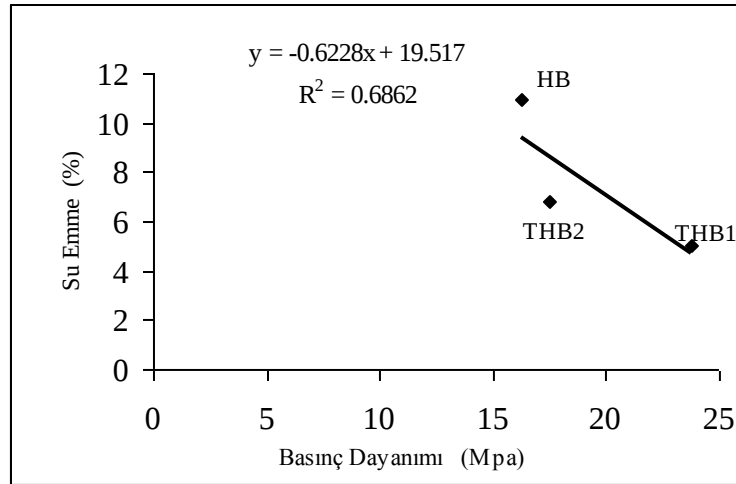
Şekil 6. 4. Etüv kuru yoğunluk ile Ultrases geçiş hızı arasındaki ilişki

6.2. Beton Özelliklerinin Basınç Dayanım Değeri ile İlişkisi ve Tartışma

Bu bölümde üretilen serilere ait basınç dayanımı değişimlerinin diğer beton özellikleri arasında nasıl ilişkilendirildiği ve literatür ile değerlendirilmesi yapılmıştır.

6.2.1. Su emme oranı - Basınç dayanım değeri ilişkisi

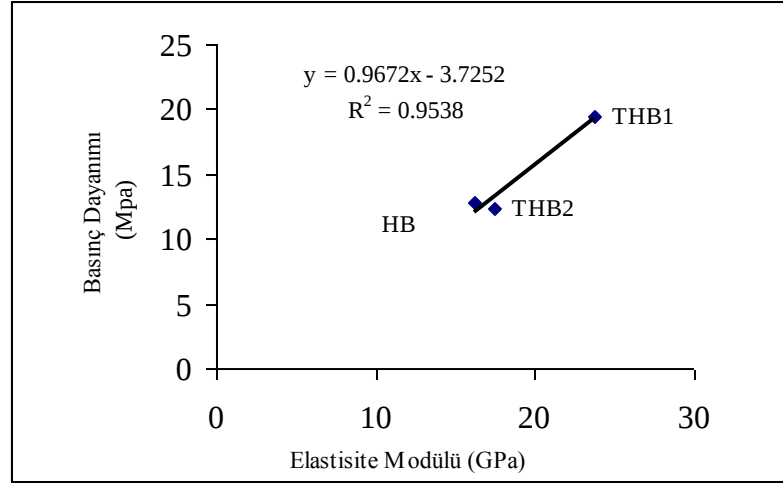
Çalışmada su emme oranını artmasıyla basınç dayanımı değeri azalmıştır. Şekil 6.5.'den de görüleceği gibi su emme oranı ile basınç dayanımı arasında doğrusal olmayan bir ilişki vardır. Gönül (2005), çalışmasında buna benzer ilişkinin varlığını göstermiştir.



Şekil 6. 5. Basınç dayanımı ile Su emme oranı arasındaki ilişki

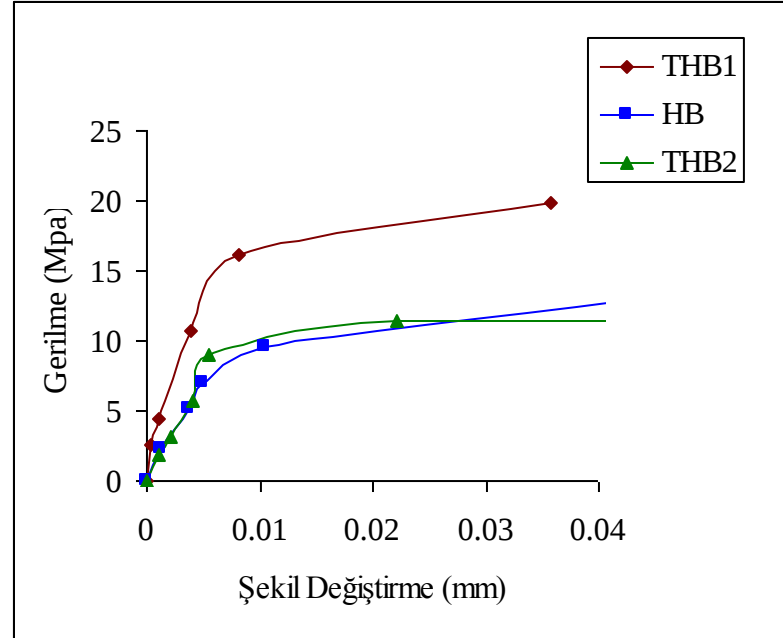
6.2.2. Elastisite modülü - Basınç dayanım değeri ilişkisi

Şahin et al., (2003) elastisite modülünün basınç dayanımının bir fonksiyonu olduğunu ve basınç dayanımı artışlarına paralel elastisite modülünün de artacağını belirtmişlerdir. Tez çalışmasında bu ilişki çok açık görülmektedir (Şekil 6.6.).



Şekil 6. 6. Basınç dayanımı ile Elastisite modülü arasındaki ilişki

Agreganın mekanik özellikleri o agrega ile üretilen betonların dayanım ve elastisite modülü özelliklerini de yakından etkilediği için tamamı pomza agregası ile üretilen HB serilerinin ince agregası normal kum ile ikame edilen THB1 ve THB2 serilerine göre basınç dayanımında olduğu gibi elastisite modülünde düşük çıkmıştır.



Şekil 6. 7. Betonların gerilme altında deformasyon eğrileri

Şekil 6.7.'da görüleceği gibi en fazla şekil değiştirmeyi THB1 serisi betonlar yaparken bunu THB2 serisi betonlar takip etmiştir. SD katkısı ilavesi ile toplam

bağlayıcı oranı en yüksek olan THB2 serisi betonlar HB serisine yaklaşık basınç dayanımı gösterirken süneklik yönünden de neredeyse eşit kalmıştır. Bunu bağlayıcının artmasıyla gevrek davranışın oluşması ilişkisi ile açıklayabiliriz. (Sancak, 2005). Betonun gerilme deformasyon eğrisi ise bu iki lineer eğri arasında parabol olarak devam etmektedir (Neville 1994; Aitcin, 1997; Choi *et al.*2006; Ulu, 2007). Agreganın ve matrisin gerilme deformasyon eğrileri lineer bir doğrudan oluşurken, betonun bu eğrisinin parabol olmasının nedeni; betonun elastiklik modülü deneyi sırasında, gerilmenin artmasıyla, agregaya göre daha düşük dayanıma sahip olan çimento matrisinde çatlakların oluşmasıdır. Oluşan bu çatlakların hareketinin agrega ve agrega matris aderansı tarafından sınırlandırılması sonucunda gerilme deformasyon eğrisinin şekli lineerden parabole dönüşür (Neville 1994; Ulu, 2007).

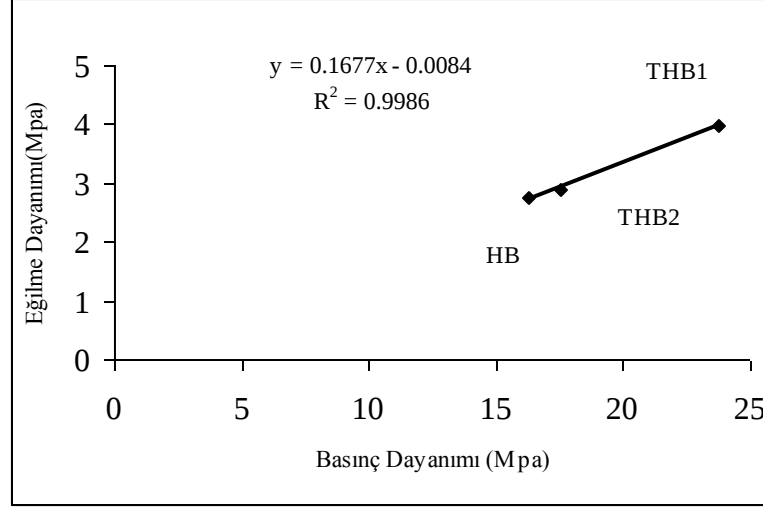
Beton, harç ve agrega fazından meydana geldiği için gerilme altındaki davranışı bu fazların mekanik büyüklükleri ile kontrol edilmektedir. Normal dayanımlı betonlarda harç fazının mekanik büyüklükleri agrega fazına göre daha önem kazanırken, yüksek ve çok yüksek dayanımlı betonlarda ise harç fazının dayanımı, agrega fazının dayanımına yakın ve ondan daha büyük olma durumu söz konusu olmaktadır. Bu nedenle, agreganın mekanik büyüklükleri (sağlam kayacın tek eksenli basınç dayanımı ve elastisite modülü) özellikle yüksek ve çok yüksek dayanımlı betonlarda ön plana çıkmaktadır ve istenen dayanımlara ulaşabilmek açısından agrega seçimi çok önemli bir konu olmaktadır (Arioğlu ve Köylüoğlu 1995).

Pomza ilavesi yapılan betonlarda pomza oranı arttıkça maksimum gerilmeye karşılık dayanım azalmakta ve gerilme-deformasyon eğrisi yayvan bir şekil almaktadır. Normal betona ait deformasyon eğrilerinde maksimum gerilmeye ulaşıldıktan sonra eğrinin tepe noktası daha keskin bir şekil almaktadır. Bu özellik pomza ilavesinin betona süneklik özelliği katmasıyla açıklanabilir.

6.2.3. Eğilme dayanımı - Basınç dayanım değeri ilişkisi

Eğilme dayanımları ve elastisite modülleri basınç dayanımı değerinde olduğu gibi tüm agregası pomza olan HB serisinde diğer serilere göre düşük sonuçlar elde

edilmiştir. Bunun sebebi olarak agrega mekanik özelliklerini etkisi gösterilebilir. Şekil 6.8.'de görüldüğü gibi eğilme dayanımı ile basınç dayanımı arasında lineer bir ilişki bulunmaktadır.



Şekil 6. 5. Basınç dayanımı ile Eğilme dayanımı arasındaki ilişki

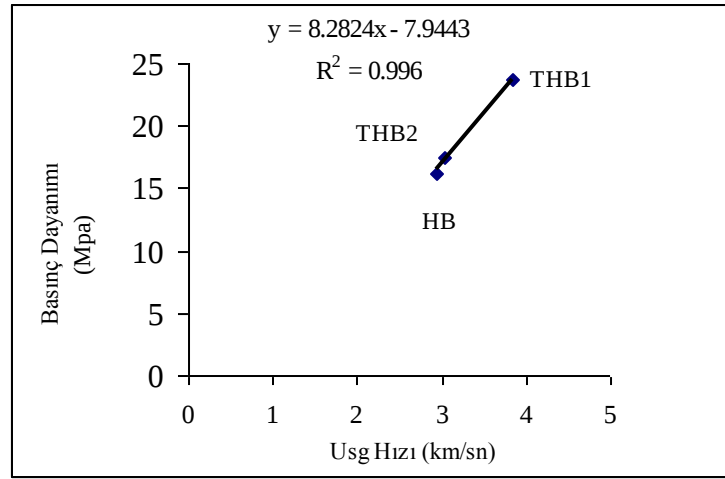
Dinçer ve Çağatay (2004), normal agregaya belirli oranlarda pomza agregası ikamesi yaptığı çalışmalarında, eğilme dayanımı ile basınç dayanımı arasında aynı doğrusal ilişkiyi saptamışlardır. Ayrıca pomza oranının artmasıyla benzer şekilde eğilme dayanımında düşüş olduğunu belirlemişlerdir.

Çalışmada üretilen tüm serilerde literatürde yüksek basınç dayanımına sahip skoria agregası ile üretilen taşıyıcı hafif betonlardan (Gönül, 2007) daha yüksek eğilme dayanımı değerleri bulunmuştur. Bu durum pomzanın çimento pastası ile kimyasal reaksiyonun daha yüksek olması ile açıklanabilir.

Normal betonda agrega dayanımı hamur pasta fazından yüksek olduğu için gerilmeye maruz kalan kirişte başlayan çatlaklar hamur fazı tarafına geldiğinde artar ve bu artış agrega-hamur fazında gerçekleşirken agrega parçacıkları ile çatlaklar bir nevi hapsedilerek çatlak dağılımı engellenir. Ancak hafif betonlarda agrega dayanımı hamur fazından fazla yüksek olmadığı için hamur fazında başlayan ve çoğalan çatlaklar agrega fazında da görüldüğü için daha ani ve gevrek kırılma yaşanır (Anonymous,1998).

6.2.4. Ultrases geçiş hızı - Basınç dayanım değeri ilişkisi

Literatürde yapılan çalışmaların neredeyse hemen hemen hepsinde bu iki özellik arasındaki ilişki sıklıkla araştırılmış olup basınç dayanımı ile doğrusal ilişkili olduğu belirlenmiştir (Gönül, 2007). Tez çalışmasında bulunan ilişki de literatür ile yakından ilişkilidir (Şekil 6.9.).

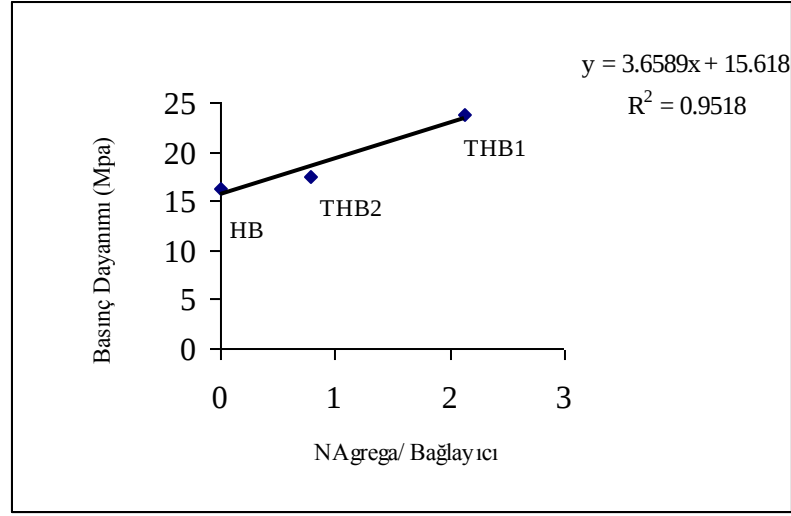


Şekil 6. 6. Basınç dayanımı ile Ultrases geçiş hızı arasındaki ilişki

Dalga numune içerisinde ne kadar az boşluğa rastlarsa, o kadar kısa sürede ilerler, böylece o numunenin USG hızı da yüksek olur. (Demirel ve Yazıcıoğlu, 2007). Pomza agregasının beton içerisinde boşluklu yapısı neden ile boşluklar oluşturmaları sebebiyle USG hızları normal betona oranla daha düşüktür. Pomza oranının en az olduğu THB1 serisine ait betonlarda en yüksek değeri alırken THB2 ve HB serilerinde birbirine yakın değerler almıştır. Kullanılan silis dumanı ilavesinin pomzanın boşluklarını doldurarak doluluk sağlama ve ince agrega kum ikamesi sebeplerine dayandırılabilir.

6.2.5. Normal agrega / bağlayıcı oranı - Basınç dayanım değeri ilişkisi

Şekil 6.10.'dan de görüleceği üzere basınç dayanımı ile NA/B oranı arasında doğrusal bir ilişki görülmektedir. NA/B oranı en yüksek (%40) olan THB1 serisinde en yüksek basınç dayanımı değeri elde edilirken bu oran % 25 e düştüğünde basınç dayanımı değeri azalmıştır.



Şekil 6. 70. Basınç dayanımı ile Normal agreg a / bağlayıcı oranı arasındaki ilişki

Agrega proporsiyonunda hiç normal agreg a bulunmayan HB serisi beton ise en düşük basınç dayanımı değerine sahiptir. Bu durum pomzanın mekanik özelliklerindeki, dezavantajın agreg a karışımına normal agreg a ilave edilmesiyle bir miktar azaltıldığını gösterir. Tezde bulunan bu ilişki literatür tarafından da desteklenmektedir Choi *et al.*2006; Ulusu, 2007;Arda, 1994.

6.3. Betonarme Kirişlere İlişkin Sonuçlar

HB kirişinde teorik olarak hesaplanan taşıma gücü moment i 36,96 ve THB1 kirişinde ise 38,60 olarak hesap edilirken deneysel olarak bu değerler sırasıyla 36,37 ve 36,75 olarak bulunmuştur. Ayrıca bu değerlerdeki seh i m miktarları ise 11,42 mm ve 13,92 mm olarak belirlenmiştir. Yükte herhangi bir artış olmadan seh i m devam etmiş ve THB betonu 23,74 mm'ye ve HB betonu 19 mm'ye ulaştığında ezilmeler başlamıştır.

Kirişlere konan donatı dengeli donatının altında olup limit donatı yüzdesine eşittir (Ersoy 2001). Her iki kirişte akmadan sonra yük sabit kalırken seh i m artmaya devam etmiştir. Kirişler sünek davranış göstererek ve çekme kırılması gerçekleşmiş ve basınç bölgesinde ezilme ile kırılma tamamlanmıştır. Tasarım aşamasında aynı sonuç beklendiği için kuramsal ve deneysel sonuçlar uyum içerisindedir.

HB kirişinde deneysel taşıma gücünün kuramsal taşıma gücüne oranı $Pu_{deney}/Pu_{kuramsal}$ 0,989 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre deney sonucu kuramsal sonuca

göre neredeyse eşit kırılma emniyetinin olduğunu gösterir. THB kirişinde ise $P_{u_{deney}}/P_{u_{kuramsal}}$ 0,95 olarak bulunmuştur.

Kirişlerin enerji yutmaları bakımından karşılaştırıldığında THB kirişinin HB Kirişine oranla daha fazla enerji kapasitesinin olduğu görülmüştür. Bunu ince agregasının normal kum olması ile ilişkilendirebiliriz. Enerji yutmanın tanımını azami yük altındaki şekil değiştirme olarak belirtilmişti, aynı koşulda elastisite modülü sonuçlarında da THB betonu daha fazla yer değiştirme sergilemişti. Çalışma içerisinde birbiri ile bağlantılı bir özellik uyum göstermiştir.

6.4. Çalışmanın Genel Sonuçları ve Öneriler

- Teoride betonun elastisite modülü çimento pastası ve agreganın elastisite modülleri ve bunların karışımındaki oranları ile oldukça alakalıdır. Özellikle hacim olarak %75 inin agregadan oluştuğu beton için agreganın elastisite modülü daha fazla ilişkilidir. Bunun yanında agrega ve beton pastası arasındaki bağ kuvvetinin bir çeşit aderansında güçlü olması elastisite modülünü yakından etkiler.
- Eğilme dayanımları ve elastisite modülleri basınç dayanımı değerinde olduğu gibi tüm agregası pomza olan HB serisinde diğer serilere göre düşük sonuçlar elde edilmiştir. Bunun sebebi olarak agrega mekanik özelliklerini etkisi gösterilebilir. Bu özelliklerin düzeltilmesi veyahut da eğilme dayanımını yükseltecek katkıların kullanılması bu soruna çözüm olacaktır.
- Taşıyıcı Hafif Beton tasarımında istenilen özellikleri sağlamak için belirgin bir karışım kriteri olmadığından deneme dökümleri yapılması gerekmektedir. Taze beton özelliklerini en çok etkileyen iki parametrenin Su/Toz oranı ve agrega cinsi olduğu bilinerek davranılmalıdır.
- Taşıyıcı hafif betonların mekanik ve fiziksel özelliklerini etkileyen en önemli parametre karışıma giren agregaların dayımı ve dayanıklılığıdır. Tasarım sırasında bu ölçütler göz önüne alınmalıdır.

- THB1 ve THB2 serisi betonlar normal betona oranla %25, HB serisi betonlar ise %36 daha hafif olarak belirlenmiştir.
- Elastisite modülü betonun yoğunluğu ve basınç dayanımıyla doğru orantılıdır. Bu iki beton özelliği karışıma giren malzemelerden en çok agregâ ile bağıntılıdır. Bu çalışmada normal ağırlıkta kum ile hafif kum ikamesi yapılarak düşük yoğunluk ve de ortalama dayanım sağlanmış ve elastisite modülü normal betonun elastisite modülüne oranla düşük bulunmuştur. İlerleyen çalışmalarda normal betonda ince agregâ yerine hafif pomza kumu kullanılarak bu özelliğin iyileştirilmesi yoluna gidilecektir.
- Pomza agregalı Taşıyıcı hafif betonlar betonarme yapıların taşıyıcı elemanlarında kullanıldıklarında, yapıdaki ölü yükleri Normal ağırlıklı betonlara göre azaltmaktadırlar. Çimento gereksiniminin fazla olması, maliyetleri yükselten bir dezavantaj gibi gözükse de, deprem gibi yatay kuvvetlerle doğru orantılı olarak değiştiği bilinen birim ağırlığın azalması uzun vadede avantaj sağlayacaktır.
- Yapı inşaatı ve bakım onarım işlerinde pomza agregalı taşıyıcı hafif beton kullanıldığında iyi ses ve ısı yalıtımı, yangın dayanımı ve bununla birlikte tüm yapıım işlerinde düşük ekonomi sağlanacaktır. Basınç dayanımı ve elastisite modülü değerlerinin normal betona oranla düşük olması gibi olumsuzluklar, örneğin düşük elastisite modülü için kirişlerde geçilecek açıklığın olabildiğince kısa tutulması döşemelerde ise döşeme derinliğinin kısa tutulması gibi, çeşitli tasarım yöntemleri ile karşılanabilir.
- Hedeflenen ve daha yüksek dayanım değerlerinde THB elde etmek için, öncelikle iyi dayanımlı ve yüksek performanslı agregâ çimento hamur matrisinin oluşturulması sağlanmalıdır.

- THB' de çimento içeriği belirleyici bir faktör olarak ortaya çıkmıştır. Karışımındaki çimento miktarı artırılıp su/ çimento oranı düşük tutulur ise betona ait mekanik ve durabilite özellikleri yükseltilebilir.
- Tez çalışmasının devamı olarak dayanım ile ilgili elde edilen özelliklerden eğilme dayanımı ve çekme dayanımı gibi özelliklerin iyileştirilmesi için fiber katkılı hafif betonlar üretilerek deneysel olarak incelenebilir.

7. KAYNAKLAR

- ACI Committe Report 211, 1998. Standart practice For Sellencting proportions For Structural Lightweight Concrete. 211.2-98, American Concrete Institute, Farmingthor Hills, Michigan, s.18.
- Ağırdır, M. L., 1989. Altınapa Bims Agregasından TS 3234'e Uygun Hafif Beton Briket İmalatı. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72 s, Konya.
- Akçaözoğlu, K., 2007. Silis Dumanı İçeren Yüksek Dayanımlı Harçlarda Numune Boy Değişiminin Basınç Dayanımı Ve Birim Kısılma Üzerindeki Etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.
- Akkaş, A., Başıyigit, C., Alpaslan, L., Arabacı S., 2010. "Polipropilen Lif Katkılı Yarı Hafif Betonların Basınç Dayanımı Özellikleri. SDU International Technologic Science, vol. 2 (1).
- Akman, M. S., (1996). Kimyasal Katkıların Betona Uygulanması. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 4. Ulusal Beton Kongresi.
- Akman, M.S. (1992). Deniz Yapılarında Beton Teknolojisi. İ.T.Ü. Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, İstanbul.
- Alduaij, J., Alshaleh, K., Haque, M. N., Ellaithy K., 1999. Lightweight Concrete in Hot Coastal Areas. Cement & Concrete Composites, vol. 21, pp. 453-458.
- Alkaya, D., 2009. Uçucu Küllerin Zemin İyileştirmesinde Kullanılmasının İncelenmesi. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 5, No: 1, 61-72.
- Al-Khaiat, H., Haque, M. N., 1998. Effect of Initial Curing on Early Strength and Physical Properties of Lightweight Concrete. Cement And Concrete Research, No. 28, 859-866.
- Altun, İ. A., 2001. Effect of temperature on the mechanical properties of self-flowing low cement refractory concrete. Cement and Concrete Research. 31 (8), 1233-1237.
- Anapalı, Ö., Hanay, A., 1996. Drenajda Kaplama Malzemesi Olarak Hafif Agreganın Kullanımı. Atatürk Ü.Zir.Fak.Der., 27 (3), s. 423-38.
- Anonymous, 1971. Lightweight Concrete- History, Applications economics. Expanded Shale Clay and Slate Institute, Booklet, USA.
- Arda, A., 1994. Hafif Betonlarda Agregasın Konsantrasyonunun Mekanik Özelliklere Etkisi. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 65 s, İstanbul.

- Arıcı, E., 1997. Van Yöresi Volkanik Tüfün Beton Mukavemetine Etkisi ve Taşıyıcı Hafif Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 77 s, Elazığ.
- Aşık, İ., Şen, E. Y., Ünsal, A., Şentürk, E., Bayrak, E., 2004. Alkali Agregas Reaksiyonu Yönünden Zararlı Olan Bir Ocağın İyileştirilmesi. Beton 2004, İstanbul.
- Aydın, N., 2001. Pomza Taşından İmal Edilen Hafif Yapı Elemanlarının Isıl Performans ve Mukavemet Özelliklerinin Deneysel ve Teorik Olarak İncelenmesi. Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 75 s, Niğde.
- Azanbaeva, S., 1998. Genleştirilmiş Ferrokrom Cürufundan Preslenmiş Duvar Elemanları. ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72 s, Ankara.
- Babu, K. G., Babu, D. S., 2002. Behaviour of Lightweight Expanded Polystyrene Concrete Containing Silica Fume. Cement and Concrete Research, vol. 33, pp. 755–762.
- Balendran, R. V., Zhou, F. P., Nadeem A., Leung A. Y. T., 2002. In Uence of Steel Bres on Strength and Ductility of Normal and Lightweight High Strength Concrete. Building and Environment, vol. 37, pp. 1361–1367.
- Baradan, B., 2004. Yapı Malzemesi II. DEÜ Mühendislik Fakültesi Yayınları Yayın No: 207, 221 s. İzmir.
- Baradan, B., Yazıcı, B. 2003. “Betonarme Yapılarda Durabilite ve TS EN 206-1 Standardının Getirdiği Yenilikler” Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 4/ 426.
- Baradan, B., Yazıcı, H., Ün, H., 2002. Betonarme Yapılarda Kalıcılık. DEÜ, Mühendislik Fakültesi Yayınları, s282, İzmir.
- Baradan, B., 1997. Yapı Malzemesi-II. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, s.174-176, İzmir.
- Basri, H. B., Mannan, M. A., Zain M. F. M., 1999. Concrete Using Waste Oil Palm Shells as Aggregate. Cement and Concrete Research, vol. 29, pp. 619–622.
- Bekar, M., Şaplı, N., Gündüz, L., 2006. Aksaray Bölgesi Volkanik Tüf Serilerinin Sıva Malzemesi Olarak Kullanımı. IV. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 2-4 Aralık, İstanbul, Türkiye.
- Bentli, İ., 2010. Diyatomit katkılı hafif yapı tuğlası üretimi. Kibited, 1(4), s. 13–19.
- Betis, G., Pantazopoulou, P., Louvaris, J., Phedros, E., 1995. The durability of pumice lightweight concrete. CEB/FIP International Symposium on Structural Lightweight Aggregate Concrete, Sandefjord, Norway, pp. 421-431.
- Bilodeau, A. vd., 1995. Mechanical properties, durability and fire resistance of high strength lightweight concrete. Proc. Int. Symp. Structural Lightweight Aggregate Concrete, Sandefjord, 432-443.

- Bilodeu, A., Kodur, V. K. R., Hoff G. C., Optimization of the Type and Amount of Polypropylene Fibres for Preventing the Spalling of Lightweight Concrete Subjected to Hydrocarbon Fire. *Cement & Concrete Composites*, vol. 26, pp. 163–174.
- Bingöl, A. F., 2002. Pomza İle Üretilen Hafif Betonların Yangına Karşı Dayanımı. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 77s, Erzurum.
- Bingöl, A. F., Gül, R., 2009. Donatı-Beton Aderansı, Yüksek Sıcaklıkların Beton Dayanımına Ve Aderansa Etkileri Konusunda Bir Derleme. *Türk Bilim Araştırma Vakfı Tübav Bilim Dergisi*, Cilt:2, Sayı:2, Sayfa:211-230.
- Binici H., Çağatay H. İ., 2003. Klinker-Bazaltik Pomza Ve Granüle Yüksek Fırın Cürufu Üçlü Karışımların Sülfata Karşı Dayanımları. *Ç.Ü. Müh.Mim.Fak.Dergisi*, s. 173-183.
- Binici, H., Durgun M. Y., Gürün, D. K., 2009. Tüysüz Bazalt Tüfünün Hafif Beton Üretiminde Kullanımı. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2), s. 18-24.
- Binici, H., Görür, E. B., Durgun, M. Y., 2010. Yüksek Fırın Cürufu ve Bazaltik Pomza Katkılı Betonların Mekanik Aşınması ve Su Geçirimsizliği. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt: 6, No: 1, 1-10.
- Binici, H., Kaplan, H., Yaşarer, F., 2009. Pomza Katkılı Boyalarla Kaplanan Betonların Durabilitesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13 (1), s. 40-47.
- Binici, H., Sevinç, A. H., Durgun M., Y., 2010. Barit, Bazaltik Pomza, Kolemanit ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Betonların Özellikleri. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(1), s. 1-14.
- Binici, H., Temiz, H., Aksoğan, O., Ulusoy, A., 2009. Tekstil Fabrikası Atık Külü Ve Bazaltik Pomza Katkılı Tuğlaların Mühendislik Özellikleri. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt 24, No 3, 485-498.
- Binici, H., Temiz, H., Çağatay, İ., H., 2007. Erzurum Tımar ve Dazlak Pomzalarının Katkılı Çimento ve Hafif Agregalı Beton Üretiminde Kullanımı. *Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Der.*, 22(2), s. 153-164.
- Cebeci, C., 1991. Betonda Su/Çimento - Mukavemet İlişkisi Üzerine Bir Araştırma. *Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans*, 72s, Adana.
- Ceylan, H., 2005. Farklı Pomza Agregaları Türlerinden Elde Edilen Hafif Betonun Sıcaklık etkisindeki karakteristiği. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi*, Isparta.
- Chandra, S., Aavick, J., Berntson, L., 1982. Influence of polymer microparticles on freeze-thaw resistance of structural lightweight aggregate concrete. *The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete*, vol. 4, no:2, pp 111-115.

- Chang, T.P., Hwang, C. L, Lin, C.Y. and Wand, Y.F., 1995. Fracture Properties of High-Strength Concrete made with pelletized Fly-ash Lightweight Aggregates. CEB/FIP International Symposium on Structural Lightweight Aggregate Concrete, Sandefjord, Norway, pp 452-462.
- Clarke, J.L., 1993. Design requirements. Structural Lightweight Aggregate Concrete. Chapman & Hall, London, pp 45-74.
- Coşkun, A., Tanyıldızı, H., Yazıcıoğlu, S., 2006. Elazığ Yöresi Pomza Taşı İle Elde Edilen Taşıyıcı Hafif Betonun Mekanik Özelliklerine Uçucu Külün Etkisi. GAP V. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı.
- Cülfik, M. S., Özturan T., 2002. Effect of elevated temperatures on the residual mechanical properties of high-performance mortar. Cement and Research, 32 (5), 809-816.
- Çankıran, O., Serin, G., Sancak E., 1998. Pomza Taşı Hammaddesinin Kullanıldığı Sektörler. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3(1), 59-67, Isparta.
- Çınar, B., 2000. Karapınar Volkanik Agregasından İmal Edilen Hafif Betonların Aderans Davranışı Üzerine Deneysel Bir İnceleme. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72 s, Konya.
- Davraz, M., 1998. Isparta Pomzasının Hafif Agregası Olarak Değerlendirilmesi. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 73 s, Isparta.
- Davraz, M., Gündüz L., 2005. Amorf Silika ve Endüstriye Katkısı , Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, IMCET, 357-366s.
- Demir, i., Başpınar, M. S., Görhan, G., Kahraman, E., Akyol, O., 2011. Pomza Agregalı Hafif Beton Isıl Özelliklerine Polistiren Köpük Ve Uçucu Kül Katkısının Etkileri. X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.
- Demir, İ., Kibici, Y., Ünal, O., 2001. Pomzamn İnşaat Sektöründe Yapı Tuğlası Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması. 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 18-19 Ekim, İzmir, Türkiye.
- Demir, İ., Orhan M., 2001. Pomza Hammaddesinin Tuğla Üretiminde Kullanılması. Türkiye 17 Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi-TUMAKS, ISBN 975-395-416-6.
- Demirboğa, R., 1999. Silis Dumanı ve Uçucu Külün Perlit ve Pomza İle Üretilen Hafif Betonların Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 147 s, Erzurum.
- Deniz, V., 1997. Isparta Yöresi İki Farklı Pomzanın Kırılma Özelliklerinin İncelenmesi. 1. Isparta Pomza Sempozyumu Bildiriler Kitabı. (Gündüz, L.), 207-211, Isparta.

- Dinçer, R., Çağatay, İ., H., 2004. Pomza ile Yapılan Hafif Betonların Mekanik Özellikleri. Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Der., 19(2), s. 247-260.
- Dorum, A., Yıldız, K., Yüksek Dayanımlı Betonlarda Pomza ve Zeolitin Kullanılabilirliği. İMO Teknik Dergi, 5335-5340, Yazı 345.
- Dönmez H., 2005. Volkanik Curuf Yarı Hafif betonların Mekanik Özelliklerinin Kompozit Malzeme Kuralları ile İncelenmesi. Gazi Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 85 s, Ankara.
- DPT, 2001. Pomza. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı-Madencilik Özel İhtisasKomisyon Raporu, 23 s. Ankara.
- Düzgün, O. A., Gül, R., Aydın, A. C., 2005. Effect of steel fibers on the mechanical properties of natural lightweight aggregate concrete. Materials Letters, vol. 59, pp. 3357 – 3363.
- El Zareef, M., 2010. Conceptual And Structural Design of Buildings Made of Lightweight And Infra-Lightweight Concrete. Master of Science. Von der Fakultät VI – Planen Bauen Umwelt der Technischen Universität Berlin.
- Erdoğan T.Y. 2007. BETON. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık Ve İletişim A.Ş. Genişletilmiş 2. Baskı. Ankara.
- Erdoğan Y.T., 1995. Karışım ve Bakım Suları. Türkiye Hazır Beton Birliği, Ankara.
- Erdoğan, T.Y., 2003. Beton. METU Press, 738 s. Ankara.
- Erdoğan, Y., Yaşar, E., 2005. Nevşehir Pomzasından Üretilen Briketlerin Isı ve Ses İletkenlikleri Açısından Değerlendirilmesi. Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, IMCEnOOS. İzmir, Türkiye.
- Erdoğan, E., 2006. Çimentoya Bor Katkısı, Uçucu Kül, Yüksek Fırın Cürufu İlavesiyle Özelliklerinin İncelenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Eriç, M., 1994. Yapı Fiziği ve Malzemesi. Literatür Kitabevi, 367 s, İstanbul.
- Ersoy, U ve Özcebe, G, 2001. Betonarme. Evrim Yayınevi, 50-51, 721-728.
- Evans, R. H., Dongre, A.V., 1963. The suitability of lightweight aggregate (aglite) for structural Concrete. Mag. of Concrete Research, Vol. 15, Nr. 44.
- Gencer, Ö., 2000. Pomza Katkılı Bimsbeton Bloklar ile Yapılmış Yığma Yapı Üzerinde Deprem Etkisinin Araştırılması. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 76 s, Isparta.

- Gesoğlu, M., Özturan, T., Güneyisi, E., 2004. Shrinkage Cracking of Lightweight Concrete Made with Cold-bonded Fly Ash Aggregates. Cement and Concrete Research, vol. 34, pp. 1121–1130.
- Giaccio, G., Rocco, C., Violini, D., Zappitelli J., Zerbino, R., 1992. High-Strength Concrete Incorporating Different Coarse Aggregates. ACI Matter, No.89(3), 242-246.
- Gönen, T., Demirel, B., 2008. Yüksek Sıcaklığın Karbon Lif Takviyeli Hafif Betonda Basınç Dayanımı Ve Poroziteye Etkisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt: 14 Sayı: 2 Sayfa: 223-228.
- Güllüce, H., 1997. Pasinler (Demirdöven) Yöresinde Çıkarılan Pomzanın Isı Yalıtımlı Yapı Malzemesi Olarak Kullanımı. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 65 s, Erzurum.
- Gündüz, L., 1998A. Pomza Teknolojisi (Pomza Karakterizasyonu), Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Isparta, (Cilt-I), 288s.
- Gündüz, L., 1998B. Pomza Teknolojisi (Pomza Karakterizasyonu), Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Isparta, (Cilt-II), 218s.
- Gündüz, L., 2001. Isı Yalıtım Agregası Olarak Pomzanın Kullanımı. 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 18-19 Ekim, İzmir, Türkiye.
- Gündüz, L., Sarıışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ., Çankıran, O., 1998. Pomza Teknolojisi. Cilt I. 285 s. Isparta.
- Gündüz, L., Sarıışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ., Çankıran, O., 1998 (b). Pomza Teknolojisi Cilt II. 203 s. Isparta.
- Gündüz, L., Şapcı, N., Bekar, M., İsker, M., 2006. Bimsbetonların Genleştirilmiş Perlit Agregalar ile Teknik Özelliklerinin İyileştirilmesi Üzerine Teknik Bir Analiz. IV.Ulusal Kırmata Sempozyumu, 2-4 Aralık İstanbul.
- Gündüz, L., Şapcı, N., Bekar, M., Yorgun, S., 2006. Genleşmiş kilin hafif agregası olarak kullanılabilirliği. Kil Bilimi ve Teknolojisi Dergisi, Kibited, 1(2), s. 43–49.
- Gür, K., Zengin, M., Uyanöz, R., 1997. Pomzanın Tarım ve Çevre Açısından Önemi. 1. Isparta Pomza Sempozyumu Bildiriler Kitabı, (Gündüz, L.),125- 132,Isparta.
- Gürdal, H., Yüceer, Z., 2005. Türkiye ve Dünyada Kendiliğinden Yerleşen Beton Uygulamaları. Akçansa Çimento San. Ve Tic. A.Ş., İstanbul.
- Haque, M.N., Al-Khaiat, H., Kayalı, O., Strength and Durability of Lightweight Concrete. Cement and Concrete Composites, No. 26, 307-314, 2004.

- Hammer, T.A., Smeplass, S., 1995. The influence of lightweight aggregate properties on material properties of the concrete. CEB/FIP International Symposium on Structural Lightweight Aggregate Concrete, Sandefjord, Norway, pp 517-532.
- Her-Yung, W., 2009. Durability of self-consolidating lightweight aggregate concrete using dredged silt. Construction and Building Materials, 23:pp. 2332-2337.
- Hossain, K.M.A., 2004. Properties of volcanic pumice based cement and lightweight concrete. Cement and Concrete Research, 34:pp. 283-291.
- Hüsem, M., 1995. Doğu Karadeniz Bölgesi Doğal hafif Agregalarından Biriyle Yapılan Hafif Betonun Geleneksel Bir Betonla Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 170 s, Trabzon.
- Hwang, C.L., Hung, M.F., 2002. Durability consideration of self-consolidating concrete. First North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete, pp. 385-388.
- Hwang, C.L., Hung, M.F., 2005. Durability design and performance of self-consolidating lightweight concrete. Construction and Building Materials, 19:pp. 619-626.
- İlgün, K.,A., 1992. Hafif Betondan İmal Edilmiş Kirişlerin Dayanım ve Davranışı. Selçuk Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 65s, Konya.
- İnel, İ., Aslan, C., Ulusoy, G., 2001. Pomzalı Betonların Refrakter Amaçlı Kullanımı. 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 18-19 Ekim, İzmir, Türkiye.
- Jau, W.C., Yang, C.T., 2010. Development of a modified concrete rheometer to measure the rheological behavior of conventional and self-consolidating concretes. Cement & Concrete Composites, 32:pp. 450-460.
- Kadiroğlu, İ., 2004. Kendiliğinden Yerleşen Normal Dayanımlı Hafif Beton Üzerine Deneysel Bir Çalışma. Batıçim Batı Anadolu Çimento Sanayii A.Ş., İzmir.
- Kalifa P., Menneteau F.D., and Quenard D., 2000. Spalling and Pore Pressure in HPX at High Temperatures. Cement and Concrete Research, sayı 30, syf 1915-1927.
- Kan, A., 2007. Isıl İşlem Yöntemiyle Modifiye Edilmiş Atık Eps Köpüklerin Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 175 s, Erzurum.
- Kantarcı, A., Türkmen, İ., 2005. Kendiliğinden Yerleşen Betonların Geçirimlilik Katsayısı ve Mekanik Özellikleri Üzerine Farklı Kür Şartlarının Ve Genleştirilmiş Perlit Agregasının Etkileri. II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, İstanbul 17-19 Kasım.
- Karahan, O., 2006. Liflerle Güçlendirilmiş Uçucu Küllü Betonların Özellikleri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 170s, Adana.

- Karaman, S., 2007. Tarımsal Yapılarda Kullanılan Hafif İnşaat Malzemeleri. HR. Ü. Z. Fak. Der., 11 (1/2), s. 63-69.
- Kaşıkar, N., Telefoncu A., 1997. Pomzanın Fenol İçeren Endüstriyel Atık Suların Biyokimyasal Arıtımında Kullanılması. 1. Isparta Pomza Sempozyumu Bildiriler Kitabı, (Gündüz, L.), 25-30, Isparta.
- Kaya, A., 2002. Styropor Kullanılarak Elde Edilen Hafif Betonun Karakteristik Özelliklerinin İncelenmesi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 91 s, Elazığ.
- Kayalı, O., Haque, M. N., Zhu, B., 1999. Drying Shrinkage of Fibre-reinforced Lightweight Aggregate Concrete Containing Fly Ash. Cement and Concrete Research, vol. 29, pp. 1835–1840.
- Kayalı, O., Haque, M. N., Zhu, B., 2003. Some Characteristics of High Strength Fiber Reinforced Lightweight Aggregate Concrete. Cement & Concrete Composites, vol. 25, pp. 207–213.
- Keleştemur, O., Yıldız, S., 2005. Styropor Katkısının Betonarme Demirlerinin Korozyonu Üzerine Etkisi. Politeknik Dergisi, 8 (3), s. 311-315.
- Khokhrin, N.K., 1973. The durability of lightweight concrete structural members. Kuibyshev, USSR.
- Kılıç, A., Atis, C., D., Yaşar, E., Özcan, F., 2003. High-Strength Lightweight Concrete Made with Scoria Aggregate Containing Mineral Admixtures. Cement and Concrete Research, vol. 33, pp. 1595–1599.
- Kocaman, B., Orukoğlu, M., 2002. Dozaj ve Agregat Granülometrisinin Hafif Betonların Isı İletkenliğine Etkisi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., (3), s. 317-321.
- Koçkal, N., U. ve Özturan, T., 2007. Sinterleme Sıcaklığının Uçucu Kül Hafif Agregaların Özelliklerine Etkisi. Bildiriler Kitabı, 7. Ulusal Beton Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi, İstanbul, Kasım ss. 133-144.
- Kok, S.C., Min-Hong, Z., 2002. Water Permeability and Chloride Penetrability of High-Strength Lightweight Aggregate Concrete. Cement and Concrete Research, No. 32, 639-645.
- Kozak, M., Ünal, O., 2010. Hafif Agregalı Blokların Özelliklerinin Araştırılması. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6 (2), s. 17-30.
- Köse, H., Pamukçu, Ç., Yaşar, N., Seçer, T., 1997. Pomza ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Olanakları. 2 Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 16-17 Ekim, İzmir, Türkiye.

- Mahdy, M., Speare, P. R. S., Abdel-Reheem, A. H., 2002. Effect of Transient Hightemperature on Heavyweight High Strength Concrete. 15th ASCE.
- Milled, K., Le Roy, R., Sab, K., Boulay, C., 2004. Compressive Behavior of an İdealized EPS Lightweight Concrete: size effects and failure mode. Mechanics of Materials, vol. 36, pp. 1031–1046.
- Mindess, S., Young, J. F., 1987. Concrete. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Moİ, F., 2001. Değişik Oranlardaki Pomza-Zeolit Karışımlarının Kimi Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 57 s, Bursa.
- Nevile, A. M., 2002. Properties of Concrete. Fourth and Final Edition Standards, Pearson, Prentice Hall,18-119, 670-674.
- Neville, A.M., Brooks, J.J., 1987. Concrete Technology. University Press, Belfast, 438 p.
- Newman, J.B., 1991. Properties of structural lightweight concrete in structural lightweight Concrete. 19-44. p.
- Onar, A. N., Balkaya N., Öztürk B., 1997. Pomza Taşının Su Arıtım Teknolojisinde Kullanımı. 1. Isparta Pomza Sempozyumu Bildiriler Kitabı, (Gündüz, L.), 31-38, Isparta.
- Özcan, F., 2005. Silis Dumanı İçeren Harç ve Betonların Özellikleri ve Hızlandırılmış Kür İle Dayanım Tahmini. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Adana.
- Öztok, İ., 1997. Yüksek Dayanımlı Doğal Hafif Agregalı Beton. ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 149 s, Ankara.
- Poon, C.S., Shui Z. H. ve Lam L., 2004. Compressive Behavior of Fiber Reinforced High-Performance Concrete Subjected to Elevated Temperatures. Cement and Concrete Research, Uncorrecter poorf.
- Postacıoğlu, B., 1987. Beton Cilt:2 (Agregalar ve Beton). Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, 233-234, 344-345, 397-401.
- Sancak, E., 1999. Hafif Agregalı Beton Blokların Mekanik Özellikleri Üzerine Çelik Lif kullanımının Etkisi. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s, Isparta.
- Sancak, E., 2005. Silis Dumanı Katkılı Bims Betonların Özellikleri. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Sancak, E., Şamandar A., 2010. Sürdürülebilirlik Bakımından Kendiliğinden Yerleşen Beton Kullanımının Rolü. International Sustainable Buildings Symposium, 26-28 May 2010 Ankara-TURKEY.

- Sancak, E., Şimşek O., Subaşı, S., 2005. Türkiye Konut Üretiminde Bimsbeton. 4th International Advanced Technologies Symposium, september 28-30, Konya, Turkey.
- Sancak, E., Şimşek, O., 2006. Yüksek Sıcaklığın Silis Dumanı Ve Süperakışkanlaştırıcı Katkılı Hafif Betona Etkileri. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 21, No 3, 443-450.
- Saraylı, M.A., 1978. Yapı Malzemeleri Bilimi. Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Sarı, D., Paşamehmetoğlu, A.G., 2005. The Effects of Gradation and Admixture on the Pumice Lightweight Aggregate Concrete. Cement And Concrete Research, No. 35(5), 936-942.
- Subaşı, S., 2009. Genleştirilmiş Kil Agregası İle Taşıyıcı Hafif Beton Üretimi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 24, No 3, 559-567.
- Subaşı, S., Beycioğlu, A., Emiroğlu, M., 2009. Genleştirilmiş Kil Agregalı Hafif Betonlarda Bulanık Mantık Yöntemiyle Yarmada Çekme Dayanımı Tahmin Modeli Geliştirilmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt:XXII, Sayı:3
- Subaşı, S., Kap, T., Beycioğlu, A., Emiroğlu, M., 2008. Hafif Betonlarda Basınç Dayanımlarının Tahmin Edilmesinde Kullanılan Farklı Tahmin Metotlarının Karşılaştırılması. Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu- BMYS, 2008, 15 - 17 Ekim, Eskişehir.
- Şahin, S., Karaman, S., Örüng, İ., 2007. Atık PVC Katkılı Hafif Betonların Özellikleri ve Tarımsal Yapılarda Kullanım Olanakları. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(2), s. 137-144.
- Şengün, N., Gündüz, L., 2003. Kırmataş Agregası Katkılı Hafif Örgü Harçlarının Teknik Analizi. III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 3-4 Aralık, İstanbul, Türkiye.
- Şimşek, O., 2000 (a). Yapı Malzemesi I. Beta Basım Yayın AŞ., 146 s. İstanbul.
- Şimşek, O., 2000 (b). Yapı Malzemesi II. Beta Basım Yayın AŞ., 211 s. İstanbul.
- Tanyıldızı, H., Coşkun, A., 2007. Hafif Betonun Basınç Dayanımı ve Yüzey Özelliklerine Yüksek Sıcaklığın Etkisi. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları.
- Tanyıldızı, H., Coşkun, A., 2007. Effect Of Different Curing Conditions On Ultrasonic Pulse Velocity And Compressive Strength Of Lightweight Concrete. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı:14.
- Teo D. C. L., Mannan, M. A., Kurian, V. J., Ganapathy C., 2007. Lightweight Concrete Made from Oil Palm Shell (OPS): Structural Bond and Durability Properties. Building and Environment, vol. 42, pp. 2614–2621.

- Teo, D. C. L., Mannan, A., Kurian V. J., 2006. Structural Concrete Using Oil Palm Shell (OPS) as Lightweight Aggregate. Turkish J. Eng. Env. Sci., vol. 30, pp. 251-257.
- Tolğay, A., Yaşar, E., Erdoğan, Y., 2004. Nevşehir Pomzasının Agregat Olarak Betonda Kullanılabilirliğinin Araştırılması. 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 13-14 Mayıs, İzmir, Türkiye.
- Topçu, İ. B., Kara, İ., 2009. Azot Fabrikası Cürufu ve Termik Santral Küllerinden Hafif Duvar Bloğu Üretilmesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt:XXII, Sayı:2.
- TS 1114, 1986. (Tadil: 1987.10.13). Hafif Agregalar-Beton İçin. Türk Standartları Enstitüsü, 17 s. Ankara.
- TS 2511, 1977. Taşıyıcı Hafif Betonların Karışım Hesap Esasları. Ankara.
- TS 2823, 1986. (Tadil: 1988/08). Bimsbetondan Mamül Yapı Elemanları. Türk Standartları Enstitüsü. 28 s. Ankara.
- TS 3234, 1978. Bimsbeton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deney Metotları. Türk Standartları Enstitüsü, 30 s. Ankara.
- TS 3502, 1981. Betonda Statik Elastisite Modülü ve Poisson Oranı Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, 9 sayfa, Ankara.
- TS 3526, 1980. Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, 11 sayfa, Ankara.
- TS 3529, 1980. Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, 5 sayfa, Ankara.
- TS 802, 1985. Beton Karışımı Hesap Esasları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-2/A1, 2007. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bolum 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2 sayfa.
- TS EN 1097-3, 1999. Agregaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri İçin Deneyler Bolum 3: Gevsek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 20 sayfa.
- TS EN 1097-6/A1, 2007. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bolum 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 3 sayfa.
- TS EN 12390-3, 2003. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, 16 sayfa, Ankara.

- TS EN 12390-4, 2002. Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 4: Basınç dayanımı - Deney makinalarının özellikleri. Türk Standartları Enstitüsü, 16 sayfa, Ankara.
- TS EN 1744-1, 2000. Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 1: Kimyasal Analiz. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 15 sayfa.
- TS EN 206-1, 2002. Beton- Bolum 1: özellik, performans, imalat ve uygunluk. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 68 sayfa.
- TS EN 932-1, 1997. Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler - Kısım 1 - Numune Alma Metotları. Türk Standartları Enstitüsü, 21 sayfa, Ankara.
- TS EN 932-2, 1999. Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Lâboratuvar Numunelerinin Azaltılması Metodu. Türk Standartları Enstitüsü, 15 sayfa, Ankara.
- Tugutalp, E. Ü., Örüng, İ., 1992. Doğal Hafif Agregalı Betonların Donma-Çözülme etkisi Altındaki Bazı Özellikleri Üzerine Bir Araştırma Atatürk Ü. Zir. Fak. Der., 23(2), s. 72-88.
- Turgutalp, E. Ü., Örüng, İ., 1992. Çimento ve Kirecin Farklı Oranlarda Katılmalarıyla Üretilen Hafif Agregalı Betonların Özellikleri. Atatürk Ü.Zir. Fak. Der., 23 (1), s. 52-66.
- Türkel, S., Kadiroğlu, B., 2007. Pomza Agregalı Taşıyıcı Hafif Betonun Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt: 13 Sayı: 3 Sayfa: 353-359.
- Türker, P., Erdoğan, B., Yeğinoğlu, A., 2003. Kalker katkılı portland çimentoların yangın direnci. İMO, 5. Ulusal Beton Kongresi, 1-3 Ekim, İstanbul, ss. 441- 47.
- Türkmen, İ., 1997. Van-Erciş Pomzasından Üretilen Hafif Betonun Donma Çözülme Dayanıklılığının Araştırılması. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83 s, Erzurum.
- Türkmen, İ., Kantarcı, A., 2007. Effects of expanded perlite aggregate and different curing conditions on the physical and mechanical properties of selfcompacting concrete. Building and Environment 42, 2378-2383.
- Uğur, İ., 2003. Kırmataş Agregalı Hafif Betonların Mühendislik Özelliklerinin İyileştirilmesi Üzerine Bir Analiz. III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 3-4 Aralık, İstanbul, Türkiye.
- Uğurlu, A., 1989. Betonda Agrega Granülometrisinin Düzenlenmesi ve Önerilen Bir Yöntem: Fuller Parabolü. D.S.İ. Teknik Bülteni, sayı:69, s. 45-49, Ankara.
- Ulusoy, G., 2004. Pomzanın İzole Monolitik Malzeme İmalinde Kullanılması. MTA Dergisi, 129, 89-96.

- Ulus, İ., 2007. Ham Perlit Agregası Kullanılarak Yüksek Dayanımlı Hafif Beton Üretilirliğinin Araştırılması. Atatürk Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Erzurum.
- Uyan, M., 1975. Beton ve harçlarda kılcalık olayı. İ.T.U. İnşaat Fakültesi, Doktora Tezi, 178 sayfa. 146.
- Uygunoğlu, T., 2005. Afyon ve çevresindeki hafif agregalarla üretilen blok elemanların fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması. A.K.U., Fen Bil. Ens., Yuk. Lis. Tezi, ss. 1-50.
- Uygunoğlu, T., Ünal, O., 2006. Diyatomitin Hafif Blok Üretiminde Kullanılması. Politeknik Dergisi, 9 (1), s. 65-70.
- Uygunoğlu, T., Ünal, O., 2005. Yapıların Zati Yükünün Azaltılması İçin Diyatomitile Üretilen Hafif Blok Elemanların Özelliklerinin Araştırılması. Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart, Kocaeli, Türkiye.
- Uysal, H., 1996. Kocapınar pomzası ile üretilen hafif betonun ısı geçirgenliğinin araştırılması. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim dalı, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Ünal O., Uygunoğlu T., Yıldız A., 2005. Investigation of properties of low-strength lightweight concrete for thermal insulation. Building and Environment, 42, 584-590.
- Ünal, O., Uygunoğlu, T., 2007. Diyatomitin Hafif Beton Üretiminde Kullanılması. İMO Teknik Dergi, 266, s. 4025 -4034.
- Ünal, O., Demir, İ., Uygunoğlu, T., 2003. Pomza Ve Diyatomitin Hafif Blok Eleman Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması. III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 3-4 Aralık, İstanbul, Türkiye.
- Yang, C.C., Huang, R, 1996. A Two-Phase Model for Predicting the Compressive Strength of Concrete. Cement And Concrete Research, No. 26(10), 1567- 1577.
- Yaşar, E., Atis, C., D., Kilic, A., Gulsen, H., 2003. Strength Properties of Lightweight Concrete Made with Basaltic Pumice and Fly Ash. Materials Letters, No. 57, 2267-2270.
- Yazıcıoğlu, S., Arıcı, E., Gönen, T., 2003. Elazığ Ferrokrom Cürufunun Betonda Karbonatlaşmaya Etkisi. 5. Ulusal Beton Kongresi Betonun Dayanıklılığı (Durabilite), İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi.
- Yazıcıoğlu, S., Bozkurt, N., 2006. Pomza Ve Mineral Katkılı Taşıyıcı Hafif Betonun Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. Gazi Üniversitesi. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 21, No 4, 675-680.

- Yazıcıoğlu, S., Bozkurt, N., Pomza Ve Mineral Katkılı Taşıyıcı Hafif Betonun mekanik Özelliklerinin Araştırılması. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 21, No 4, 675-680.
- Yazıcıoğlu, S., Demirel, B., 2007. Uçucu Külün Karbon Fiber Takviyeli Hafif Betonun Seebeck Katsayısına Etkisi. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, (1) 1-5.
- Yazıcıoğlu, S., Demirel, B., 2010. Uçucu Külün Karbon Fiber Takviyeli Hafif Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisi. Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi, Cilt 9, Sayı:1.
- Yeğinobalı A., 1997.a. Yüksek dayanımlı doğal hafif agregalı beton. Tübitak İntag Projesi, Proje No: İntag/Toki-626, Ankara, 152 sayfa.
- Yeğinobalı, A., 1997.b. Hafif beton ve yüksek dayanımlı hafif beton. Çimento ve Beton Dünyası, Ağustos, Yıl-2, Sayı-8, s.22.
- Yeğinobalı, A., 1993. Silis Dumanının Betonda Katkı Maddesi Olarak Değerlendirilmesi. Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu Bildirileri, s.149-167. Ankara.
- Yeğinobalı, A., 2002. Structural lightweight Concretes Produced with Natural Lightweight Aggregates in Turkey. International Congress of the Precast Concrete Industry, BIBM, 1-4 May, İstanbul, Turkey.
- Yeniboğalı, A., 1999. Betonun Dayanıklılığı II, Kimyasal Etkenler. TCMB Çimento Araştırma Enstitüsü Seminer Notları, Ankara.
- Yıldırım, H., 1995. Agregat Konsantrasyonunun Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, D. Tezi, 110s, İstanbul.
- Yıldız, S., Kaya, A., Keleştemur, H., 2004. Styropor Kullanılarak Elde Edilen Hafif Betonların Fiziksel Özelliklerinin Deneysel Olarak Araştırılması. F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(2), s. 357-366.
- Yiğiter, H., 2002. Yüksek Performanslı Betonların Süneklik Özelliğinin Araştırılması. D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, 207s, İzmir.

8. ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Ayşe AKKAŞ

Doğum Yeri : Bucak

Doğum Yılı : 1980

Medeni Hali : Evli

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl):

Lisans : 1998 – 2002 Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim
Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü

Y.Lisans : 2003–2006 Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yapı Eğitimi ABD.

Doktora :2006-... Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği ABD

Yabancı Dil : İngilizce

İş Deneyimi:

Araştırma Görevlisi 2004–2010 Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri
Enstitüsü Yapı Eğitimi ABD.

Araştırma Görevlisi 2010 - Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi
İmalat Mühendisliği Bölümü

BİLİMSEL ÇALIŞMALAR

Hakemli dergilerde yayımlanan teknik not, editöre mektup, tartışma, vaka takdimi ve özet türünden yayınlar dışındaki makale

Başığit, C., ve Kaçar, A., "Bazı Yapı Malzemelerinin Radyasyon Tutuculuk Özellikleri", SDÜ Fen Bilimleri Dergisi, 10-2 , (2006).

SCI, SSCI ve AHCI dışındaki indeks ve özet tarafından taranan dergilerde yayımlanan teknik not, editöre mektup, tartışma, vaka takdimi ve özet türünden yayınlar dışındaki makale

Akkaş, A., Başığit, C., Avcı, H., "Türkiyede Hazır beton Maliyetini Etkileyen Parametreler ve Bölgelere Göre Maliyet Analizi" SDU International Journal of Technologic Sciences, Vol2, No1. 2010

Akkaş, A., Başığit, C., Alpaslan, L., Arabacı S., "Polipropilen Lif Katkılı Yarı Hafif Betonların Basınç Dayanımı Özellikleri" SDU International Journal of Technologic Sciences, Vol2, No1. 2010

Akkurt, İ., Başığit, C., Mavi, B., Gunoglu, K., Kılıncarslan, S. Akkaş, A., 2011. "Ağır Agregaların Radyasyon Zırhlama Özellikleri" E-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences, 1A0254, 6, (4), 1481-1485.

Akkurt, I., Başığit, A., Akkaş, A., Mavi, B. ve Günoğlu, K., 2011 "Yüksek Fırın Cürufu Betonların Radyasyon Soğurma Karakteristiklerinin Belirlenmesi" e-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences, 1A0225, 6, (4), 1175-1181

Basığit, C., Akkaş, A., Serin, E. ve Karlı, M.İ. 2011. "Farklı Kür Şartlarının Pomza Agregalı Hafif Beton Özelliklerine Etkisinin Araştırılması" e-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences, 1A0260, 6, (4), 1540-1546.

SCI, SSCI ve AHCI tarafından taranan dergilerde yayımlanan teknik not, editöre mektup, tartışma, vaka takdimi ve özet türünden yayınlar dışındaki makale

Basığit, C., Uysal, V., Kılıncarslan, Ş., Mavi, B., Gunoğlu, K., Akkurt, İ., Akkaş, A., "Determination of Radiation Half Value Layer Thickness in Some Heavyweight Concrete" International Congress on Advances in Applied Physics and Materials Science 12–15 May 2011 Antalya, (Turkey) AIP Conf. Proc. 1400, pp. 232-235

Ulusal toplantıda sunulacak tam metin olarak yayımlanan bildiri

Kılıncarslan, Ş., Başığit, C., Uzun, İ., Kaçar, A., Akkurt, İ., ve Mavi, B., "Pomzanın Radyasyon Soğurma Katsayısının Araştırılması", Türkiye Pomza Sempozyumu ve Sergisi, 343-346, Isparta, 2005.

Başıyigit, C., **Kaçar, A.**, Akkurt, I., ve Kılınçarslan, Ş., "Yapı Malzemelerinin Radyasyon Tutuculuk Özelliklerinin Belirlenmesi" , IX Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi, İzmir, 2005.

Akkurt, İ., Başıyigit, C., Mavi, B., Gunoglu, K., **Akkaş, A.** ve Uyar, E., 2011. "Antalya'da Kullanılan BazıYapı Malzemelerinin Radyasyon Soğurma Özelliklerinin Araştırılması" 6. Kentsel Altyapı Sempozyumu, pp. 611-616, 14-15 Ekim 2011, Antalya.

Uluslararası toplantıda sunularak tam metin olarak yayımlanan bildiri

Başıyigit, C.,**Akkaş, A.**,Eren, A. "Gül Posası Katkılı boya İle Kaplanan Donatı Çeliğinin Korozyon Özelliklerinin Araştırılması",13th International Materials Symposium,IMSP'13-15 October 2010

Başıyigit, C., **Akkaş, A.**, Kurtarıcı, M. N. and Uyar, E., 2011, "Yüksek Fırın Cürufunun Beton Basınç Dayanımına Etkisinin Bulanık Mantık Metodu ile Tahmin Edilmesi" 6th International Advaced Technologies Symposium (IATS'11) Elazığ-Turkey on May 16-18.

Başıyigit, C., **Akkaş, A.**, Uyar, E. and Kurtarıcı, M. N., 2011, "Properties of Lightweigt Concrete with Olive Waste and Possible Uses of Agricultural Structures", 2nd International Non-Wood Forest Products Symposium, pp. 178-182, Süleyman Demirel University, Isparta in TURKEY, on September 08-10.

Uluslararası toplantıda sunularak özet metin olarak yayımlanan bildiri

Kılınçarslan, Ş., Başıyigit, C., Akkurt, I, and **Kaçar, A.**, "Effects of Radiation Rays on Construciion Materials ", International Symposium Radioprotection of Environment In-situ Nuclear Meteorology, , Kuşadası, 2006.

Başıyigit, C., **Akkaş, A.**, Kılınçarslan, Ş., Akkurt,İ., "Determination of Radiation Half Value Layer Thickness in Some Heavyweight Concrete" Advances in applied physics and material science congress (apmas2011) Antalya-Kemer-Turkey on May 13-15.

Akkaş, A., Başıyigit, C., Serin, E. and Karlı, M. İ.,2011,"Farklı Kür Şartlarının Pomza Agregalı Hafif Beton Özelliklerine Etkisinin Araştırılması", Uluslararası Katılımlı Yapı Kongresi,IPCC2011 ,Fırat Üniversitesi, 28-30 Eylül 2011 ,Elazığ

Akkurt, İ., Başıyigit, C., Mavi, B., Gunoğlu, K., Kılınçarslan, Ş. and **Akkaş, A.**,2011,"Ağır Agregaların Radyasyon Zırhlama Özellikleri ", Uluslararası Katılımlı Yapı Kongresi,IPCC2011 ,Fırat Üniversitesi, 28-30 Eylül 2011 ,Elazığ

Akkurt, İ., Başıyigit, C.,**Akkaş, A.**, Mavi, B. and Gunoğlu, K.,2011,"Yüksek Fırın Cürufu Betonların Radyasyon Soğurma Karakteristiklerinin Belirlenmesi",Uluslararası Katılımlı Yapı Kongresi,IPCC2011 ,Fırat Üniversitesi, 28-30 Eylül 2011 ,Elazığ

Uluslararası toplantıda poster, sözlü sunum ile gösterimleri

Başıyığıt, C., Akkaş, A., Kurtarıcı, M. N., Altınır, H. and Çalan, Z., 2010, " Investigation of Usability of Isparta Region Rose Waste in Concrete Manufacturing ", Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu (ISBS), 26 - 28 Mayıs 2010, Ankara, Türkiye

Yüksek Lisans Tezi

Kaçar, A., "Yapılarda Radyasyon Kalkanı Olarak Kullanılan Barit Agregalı Ağır Beton Elemanların Zırh Kalınlık Hesaplarının belirlenmesi" Süleyman Demirel Üniversitesi, 2006.

Ulusal kuruluşlarca desteklenen projede görev alma

Süleyman Demirel Üniversitesi Kampüsü ve Çevresinin Düzenlenmesi Amaçlı Beton Parke Üretimi Tesisinin Tasarım Projesi, SDÜ Alt Yapı Projesi 2004/100, 2005.

Yapılarda Radyasyon Kalkanı Olarak Kullanılan Barit Agregalı Ağır Beton Elemanların Zırh Kalınlık Hesaplarının belirlenmesi, SDÜ BAP-0848-YL-04,2006