



İSKENDERUN TEKNİK

ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**AYAKKABI SANAYİ POLİÜRETAN TABAN
ATIKLARININ BETON AGREGASI
OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN
İNCELENMESİ**

Meltem ATASEVER

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

HAZİRAN 2018



**AYAKKABI SANAYİ POLİÜRETAN TABAN ATIKLARININ BETON
AGREGASI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

Meltem ATASEVER

**YÜKSEK LİSANS
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2018

Meltem ATASEVER tarafından hazırlanan AYAKKABI SANAYİ POLİÜRETAN TABAN ATIKLARININ BETON AGREGASI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / ~~OY ÇOKLUĞU~~ ile İskenderun Teknik Üniversitesi İnşaat Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Umur Korkut Sevim

İnşaat Mühendisliği, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Başkan: Prof. Dr. Umur Korkut SEVİM

İnşaat Mühendisliği, İskenderun Teknik Üniversitesi

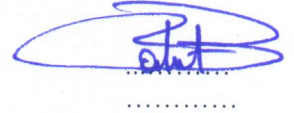
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Üye: Doç. Dr. Cahit BİLİM

İnşaat Mühendisliği, Mersin Üniversitesi

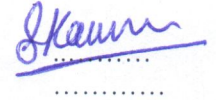
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Selçuk KAÇIN

İnşaat Mühendisliği, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

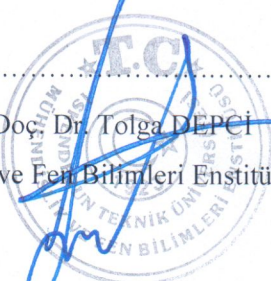
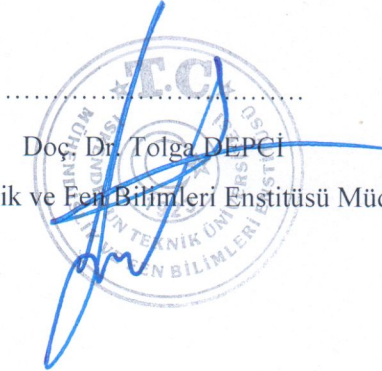


Tez Savunma Tarihi: 21./06./2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Doç. Dr. Tolga DEPCI

Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

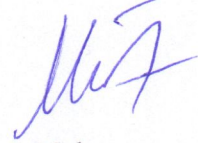


U

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
 - Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



Meltem
ATASEVER
21/06/2018

AYAKKABI SANAYİ POLİÜRETAN TABAN ATIKLARININ BETON AGREGASI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Meltem ATASEVER

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2018

ÖZET

Bu çalışmada, Antakya Organize Sanayi bölgesinde üretim yapan Alkan Taban Fabrikası'nda, ayakkabı tabanı üretimi esnasında ortaya çıkan poliüretan taban atığının (PTA) betonda agrega yerine kullanılmasının beton özelliklerini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Bu amaçla 3 farklı sette beton üretimi yapılmıştır. 1. setin tamamında CEMI 42,5 çimento kullanılırken PTA iri agrega ile hacimce %0, %5, %10, %15, %20 ve %25 oranlarında yer değiştirilmiştir. 2. sette PTA ile agrega 1. setteki oranlarda yer değiştirilirken aynı zamanda CEMI 42,5 çimentonun ağırlıkça %10'u yerine yüksek fırın cürufu (YFC) kullanılmıştır. 3. sette ise CEMI 42,5 çimentonun ağırlıkça %5'i yerine silika dumanı (SD) kullanılırken aynı zamanda PTA ile iri agrega hacimce %0, %5, %10, %15, %20 ve %25 oranlarında yer değiştirilmiştir. Bütün karışımlarda su/bağlayıcı oranı 0,4 ve bağlayıcı dozajı 450 kg/m^3 'tür. Üretilen taze beton karışımları üzerinde çökme, birim hacim ağırlık ve hava yüzdesi deneyleri yapılmıştır. Toplamda üretilen 18 farklı karışım 28 gün standart küre tabi tutulmuştur. 28 gün sonunda küreden alınan numuneler üzerinde basınç dayanımı, eğilme dayanımı, yarmada çekme dayanımı, test çekici, ultrasonik ses hızı, enerji yutma kapasitesi, aşınma, su emme, kapilarite, basınçlı su geçirimsizliği, elastisite modülü ve dinamik elastisite modülü testleri yapılmıştır. Deney sonuçlarının hepsi birlikte değerlendirildiğinde PTA'nın betonda agrega yerine %10 mertebelerinde kullanılabileceği ve böylece bu atık malzemenin hem bertaraf edilerek ekonomiye kazandırılabilmesi hem de doğal kaynak kullanımının bir kısmının önüne geçilebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler : Poliüretan, Ayakkabı taban atığı, Sünek, Beton, Enerji yutma

Sayfa Adedi : 74

Danışman : Prof. Dr. Umur Korkut Sevim

INVESTIGATION OF THE USABILITY OF SHOE INDUSTRY POLYURETHANE
SOLE WASTES AS CONCRETE AGGREGATE

(M. Sc. Thesis)

Meltem ATASEVER

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
ENGINEERING AND SCIENCE INSTITUTE

June 2018

ABSTRACT

In this study, the usage of polyurethane sole waste (PSW), which emerged during shoe sole production and is produced in the Alkan Sales Factory in Antakya Organized Industrial Site, is researched instead of aggregate in concrete. For this purpose, 3 different sets of concrete were produced. In the first set, CEMI 42,5 cement is used, while PTA is replaced by coarse aggregate at 0, 5%, 10%, 15%, 20% and 25% by volume. In the second set, blast furnace slag (BFS) replaced with CEM I 42.5 cement 10% by weight while the aggregate is replaced as in the first set by PSW. In the third set, silica fume (SF) is used instead of 5% by weight of CEMI 42.5 cement, while coarse aggregate replacement ratio are 0, 5%, 10%, 15%, 20% and 25% by volume. The water / binder ratio is 0.4 and the binder dosage is 450 kg / m³ in all mixtures. Slump test, unit weight and air content (%) tests are performed on the produced fresh concrete mixes. 18 different mixtures produced totally are subjected to 28 days standard water curing. Compressive strength, flexural strength, splitting tensile strength, Schmidt test, Ultrasonic pulse velocity, energy absorption capacity, abrasion, water absorption, capillarity, pressurized water permeability, elasticity modulus and dynamic elasticity modulus tests were carried out on samples taken from cured samples after 28 days. When all of the test results are evaluated together, it is considered that PSW can be used in 10% by volume in concrete instead of aggregate, both as this waste material can be disposed and contributes to economy as well as part of natural resource usage can be avoided.

KeyWords : Polyurethane, Shoe sole waste, Ductile, Concrete, Energy absorption
Page Number : 74
Supervisor : Prof. Dr. Umur Korkut Sevim

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinde, araştırılması, deney uygulamaları ve tez yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi, tecrübesi ve hoşgörüsü ile çalışmaya yön veren ve her türlü yardımı esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Umur Korkut SEVİM'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım sırasında desteğini esirgemeyen saygı değer hocam Doç. Dr. Selahattin KOCAMAN'a, sabır ve anlayışla bilgi birikimini benimle paylaşan, deney esnasında ve tez yazım aşamasında her türlü sorumu güler yüzle cevaplayan sevgili hocam Arş.Gör. Müzeyyen BALÇIKANLI BANKİR'e, desteklerinden dolayı saygı değer Arş.Gör. Murat ÖZTÜRK'e, beton üretimi sırasında benimle birlikte çalışan sevgili 4. sınıf lisans öğrenci arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarına malzeme desteği sağlayan Alkan Tabancılık San. ve Tic. Ltd. Şti./ Hatay Tesisleri'ne ve fabrika müdürü Sayın Cuma Külahlı beyefendiye teşekkür ederim. Ayrıca eğitim ve sosyal hayatımda benden desteğini bir an olsun esirgemeyen özellikle yüksek lisans eğitimim boyunca bir kez olsun aksatmadan ulaşımımı sağlayan canım babama, desteklerinden dolayı anneme, yardımlarından dolayı biricik kardeşime, tez süresi boyunca zorlandığım her anımda yanımda olan sevgili nişanlıma en içten saygı ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Alkan Taban Fabrikası ve PTA oluşumu.....	2
1.2. Poliüretanlar.....	5
1.3. Puzolanlar	7
1.4. Yüksek Fırın Cürufu.....	9
1.5. Silis Dumanı	9
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	11
3. MATERYAL VE METOT.....	17
3.1. Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri	17
3.1.1. Çimento	17
3.1.2. Agrega	17
3.1.3. Su	18
3.1.4. Su azaltıcı katkı.....	18
3.1.5. YFC ve SD	19

Sayfa

3.2. Karışım Tasarımı	19
3.3. Deney Yöntemleri	21
3.3.1. Çökme (Kıvam).....	21
3.3.2. Birim hacim ağırlık deneyi.....	21
3.3.3. Hava yüzdesi deneyi	22
3.3.4. Basınç dayanımı.....	22
3.3.5. Eğilme dayanımı	23
3.3.6. Yarmada çekme dayanımı	24
3.3.7. Beton test çekici deneyi.....	25
3.3.8. Ultrasonik ses hızı deneyi.....	26
3.3.9. Enerji yutma kapasitesi deneyi	28
3.3.10. Aşınma direnci	29
3.3.11. Su emme deneyi.....	32
3.3.12. Kapilarite deneyi.....	33
3.3.13. Basınçlı su geçirimsizliği deneyi	36
3.3.14. Dinamik elastisite modülü tayini deneyi	37
4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR.....	39
4.1. Birim Hacim Ağırlık	39
4.2. Hava Yüzdesi.....	39
4.3. Basınç Dayanımı	40
4.4. Eğilme Dayanımı.....	43
4.5. Yarmada Çekme Dayanımı.....	46
4.6. Beton Test Çekici Deneyi	49
4.7. Ultrasonik Ses Hızı Deneyi.....	51

	Sayfa
4.8. Enerji Yutma Kapasitesi	53
4.9. Aşınma Deneyi	56
4.10. Su Emme Deneyi.....	58
4.11. Kapilarite Deneyi	60
4.12. Basınçlı Su Geçirimsizliği	60
4.13. Dinamik Elastisite Modülü Tayini Deneyi.....	63
4.14. Betonun Gerilme - Birim Şekil Değişirme Davranışı.....	64
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	66
5.1. Sonuçlar	66
5.2. Öneriler	68
KAYNAKLAR.....	69
ÖZGEÇMİŞ	74

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Çimento kimyasal analiz sonuçları.....	17
Çizelge 3.2. Karışımdaki agrega granülometrisi.....	18
Çizelge 3.3. Akışkanlaştırıcı katkının özellikleri.....	18
Çizelge 3.4. Çalışmada kullanılan YFC ve SD'nin kimyasal kompozisyonları.....	19
Çizelge 3.5. Üretilen betonların tasarım parametreleri.....	20
Çizelge 3.6. Ultrasonik ses hızı aralıkları (Whitehurst, 1951).....	28
Çizelge 4.1. Beton numunelere ait birim hacim ağırlık (BHA) değerleri.....	39
Çizelge 4.2. Beton numunelere ait hava yüzdesi değerleri.....	39
Çizelge 4.3. Ultrasonik ses hızı sonuçlarının pratik değerlendirilmesi (Whitehurst, 1951).....	52
Çizelge 4.4. Beton numunelerin Whitehurst (1951)'e göre kaliteleri.....	52
Çizelge 4.5. Enerji yutma kapasitesi deney sonuçları.....	53
Çizelge 4.6. Beton numunelere ait kapilarite katsayısı değerleri.....	60
Çizelge 4.7. Dinamik elastisite modülü değerleri.....	63
Çizelge 4.8. Betonun gerilme- birim şekil değiştirme davranışı değerleri.....	64

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.2. Poliüretanın sert ve yumuşak kısımları (Song ve diğerleri 2005)	6
Şekil 1.3. Üretan tepkimesinin mekanizması (Akgün, 2008)	6
Şekil 1.4. Puzolanların sınıflandırılması (Gündeşli, 2008).....	8
Şekil 3.1. Agrega granülometri eğrisi	17
Şekil 3.2. Numune isimlendirme açıklaması	20
Şekil 4.1. K serisi (PÇ) beton numunelerine ait basınç dayanımı testi sonuçları	40
Şekil 4.2. M serisi (PÇ+%10YFC) beton numunelerine ait basınç dayanımı testi sonuçları	41
Şekil 4.3. L serisi (PÇ+%5SD) beton numunelerine ait basınç dayanımı testi sonuçları	41
Şekil 4.4. K serisi (PÇ) beton numunelerine ait eğilme dayanımı testi sonuçları	43
Şekil 4.5. M serisi (PÇ+%10YFC) beton numunelerine ait eğilme dayanımı testi sonuçları	43
Şekil 4.6. L serisi (PÇ+%5SD) beton numunelerine ait eğilme dayanımı testi sonuçları	44
Şekil 4.7. K serisi (PÇ) beton numunelerine ait yarmada çekme dayanımı testi sonuçları	46
Şekil 4.8. M serisi (PÇ+%10YFC) beton numunelerine ait yarmada çekme dayanımı testi sonuçları.....	46
Şekil 4.9. L serisi (PÇ+%5SD) beton numunelerine ait yarmada çekme dayanımı testi sonuçları	47
Şekil 4.10. K serisi (PÇ) beton numunelerine ait beton test çekici testi sonuçları	49
Şekil 4.11. M serisi (PÇ+%10YFC) beton numunelerine ait beton test çekici testi sonuçları	50
Şekil 4.12. L serisi (PÇ+%5SD) beton numunelerine ait beton test çekici testi sonuçları	50
Şekil 4.13. K serisi (PÇ) beton numunelerine ait ultrasonik ses hızı testi sonuçları	51

Şekil	Sayfa
Şekil 4.14. M serisi (PÇ+%10YFC) beton numunelerine ait ultrasonik ses hızı testi sonuçları.....	51
Şekil 4.15. L serisi (PÇ+%5SD) beton numunelerine ait ultrasonik ses hızı testi sonuçları.....	52
Şekil 4.16. K serisi (PÇ) beton numunelerine ait enerji yutma kapasitesi testi sonuçları.....	55
Şekil 4.17. M serisi (PÇ+%10YFC) beton numunelerine ait enerji yutma kapasitesi testi sonuçları.....	55
Şekil 4.18. L serisi (PÇ+%5SD) beton numunelerine ait enerji yutma kapasitesi testi sonuçları.....	55
Şekil 4.19. K serisi (PÇ) beton numunelerine aşınma dayanımı testi sonuçları.....	56
Şekil 4.20. M serisi (PÇ+%10 YFC) beton numunelerine ait aşınma dayanımı testi.....	56
Şekil 4.21. L serisi (PÇ+%5 SD) beton numunelerine ait aşınma dayanımı testi sonuçları.....	57
Şekil 4.22. K serisi (PÇ) beton numunelerine ait su emme testi sonuçları.....	58
Şekil 4.23. M serisi (PÇ+%10YFC) beton numunelerine ait su emme testi sonuçları...	59
Şekil 4.24. L serisi (PÇ+%5SD) beton numunelerine ait su emme testi sonuçları.....	59
Şekil 4.25. K serisi (PÇ) beton numunelerine ait basınçlı su geçirimsizliği su işleme derinlikleri.....	60
Şekil 4.26. M serisi (PÇ+%10YFC) beton numunelerine ait basınçlı su geçirimsizliği su işleme derinlikleri.....	61
Şekil 4.27. L serisi (PÇ+%5SD) beton numunelerine ait basınçlı su geçirimsizliği su işleme derinlikleri.....	61
Şekil 4.28. Basınç dayanımı – PTA oranı ve tokluk – PTA oranı.....	65
Şekil 4.29. Basınç dayanımı – PTA oranı ve (Basınç dayanımı/ tokluk) oranı – PTA oranı.....	65

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 1.1. Alkan Taban Fabrikası'ndan bir kare	2
Resim 1.2. Poliüretan hammadde siloları	3
Resim 1.3. Poliüretan tabanların son hali	3
Resim 1.4. Atık halde öğütülmemiş PTA	4
Resim 1.5. PTA'ları öğüten cihaz.....	4
Resim 1.6. Öğütülmüş PTA	5
Resim 3.1. Beton hava yüzdesi deney aleti.....	22
Resim 3.2. Beton basınç dayanımı deney düzeneği.....	23
Resim 3.3. 3 noktada eğilme deneyi düzeneği.....	24
Resim 3.4. Beton yarmada çekme dayanımı deney düzeneği.....	25
Resim 3.5. Beton test çekici deney düzeneği.....	26
Resim 3.6. Ultrasonik ses hızı deney düzeneği.....	27
Resim 3.7. Enerji yutma kapasitesi deney düzeneği.....	29
Resim 3.8. Beton aşınma direnci deney düzeneği	31
Resim 3.9. Beton aşınma direnci deney düzeneği yakın gösterim	31
Resim 3.10. Aşınma direnci deneyine tabi tutulan beton numuneler	32
Resim 3.11. Etüvde bekletilen numuneler	33
Resim 3.12. Beton kapilarite deney düzeneği.....	34
Resim 3.13. Parafinlenen beton numunesi.....	34
Resim 3.14. Kapilarite deney kabı.....	35
Resim 3.15. Beton basınçlı su geçirimliliği deney düzeneği.....	37
Resim 3.16. Sonometre deney düzeneği.....	38

Resim	Sayfa
Resim 3.17. Sonometre deney düzeneği frekans gönderici ve alıcı	38
Resim 4.1. K0N numunesinin basınç dayanımı deneyinden sonar görüntüsü.....	42
Resim 4.2. L20S ve L0S numunelerinin basınç dayanımı deneyinden sonra görüntüsü.....	42
Resim 4.3. 3 noktada eğilme deneyine tabi tutulan PTA'sız numuneler.....	44
Resim 4.4. 3 noktada eğilme deneyine tabi tutulan PTA'lı numuneler	45
Resim 4.5. Yarmada çekme dayanımı deneyine tabi tutulan PTA'lı numune.....	47
Resim 4.6. Yarmada çekme dayanımı deneyine tabi tutulan balyoz yardımıyla ayrılan PTA'lı numune.....	48
Resim 4.7. Test çekici ve numuneler	49
Resim 4.8. K05N numunesinin geri sıçrama değerinin elektronik ortamda görünümü	54
Resim 4.9. K25N numunesinin geri sıçrama değerinin elektronik ortamda görünümü	54
Resim 4.10. Aşınma deneyine tabi tutulmuş bazı numuneler.....	57
Resim 4.11. Basınçlı su geçirimsizliği deneyi sırasında su işleme derinliğinin ölçülmesi	62

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

°C	Santigrat derece
cm ³	Santimetre küp
gr	Gram
hz	Hertz
m ²	Metre kare
mm	Milimetre

Kısaltmalar

ACI	Amerikan Beton Enstitüsü
ASTM	Amerikan Malzeme ve Test Derneği
BHA	Birim hacim ağırlık
E	Enerji yutma kapasitesi
E _d	Dinamik elastisite modülü, kgf/cm ²
EVA	Etil vinil asetat
F	Kuvvet, N
f _n	Rezonans frekansı, devir/saniye
FRP	Elyaf takviyeli polimer
K	Numunenin kapilarite katsayıları, cm ² /sn
PÇ	Portland çimentosu
PTA	Poliüretan taban atığı
PU	Poliüretan
Q	Numunenin emdiği su miktarı, cm ³
SAK	Süper akışkanlaştırıcı katkı
SBR	Stiren bütadien kauçuk
SD	Silika dumanı

V	Kap hacmi, cm ³
W1	Kap ağırlığı+Taze beton ağırlığı, gr
W2	Kap ağırlığı, gr
W_{dyk}	Numunenin doygun yüzey kuru ağırlığı, gr
W_k	Numunenin etüv kurusu ağırlığı, gr
YFC	Yüksek fırın cürufu
σ	Maksimum gerilme, N/mm ²
l	Aşınma direnç değeri, mm,



1. GİRİŞ

Ülkemizde ve dünyanın birçok yerinde yapı malzemesi olarak ilk akla gelen malzeme betondur. Beton üretiminin kolay olması, istenilen dayanımlarda ve niteliklerde üretilebiliyor olması, doğada bulunan birçok maddeye göre daha dayanıklı olması, istenilen şekli alması gibi pozitif özellikleri dışında beton bileşenleri elde edilirken doğal kaynak tüketimi, CO₂ salınımı ve yüksek maliyet gibi olumsuz sonuçlarla karşılaşmaktadır. Bu sebeple beton bileşenlerinin temin edilmesi sırasında doğaya verilen zararın ve doğal kaynak tüketiminin azaltılması birçok çalışmanın ortak konusu olmaktadır. Birçok plastik türü bozunur değildir ve doğada kimyasal reaksiyona girmez. Bu sebeple bu polimerler yüzyıllarca doğada varlığını sürdürebilir. Bazı plastik türleri hava, su ve toprağa toksin maddeler salabildiğinden plastik atıklar ciddi bir çevre problemi oluşturur (Gu ve Özbakkaloğlu, 2016). Bu deneysel çalışmada bu polimerlerden poliüretan maddesinin bertaraf edilmesi gereken atık bir malzeme olmaktan çıkıp beton bileşenlerinden biri haline getirilmesi konu edildi. Yoğun çalışmalar sonucunda üretilen yeni nesil betonlarda istenilen özelliklerden feragat etmeden optimum performans ve ekonominin sağlanması için betona katılan çimento miktarının azaltılması, bunun yerine Yüksek Fırın Cürufu (YFC) ve Silika Dumanı (SD) gibi puzolanik özelliklere sahip yan ürünlerin kullanılması, plastik atıklar gibi doğada çözünmeyen maddelerin beton içerisinde kullanılması vb. yöntemler bu sorunlara bir çözüm sunabilmektedir. Aynı şekilde betonun temel bileşenlerinden olan agrega, önemli oranda doğal kaynak tüketimine yol açmaktadır. Bu çalışmada Antakya Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan Alkan Taban Fabrikası'nda üretilen ayakkabı tabanlarından atık olarak açığa çıkan poliüretan taban atığının (PTA), yüksek fırın cürufu ve silika sumanı ile birlikte kullanılması durumunda beton parametrelerini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Bu çalışmada CEM I 42,5 normal Portland çimentosu, çimentoyla sırasıyla ağırlıkça %10 Yüksek Fırın Cürufu (YFC) ve %5 Silis Dumanı (SD) ikame edilerek 3 set beton üretimi yapılmıştır. Her sette PTA agrega ile hacimce %0, %5, %10, %15, %20 ve %25 oranlarında ikame edilerek, su/çimento oranı 0,4 olan 450 kg/m³ bağlayıcı dozajına sahip her sette 6 farklı beton karışımı üretilerek deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Üretimden hemen sonra beton taze haldeyken çökme, birim hacim ağırlık ve hava yüzdesi deneylerine; üretildikten bir gün sonra kalıptan çıkarılan numuneler, 28 gün suda kür edildikten sonra basınç dayanımı, eğilme dayanımı, yarmada çekme dayanımı, test çekici, enerji yutma kapasitesi, ultrasonik ses hızı, aşınma, su emme, kapilarite, basınçlı su geçirimsizliği ve dinamik elastisite modülü tayini

deneylerine tabi tutulmuştur. Deney sonuçları incelendiğinde PTA'nın betonda agrega yerine hacimce %10 mertebesine kadar kullanılabilceği, bu durumda betonun mekanik parametrelerini çok fazla etkilemediği tespit edilmiştir. Atıl durumda olan bu malzeme beton üretiminde kullanılarak hem ekonomiye kazandırılmış olacaktır, hem de bir nebze de olsa doğal kaynakların kullanılmasının önüne geçilebilecektir.

1.1. Alkan Taban Fabrikası ve PTA oluşumu

Antakya Organize Sanayi bölgesinde bulunan Alkan Taban Fabrikası, 1975 yılında kurulmuş olup, 2000 m²'lik tesisiyle ayakkabı ve taban sektörüne hizmet vermektedir. Tesiste poliüretan taban üretimi yapılmaktadır. Tesiste poliüretan tabanlar üretilirken yılda yaklaşık 70 ton atık ürün meydana gelmekte olup çalışmamızın konusu bu ürünü agrega şeklinde kullanarak betonun ham madde sorununa bir nebze de olsa çözüm arayışı içinde olmak ve bu atık malzemenin değerlendirilmesidir.



Resim 1.1. Alkan Taban Fabrikası'ndan bir kare

Fabrikaya gelen poliüretan ham maddeler, fırınlarda sıvı forma geçirilmektedir.



Resim 1.2. Poliüretan hammadde siloları

Sıvı poliüretan, kalıplara dökülerek kılçık alma ve boyama işlemlerinden geçirilmektedir.



Resim 1.3. Poliüretan tabanların son hali

Sıvı haldeki poliüretanlar kalıplara yerleştirildiği sırada etrafa dökülebilmektedir. Ayrıca kalıplarda katılan ayakkabı tabanlarından kılçık alma işlemlerinden sonra atık maddeler açığa çıkmaktadır.



Resim 1.4. Atık halde öğütülmemiş PTA

Bu işlemler sırasında oluşan atıklar depolanmakta ve katı halde agrega parçalarına benzeyecek şekilde öğütülmektedir.



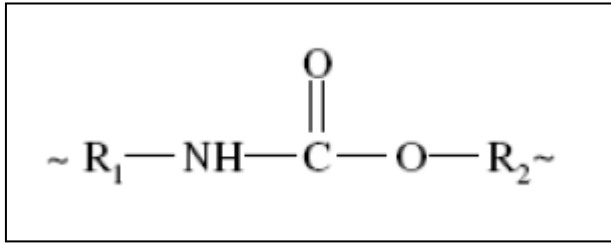
Resim 1.5. PTA'ları öğüten cihaz



Resim 1.6. Öğütülmüş PTA

1.1. Poliüretanlar

Poliüretanlar, yapılarında üretan grubu ($-\text{NH}-\text{CO}-\text{O}-$) içeren polimerlerdir. Poliüretan zincirleri karbon dışında hidrojen, oksijen ve azot elementlerini içerir. Bu polimerler, üretan grubunun yanında eter, ester, amid ve üre gibi farklı fonksiyonel gruplardan birini veya birkaçını yapılarında bulundurlar. Poliüretanın kimyasal formülü sentezinde kullanılan monomerlere bağlı olarak değişir (Lamba, Woodhouse, Cooper 1998).

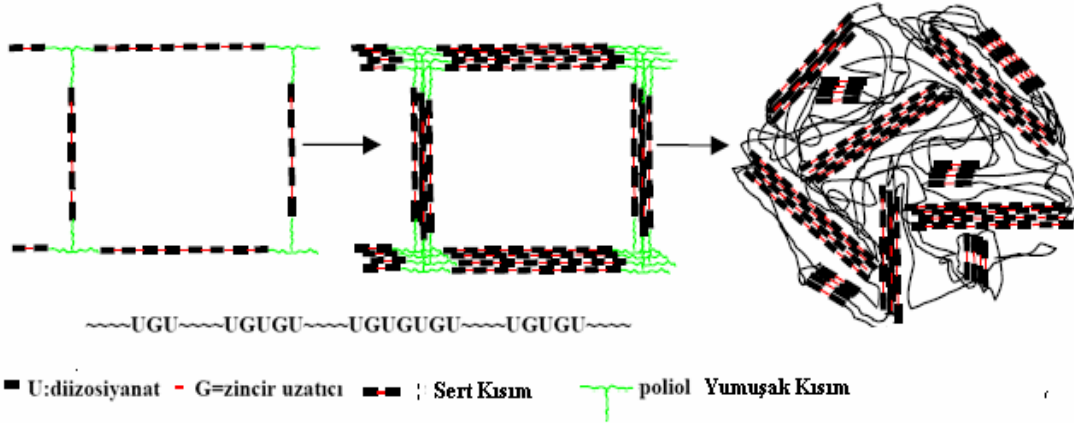


Şekil 1.1 Lineer poliüretanın yapısı (Piotr, 2006)

Poliüretanlar, yumuşak ve sert kısımlardan oluşan blok kopolimerlerdir. Poliüretana elastomerik özelliği poliollerden oluşan yumuşak kısımlar kazandırır. Mekanik özelliklerden ise diizosiyanatların bulunduğu sert kısımlar sorumludur. Bu kopolimerler, ana zincirin yapısına ve bileşimine bağlı olarak sert kısmın yumuşak kısım içinde dağıldığı iki fazlı morfolojiye sahiptirler. Poliüretanlarda segmentler arasındaki kimyasal ve termodinamik uyumsuzluğun nedeni sert ve yumuşak kısımlar arasındaki faz ayrımıdır. Poliüretanlarda faz ayrımının derecesi polimer zincirler arasında kurulan hidrojen bağları, polarite, bileşim ve segmentlerin uzunluğu gibi faktörlere ilişkilidir. Poliüretanın fiziksel

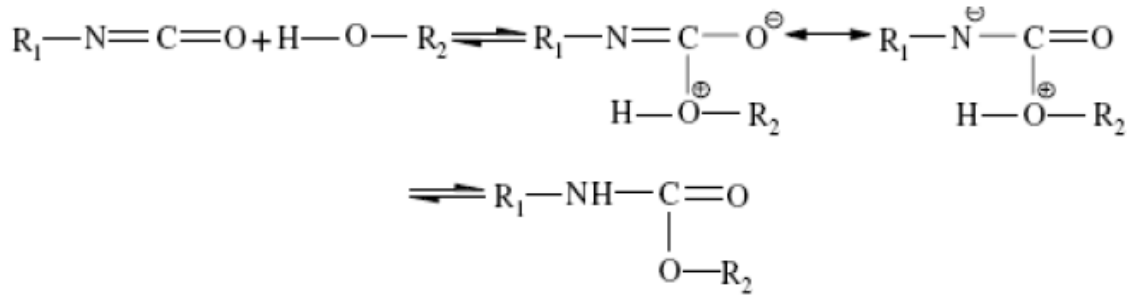
ve mekanik özellikleri yumuşak ve sert kısım arasındaki faz dağılımına ve bu iki fazın oranına bağlı olarak değişir (Piotr, 2006 ; Song, Xia, Yao, ve Hourstan, 2005).

Ayrıca sert ve yumuşak segmentler arasındaki faz ayrımı, poliüretanın biyoyumluluğuna da katkıda bulunur (Lamba ve diğerleri 1998). Şekil 1.2'de poliüretanın sert ve yumuşak kısımları şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 1.2. Poliüretanın sert ve yumuşak kısımları (Song ve diğerleri 2005)

Poliüretan sentezi sırasında Hidroksil grubundaki hidrojen izosiyanat grubundaki azot atomuna transfer olur. Şekil 1.3'te üretan tepkimesinin mekanizması gösterilmektedir.



Şekil 1.3. Üretan tepkimesinin mekanizması (Akgün, 2008)

Poliüretanlar, performans özellikleri kullanım alanına uygun bir şekilde ayarlanabildiği için, farklı alanlarda kullanılabilen polimerlerdir. Poliüretanların özellikleri monomerlerin yapısı, çapraz bağlanma miktarı, molekül ağırlığı, bileşim, sert ve yumuşak kısımların oranı kontrol edilerek geniş bir spektrumda değiştirilebilir. Poliüretanlar film, hidrojel ve

köpük gibi değişik formlarda; farklı su geçirgenliği, şişme oranı ve yapısal özelliklere sahip olacak şekilde üretilebilirler (Lamba ve diğerleri 1998, Piotr ve diğerleri 2006).

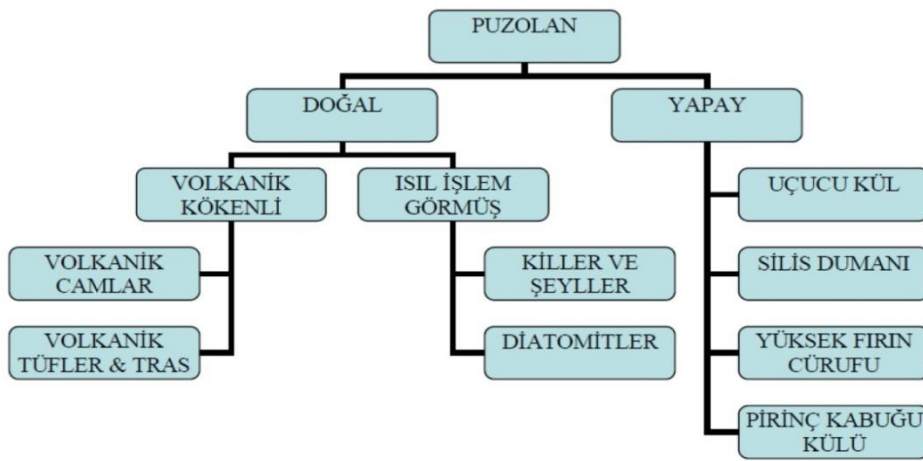
Poliüretanlar yüksek mekanik mukavemete ve mükemmel esnekliğe sahip polimerlerdir. Bu polimerler, kontrol edilebilir sertliğe sahip malzemelerdir. Uygulama alanına göre, rijit ve dayanıklı poliüretanlar ya da yumuşak ve esnek poliüretanlar sentezlemek mümkündür. Poliüretanlar diğer elastomerlerle kıyaslandığında yüksek bükülebilme ile ses yalıtım özelliğine, darbe dayanımına, aşınma direncine sahiptirler. En önemli özelliklerinden biri de üstün yapışma kabiliyetleridir. Elektriksel olarak yalıtkan, sıcağa ve soğuğa karşı dayanıklı malzemelerdir. Ayrıca, kimyasal direnci yüksek malzemelerdir; aşınmaya, seyreltik asitlere, atmosfer şartlarına ve organik çözücülere karşı dayanıklıdır (Lamba ve diğerleri 1998, Piotr ve diğerleri 2006, Akgün 2008).

Poliüretanlar, sahip oldukları özelliklerden dolayı birçok sektörde diğer polimerlerin yerini almaktadır. Otomotiv, tekstil ve boya sektöründen yapı sektörüne kadar farklı iş kollarında uygulama alanına sahiptir. Bu gruptaki polimerler, ses ve ısı yalıtım malzemesi, dekorasyon malzemesi, mobilya, kaplama, yapıştırıcı, fiber, elastomer üretiminde de kullanılırlar (Piotr ve diğerleri 2006, Akgün 2008). Poliüretanlar iyi mekanik, kan ve doku uyumluluğunun yanında uygun gaz geçirgenliğinden dolayı film, köpük ya da hidrojel gibi çeşitli formlarda biyomedikal alanda da uygulama alanına sahiptirler. Bükülebilme özelliğinden dolayı kardiyovasküler implantlarda kullanımı tercih edilen malzemelerdir. Ayrıca yapay organ, kontrollü ilaç salınım sistemleri, kan filtreleri, kalp kapakçıkları ve yara örtüsü gibi uygulamalarda kullanılırlar (Akgün, 2008).

1.2. Puzolanlar

ASTM C 618 (1994)'e göre çimento üretiminde kullanılan katkı malzemelerinin çoğunluğunu, puzolanik özelliğe sahip olanlar meydana getirmektedir. Silisli veya silisli ve alüminli yapıda olup kendi başlarına bağlayıcı özelliğe sahip olmayan, ancak ince öğütülmüş halde, normal sıcaklıkta ve rutubetli ortamlarda sönmüş kireçle reaksiyona girip bağlayıcı özelliğe sahip bileşenler oluşturan malzemeler puzolanlar veya puzolanik malzemeler olarak isimlendirilmektedir.

Çimentoların teknik özellikleri ve miktarı, betonun özelliklerine ve maliyetine direk etki etmektedir. Bu yüzden üretilecek betonun çeşitli özelliklerine katkı sağlamak ve maliyetini azaltmak için puzolanik malzemeler doğrudan katkı olarak veya çimentonun bir kısmı yerine belli oranda katılabilirler (Aruntaş, 1996). Çimento ve betonda katkı maddesi olarak kullanılan puzolanın, reaksiyona gireceği kalsiyum hidroksit, ortama çimentonun hidratasyonu sonucu çıkmaktadır. Beton katkı maddesi olarak puzolanların olumlu etkileri arasında çimentodan tasarruf, işlenebilme, düşük hidratasyon ısı, geçirimsizlik ve dış etkenlere karşı dayanıklılık gibi özellikler sayılabilir (Binici, 2002). Şekil 1.3'te puzolanların sınıflandırılması gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Puzolanların sınıflandırılması (Gündeşli, 2008)

Birinci grupta yer alan doğal olarak ortaya çıkan puzolanlar, genellikle kırma, öğütme ve eleme ile sınırlı bir şekilde elde edilmektedirler (Soroka, 1993). İkinci grupta yer alan yapay puzolanlar ise bazı endüstri alanlarında yan ürün olarak elde edilmektedirler. Çimento üretiminde kullanılan mineral katkıları, hidratasyon sonucu ortaya çıkan Ca(OH)_2 'yi bağlayarak hem dayanıma katkıda bulunur hem de betondaki kalıcılık sorunlarını önlerler (Poon, Lam, Kou ve Lin, 1999). Böylece inşa edilen yapı, planlanan hizmet ömrü boyunca sorunsuz bir şekilde kullanılabilir (Massazza, 1997). Yüksek fırın cürufu, silis dumanı ve uçucu kül en fazla kullanılan yapay puzolanlardandır. Bu çalışmada yapay puzolan sınıfında yer alan YFC ve SD kullanılmıştır. Bu puzolanlarla ilgili araştırmalar YFC için 1800'lerde, SD içinse 1940'ların sonunda başlamıştır (Lewis, Sear, Wainwrite ve Ryle 2003) Ülkemizdeyse YFC 1950'lerin sonunda, SD ise 1980'lerde araştırmalara başlanmıştır (Tokyay, 2014).

1.3. Yüksek Fırın Cürufu

Yüksek fırın cürufu demir cevherinin yüksek fırınlarda eritilmesi sırasında eriyik halde oluşan silikat ve kalsiyum alümina silikatlardan oluşan bir yan üründür (ACI 116R). Pik demir üretiminde yüksek fırınlarda demir filizinin saf olmayan kısımları, yakıt olarak kullanılan kok kömürünün ve filizin indirgenmesini sağlamak amacıyla katılan kalkerin yanma sonrası kalıntılarında oluşan yüksek fırın cürufu 1400-1600 C⁰'de eriyik hale getirilir (Mehta ve Monteiro, 2006). Eritilen demir cevherinin üst yüzeyinde kalan yüksek fırın cürufu, su göletleri veya güçlü su jetleri sayesinde aniden soğutulursa ince taneli camsı bir yapı elde edilmektedir (Palomo ve Fuente, 2003). Elde edilen camsı yapılı granül malzeme, öğütülerek ince toz haline getirildiğinde, portland çimentosuyla veya alkalilerle aktive edildiğinde bağlayıcı malzeme olarak kullanılabilir (Hwang ve Lin, 1986). Yüksek fırın cürufununun bağlayıcı olarak görev yaptıkları değişik kullanım tarzları mevcuttur. Beton üretiminde mineral katkı maddesi olarak kullanılabilir. Cürufun optimum inceliğe getirilmesi, değişik koşullarda kullanılacak beton karışımlarının hazırlanmasındaki esneklik gibi faktörler, cürufun ayrı öğütülerek beton katkısı olarak kullanımını daha avantajlı kılmaktadır (Öner, 2001). Bir YFC'nin çimento ve betonda kullanıma uygunluğunda en önemli parametre içerdiği camsı fazın miktarıdır. Bunun yanı sıra kimyasal kompozisyonları da önem taşımaktadır. Örneğin, CaO+SiO₂+MgO miktarının en az %67 olması beklenir (Tokyay, 2014).

1.4. Silis Dumanı

Silis dumanı, silisyum veya demir silisyum alaşımlarının ergime yöntemi ile üretimi sırasında elde edilen, ana bileşeni 1 µm' den küçük, küresel, amorf, camsı silis (SiO₂) partiküllerinden oluşan, yüksek düzeyde puzolanik aktiviteye sahip bir yan üründür (Koca, 1996). Silikon metalinin veya silikonlu metal alaşımların üretimi esnasında ortaya çıkan gazın hızlı soğutulmasıyla yoğunlaştırılması sonucunda elde edilen ve %85 - %98 kadar silis içeren amorf yapıya sahip çok ince katı parçacıklardan oluşan malzemeye "yoğunlaştırılmış silis dumanı" veya kısaca "silis dumanı" adı verilmektedir. Bu malzeme 'mikro silis' veya "silis tozu" veya "silika fûme" gibi isimlerle de anılmaktadır. Silis dumanı, amorf yapıda ve çok ince taneli malzeme olmasından dolayı ve yüksek miktarda SiO₂ içermesi sebebiyle, mükemmel bir puzolanik malzemedir (Erdoğan, 2003). Silis dumanının rengi açık griden koyu griye değişen renkte olabilir. Koyuluk, içeriğindeki

karbonun artmasıyla artmaktadır (Malhotra, 1997). Silis dumanının esas bileşeni kristalize olmayan amorf haldeki silistir. Genelde, beton içinde katkı olarak kullanılan silis dumanının SiO_2 içeriği %85'in üzerindedir. İkinci esas bileşeni ise yanmamış karbon kalıntılarıdır. Fe_2O_3 içeriği ise %1 ile %2 civarındadır. Al_2O_3 , SO_3 , MgO , Na_2O ve K_2O gibi oksitler ise genelde %1'den az miktarda bulunur. Silis dumanının kimyasal özelliği, üretilen metalin ya da alaşımın tipine göre değişebilir. Demir silikon üretiminden elde edilen silis dumanının, demir ve magnezyum içeriği diğer silikon metal üretilen fırınlardan elde edilen silis dumanının demir ve magnezyum içeriğinden daha fazladır (Beycioğlu, Doğan, Çakır, Subaşı ve Başyigit, 2010).



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Girskas ve Nagrockiene (2017) deneysel çalışmalarında kırıntı lastik agregayı ince agregayla %5 ila %20 oranlarında yer değiştirmiş, basınç dayanımında %61,3-68 oranında düşüş gözlemlemişlerdir. Bunun yanı sıra kırıntı lastik kullanımının birbiriyle bağlantılı boşlukları elimine ederek homojenliği arttırdığını saptamışlardır.

Thomas ve Gupta (2016) çalışmalarında hurda lastiği %2,5 'luk katlar halinde %0-%20 'ye kadar ince agregayla yer değiştirmiştir. Basınç, eğilme, çekme, basınçlı su geçirimsizliği deneyleri yapılmış; basınç, eğilme, çekme ve basınçlı su geçirimsizliği deneyleri değerlerinin kontrol betona göre kötüleştiği, aşınma ve su emme değerlerinin %10 hurda lastik kullanımına kadar kontrol betondan daha iyi değerler verdiğini gözlemlemişlerdir.

A.Sofi (2017) çalışmasında atık araba lastiklerini hem agrega olarak hem de ince öğütülerek çimento dolgu maddesi olarak kullanmıştır. Dolgu malzemesi olarak kullanılan set başta olmak üzere her iki sette de basınç dayanımlarında düşüşler meydana gelmiş olup atık lastiğin en kabul edilebilir ikame oranının ince agreganın hacimce %12,5'u olduğunu saptamıştır. Ayrıca lastik agregalı betonlarda aşınma direnci kontrol karışımından daha yüksek bir değer gösterdiği için bu betonların gevrek göçmenin ve çatlakların oluşma ihtimalinin daha çok olduğu kaldırımlarda, zeminlerde ve beton yollarda, hidrolik yapılarda, tünellerde, baraj dolu savaklarında uygulanabilir olduğunu belirtmiştir.

Thomas ve diğ. (2016) atık kauçuk agreganın kullanıldığı betonların aşınma direncinin arttığını böylelikle kaldırım taşlarında ve beton yollarda kullanılmasının uygun olabileceğini belirtmiştir.

Yeşilata ve Turgut (2005) yaptıkları çalışmada atık haldeki polimerik esaslı lastik malzemelerin beton harçlarına ilavesi ile ısı yalıtım özelliklerinin geliştirilmesi konusunu deneysel olarak incelemiştir. 2 mm'lik atık otomobil lastikleri şerit ve yuvarlak şekilli olmak üzere iki set halinde harç içerisine yerleştirilmiştir. 0,84 gr/cm³ özgül ağırlıklı lastik kırıntılarının kullanıldığı harçlar kontrol numunesiyle karşılaştırılmıştır. Deneyde içerisinde elektrikli ısıtıcı bulunan üç tarafı yalıtılmış küp haznenin üst kapağına boyutları 38x38x2 mm olan lastikli harç numuneleri kapatılarak ısı iletkenlik özellikleri ölçülmüştür. Sonuçlara göre lastikli harçların kontrol harcına göre küçümsenmeyecek

derecede ısı transferini düşürdüğü görülmüştür. Ayrıca yuvarlak şekilli lastikler şerit şekilli lastiklere göre ısı transferini düşürmede daha başarılı olmuştur. Bu bilgiden yola çıkılarak lastiğin homojen dağılımının ısı yalıtımında daha etkili olduğu, lastiğin öğütülerek kullanıldığında çok daha etkili sonuçlar elde edilebileceği öngörülmüştür.

Olivers, Berluenge, (2004) çalışmalarında yangında patlayan normal beton numunelerin lastik ilave edilmesiyle patlama ve dökülme kapasitelerinin azaldığını belirtmişlerdir.

Al-Akhras ve Smadi (2004) kum yerine ağırlıkça % 2,5; 5; 7,5 ve 10 oranlarında lastik küllü kullanarak harç numuneleri üretmişlerdir. Lastik küllü harçlarda hava içeriği, priz süresi, eğilme ve basınç dayanımı, donma-çözülme deneyi ve aşınma deneyleri yapılmıştır. Harçlarda lastik küllü miktarı arttıkça priz süresinin arttığını, harçların hava içeriğinin azaldığını gözlemişlerdir. Çalışmada, lastik küllü miktarı arttıkça eğilme dayanımı ve basınç dayanımı değerlerinin arttığı belirtilmiştir. Lastik küllü harçların eğilme ve basınç dayanımlarında en büyük artış 3 ve 7 günlük numunelerde olduğu belirtilmiştir. Al-Akhras ve Smadi'nin çalışmalarında %10 oranında lastik küllü içeren harçların donma-çözülme ve klor iyon geçirgenlik dirençlerinin kontrol numunesine göre yaklaşık % 15 ve % 70 daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

M. Majora, Kulińskib, I. Majora (2017) blok beton duvar betonlarının içine belli aralıklarla poliüretan malzemesi yerleştirmişlerdir. Termal ve dinamik olmak üzere 2 farklı yönde araştırmalar yapılmıştır. Termal testler ısı yalıtım özelliklerini belirlemek, dinamik testler ise poliüretan içeren betonun dalga sönümlenme kapasitesini belirlemek amaçlıdır. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak ADINA programı yardımıyla testler yapılmıştır. Sonuçlara bakıldığında poliüretan betonların patlama dinamik dalgalarına direnç gösterdiği aynı zamanda ısı iletkenliğinin de kontrol betonuna göre düşük olduğu görülmüştür.

Harith (2018) çalışmasında beton karışımına poliüretan bazlı köpük enjekte etmiştir. Bu yolla üretilen betonun basınç dayanımının yapısal elemanlarda kullanılabilmesi için en az 20-30 MPa basınç dayanımı göstermesi gerektiğini, bu durumun da uçucu kül ilavesiyle ve nem yöntemi kür uygulamasıyla sağlanabildiğini gözlemlemiştir.

Topçu (1995) lastikli betonları incelediği çalışmasında lastiğin enerji yutma kapasitesinin fazla olmasından dolayı kırılma anındaki plastik şekil değiştirmelerin arttığını

gözlemlemiştir. Bir malzemenin kırılması için gerekli enerjinin toplamına tokluk adı verilmekte olup deneye tabi tutulan malzemenin gerilme deformasyon eğrisinin altında kalan alan tokluğu ifade eder. Bu ilkeyle ölçülen beton numunelerin yüksek miktarda tokluğa sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Topçu ve Avcılar (1997a, 1997b) beton içersine katılmasıyla beton elastikiyetinin arttığını böylece darbe ve titreşimlere karşı büyük miktarda dayanım kazandığını belirtmişlerdir. Ayrıca deformasyon yapma yeteneğinin artmasından dolayı betonun donma çözülme direncinin önemli derecede iyileştiğini belirtmişlerdir.

Topçu ve Toprak (2009) çalışmalarında atık lastik külü ve uçucu külün harç numuneleri üzerinde uzun vadede etkisini incelemişlerdir. Lastik küllü, lastik-uçucu küllü ve uçucu küllü olmak üzere 3 set beton üretimi yapılmıştır. Lastik kül ve uçucu kül miktarının artması numunelerin mekanik özelliklerini, ağırlıkça su emme, ağırlık kaybı ve donma çözünme sonuçlarını olumsuz etkilemiştir. Bu çalışmada en iyi sonuçlar %10 lastik külü kullanılan numunelerde gözlemlenmiştir. Atık lastiğin çevreye verdiği zararın hafif harç yapımında kullanılmasıyla azaltılabileceği belirtilmiştir.

Silva, Barbosa, Lintz, Jacintho (2015) beton kaldırım bloklarının geri dönüştürülmüş lastik agregalarla üretimini gerçekleştirmişlerdir. İnce agregayla %10, %20, %30, %40 ve %50 seviyesine kadar değiştirmişlerdir. Lastik miktarı arttıkça basınç dayanımı düşse de %50 ikamede 40 MPa basınç dayanımının üzerine çıkmıştır. Tüm karışımların eğilme dayanımı 6,5 MPa'nın üzerindedir. Atık lastiklerle üretilen kaldırım taşı bloklarının aşınma dirençleri normal betona göre yüksek çıkmıştır.

Gesoglu, Güneyisi, Khoshnaw, Ipek (2014), Rad (1992) belli oranlarda atık kauçuk kullanarak üretilen betonların mekanik özelliklerinin kötüleştiğini, basınç dayanımının %65 daha düşük çıktığını fakat tokluk ve sünekliğinin arttığını, sönümlenme kapasitesinin daha iyi sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir.

Ghizdavet, Stefan, Nastac, Vasile, Bratu (2016) kırıntı kauçuk ile yapılan betonun akustik davranışını incelemişlerdir. Bütün örnekler kontrol betonun aksine ses emici materyal olarak tanımlanma sınırı olan 0,5 değerinden yüksek çıkmıştır. Ancak basınç dayanımları

göz ardı edilemeyecek şekilde düştüğü için kauçuk ilaveli betonların yapısal elemanlarda kullanılmaması gerektiğini önermişlerdir. Yapısal olmayan, gürültü seviyelerinin aşıldığı sanayi sitelerinde, kalabalık yerleşim alanlarında, dinleme alanlarında, iç tasarım duvarlarında kullanımının mümkün olduğunu belirtmişlerdir.

Corinaldesi, Mazzoli ve Moriconi (2011) çalışmalarında stiren bütadien kauçuk (SBR), poliüretan atık parçaları (PU) ve atık kauçuk ayakkabı dış yüzeylerinden (SR) elde edilmiş maddeleri yapı malzemesi olarak kullanmayı amaçlamışlardır. Harç numuneleri üzerinde yapılan çalışmada kuartz kumu yerine %0, %10 ve %30 oranında SBR, PU, SR atık parçaları ikame edilmiştir. Atık parçaların ilavesinin taze harç davranışına etkisi, basınç, eğilme dayanımı ve harçların termal iletkenliği araştırılmıştır. Deneysel çalışmada atık parça ilavesinin hem malzeme birim ağırlığını düşürdüğü hem de ısı iletkenlik katsayısını azalttığı gözlemlenmiştir. Özellikle ısı iletkenlik konusunda bu atık parçalarıyla üretilen betonların gelecek vadede bir araştırma konusu olduğu belirtilmiştir.

Han ve Xiang (2006) tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda bina dış sıva malzemesi içerisine öğütülmüş lastik katkısının ısıl özellikleri nasıl etkilediği araştırılmıştır. Zamana bağlı sıcaklık eğrilerinin gözlemlenmesi sonucu yalıtımda görülen iyileşmenin en az %5 oranında olduğu sonucuna varılmıştır.

Topçu, Sarıdemir, Nohutçu (2007) çalışmalarında 0-1 mm ve 0-4 mm öğütülmüş atık otomobil lastiği; 0-4 mm kum, 1-16 mm ve 1-31,5 mm tane boyutunda kırma taş kullanılarak hazırlanan beton karışımlarına basınç ve ultrasonik ses deneyleri uygulanmıştır. Deneysel çalışmada betona katılan lastik miktarı arttıkça basınç dayanımı ve ultrasonik ses hızı değerleri düşmüştür. Deneydeki düşüşlerin 0-1 mm'lik lastikli betonlara göre 0-4 mm'lik lastikli betonlarda daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca deney sonuçları yapay sinir ağları ve bulanık mantık modelleri kullanılarak gerçeğe az hata payıyla yaklaşılmıştır.

Youssf, Mills, Hassanli (2016) atık lastik agrega katısının betonun basınç dayanımını düşürdüğünü ve buna çözümün lastik agregaların NaOH çözeltisiyle işleminden geçirilerek sağlamlaştırmak olduğunu öne sürdüler. Sonuçlara göre beton numunelerin 30dk NaOH

çözeltisinde bekletilmesi işleminin ve 350 kg/m^3 dozajında çimento kullanılmasının beton performansını arttıracak optimum değerler olduğunu saptamışlardır.

Youssf, Hassanli, Mills (2017), çalışmalarında elyaf takviyeli polimer (FRP) kullanılan betonların mekanik özelliklerini incelemiştir. Deneysel çalışmada ince agregaya yerine hacimce %0, %10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarında polimer kullanılmış olup 6 farklı karışım dizayn edilmiştir. Basınç dayanımı, eğilme dayanımı, elastisite modülü, birim ağırlık, darbe dayanımı, su emme, sıcaklık etkisi ve gerilme-birim şekil değiştirme davranışları ölçülmüştür. Sonuçlara göre basınç dayanımında düşüşler görülürken sünekliğin arttığı gözlemlenmiştir. FRP ilavesiyle darbe mukavemeti %0'dan %50'ye kadar yaklaşık 3,5 kat artmıştır. Bu bulgular dolayısıyla bu betonların deprem bölgelerinde yapısal uygulamalar için umut verici bir potansiyel taşıdığı belirtilmiştir.

Gupta, Chaudhary ve Sharma (2016) atık lastik liflerle oluşturdukları betonlar için 3 farklı su çimento oranı (0,35; 0,45 ve 0,55) kullanıp, ince agregayla lastiğin yer değiştirdiği 6 farklı karışım dizaynı oluşturmuşlardır (0, 5, 10, 15, 20 ve 25%). Çalışmada ayrıca çimentoyla ağırlıkça yer değiştirilen 2 farklı silika dumanı yüzdesi (0, 5 ve 10%) kullanılmıştır. Betonda ince agregaya yerine kullandıkları atık lastik liflerle basınç dayanımının düştüğünü fakat silika dumanıyla bu düşüşlerin bir nebze önüne geçilebileceğini, aynı zamanda atık lastiğin betonun elastikiyetini çok artırdığını, deprem davranışını olumlu yönde etkileyebileceğini, kaldırım, hava alanı döşemeleri, bariyer betonlarının yapımında efektif bir şekilde rol alabileceği belirtilmiştir.

Dulsang, Kasemsiri, Posi, Hiziroglu, Chindaprasirt (2016) deneysel çalışmalarında etil vinil asetat yardımıyla (EVA) çevre dostu hafif betonlar üretmeyi amaçlamışlardır. Ayakkabı endüstrisinden gelen EVA atıkları normal agregaya yerine hafif beton ağırlığının %3, %5, %7, %10'u kadar hafif agregaya yerine kullanılmıştır. Karışımların su/çimento oranı 0,45'tir. Test sonuçlarına göre EVA miktarı arttıkça birim ağırlık düşmüştür. Isı iletkenliği, kimyasal direnç ve su emme miktarları diğer polimer içeren hafif betonlarla karşılaştırılabilir derecede gelişme göstermiştir. Sonuçlara göre hafif agregaya olarak EVA atığının kullanılması, hafif beton uygulamaları için uygun olup özellikle taşıyıcı olmayan bölme duvarlarda etkili olabileceği öngörülmüştür.

Chen, Ma, Wang, Xie, Huang (2018) yol betonlarında asfalt bağlayıcı yerine laboratuarda geliştirilmiş poliüretan ikame ederek betonların buz kırma ve buzlanmama performansını incelemişlerdir. Sonuçlara göre poliüretanın yüksek özgül ısı sayesinde buz oluşum süreci gecikmiştir. Ayrıca oluşan buzların koparılma direnci poliüretan betonlarda normal betonlara göre %50'ye kadar düşmüştür. Bulgular poliüretan bağlayıcılı betonlarının soğuk bölgelerde trafik güvenliğini sağlama yönünde yararlı olabileceği öngörülmüştür.

Atahan ve Sevim (2008) parçalanmış atık lastik parçalar içeren beton numuneleri laboratuvar ve saha testleri kullanarak değerlendirmişlerdir. 7. ve 28. günlerde betonun basınç dayanımını belirlemek için 15 cm x 30 cm boyutlarında toplam 24 silindirik numuneyi test etmişlerdir. Dinamik testler için ise, statik testlerde kullanılan aynı karışım disiplinlerini kullanarak 6 New Jersey biçimli beton bariyer üretmişlerdir. Çalışmanın sonuçları lastik ilavesinin basınç mukavemetini ve numunelerin elastisite modülünü azalttığını göstermiştir. Statik ve dinamik test sonuçlarına dayanarak, % 20 ila % 40 lastik içeriğine sahip örneklerin beton mukavemetinde önemli bir azalma olmadan en iyi performansı sağladığını gözlemlemişlerdir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

3.1.1. Çimento

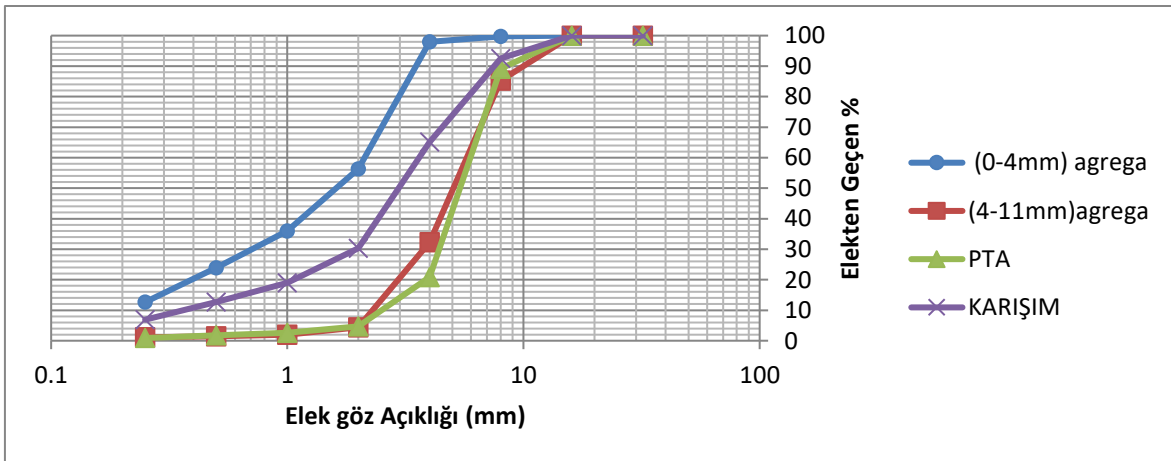
Bu çalışmada kullanılan çimento, normal (CEM I 42,5 R) portland çimentosu olup, Kahramanmaraş Çimento Sanayi tarafından üretilmiştir. Çimentonun kimyasal özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Çimentonun özgül ağırlığı $3,15 \text{ gr/cm}^3$ olup Blaine özgül yüzeyi ise $3880 \text{ cm}^2/\text{gr}$ ’dır. Çimento kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çimento kimyasal analiz sonuçları

Oksitler	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	CaO	MgO	B ₂ O ₃	NaO	K ₂ O	Kızdırma Kaybı	Çözünmez Kalıntı	Serbest CaO
CEM I	19,55	5,31	4,15	2,48	62,30	0,85	----	0,36	0,88	2,0	0,40	0,31

3.1.2. Agrega

Çalışmada 0-4 mm ve 4-11mm olan doğal kırma taş agrega ve maksimum tane çapı 11 mm olan PTA kullanılmıştır. 0-4mm, 4-11mm ve PTA agregalarının kuru yüzey doygun özgül ağırlıkları sırasıyla 2,5; 2,5 ve $0,95 \text{ gr/cm}^3$ ve su emme kapasiteleri ise sırasıyla %2, %2,3; % 23’tür.



Şekil 3.1. Agrega granülometri eğrisi

Çizelge 3.2. Karışımdaki agrega granülometrisi

Elek Göz Açıklığı(mm)	Elekten Geçen %		
	0-4mm agrega	4-11mm agrega	PTA
0,25	12,65	1,12	0,88
0,5	23,93	1,43	1,76
1	35,92	2	2,64
2	56,31	4,39	4,7
4	98	32,29	20,88
8	99,74	85,24	89,12
16	100	100	100
31,5	100	100	100

3.1.3. Su

Çalışmada İskenderun şebeke suyu kullanılmıştır. Beton karışım ve kür suyu TS EN 1003'e uygun olarak kullanılmıştır.

3.1.4. Su azaltıcı katkı

Üretilen betonların kıvam değerlerini (slump) aynı seviyede (20 ± 2) tutmak için kullanılan akışkanlaştırıcı katkı malzemesi BASF firması tarafından üretilen Glenium Sky 608 yüksek oranda su azaltıcı sınıfındadır. Süper akışkanlaştırıcı katkı (SAK) malzemesinin özellikleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Akışkanlaştırıcı katkının Özellikleri

Malzemenin Yapısı	Polikarboksilik Eter Esaslı
Renk	Opak
Yoğunluk	1,063 – 1,103 kg/lt
Klor İçeriği	<0,1
Alkali İçeriği	<3

3.1.5. YFC ve SD

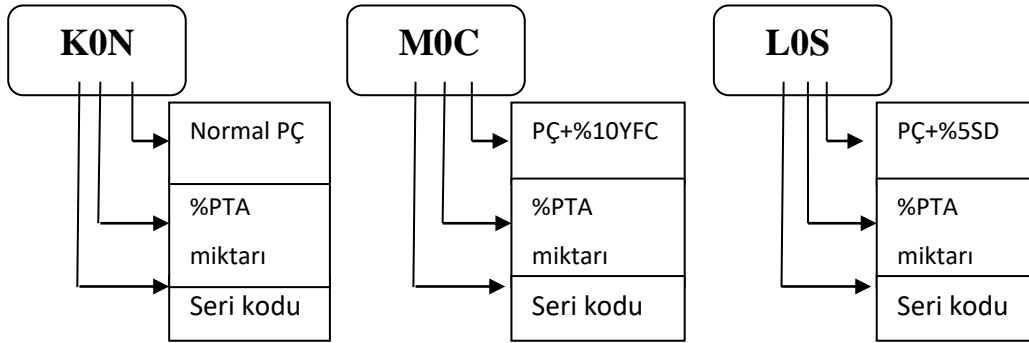
Çalışmada kullanılan YFC'nin özgül ağırlığı $2,89 \text{ gr/cm}^3$ ve Blaine inceliği $5400 \text{ cm}^2/\text{g}$, SD'nin özgül ağırlığı $2,2 \text{ gr/cm}^3$ ve Blaine inceliği $210800 \text{ cm}^2/\text{g}$ 'dir. Çalışmada kullanılan YFC ve SD'nin kimyasal kompozisyonları Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Çalışmada kullanılan YFC ve SD'nin kimyasal kompozisyonları

Kimyasal analiz(%)	YFC	SD
SiO ₂	43.08	90.36
Al ₂ O ₃	11.34	0.71
Fe ₂ O ₃	0.74	1.31
CaO	36.25	0.45
MgO	6.1	-
SO ₃	0.6	0.41
Kızdırma kaybı	0	3.11
Na ₂ O	0.28	0.45
K ₂ O	0.75	1.52

3.2. Karışım Tasarımı

Bu çalışmada CEMI 42,5 normal Portland çimentolu (PÇ), çimentoyla sırasıyla ağırlıkça %10 Yüksek Fırın Cürufu (YFC) ve %5 Silis Dumanı (SD) ikame edilerek 3 set beton üetimi yapılmıştır. Her sette Poliüretan Taban Atığı (PTA) agrega ile hacimce %0, %5, %10, %15, %20 ve %25 oranlarında ikame edilerek, su/çimento oranı 0,4 olan 450 kg/m^3 bağlayıcı dozajına sahip 6 farklı beton karışımı üretilerek deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Üretilen betonlara ait isimlendirme açıklaması Şekil 3.2'de, betonların tasarım parametreleri çizelge 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.2. Numune isimlendirme açıklaması

Çizelge 3.5. Üretilen betonların tasarım parametreleri

Karışım No	su/bağlayıcı	Çimento (kg)	YFC (kg)	SD (kg)	Su (kg)	4mm	11mm	PTA(kg)	SAK(%)
K0N	0,4	450	–	–	180	801,26	801,26	0	0,78
K05N	0,4	450	–	–	180	801,26	761,2	15,2	0,58
K10N	0,4	450	–	–	180	801,26	721,2	30,8	0,85
K15N	0,4	450	–	–	180	801,26	681,2	45,6	0,924
K20N	0,4	450	–	–	180	801,26	641	60,8	1,13
K25N	0,4	450	–	–	180	801,26	600,8	76	1,58
M0C	0,4	405	45	–	180	798,8	798,8	0	0,3
M05C	0,4	405	45	–	180	798,8	758,8	15,16	0,39
M10C	0,4	405	45	–	180	798,8	718,8	30,36	0,66
M15C	0,4	405	45	–	180	798,8	679,2	45,52	0,71
M20C	0,4	405	45	–	180	798,8	639,2	60,8	0,71
M25C	0,4	405	45	–	180	798,8	599,2	75,88	0,78
L0S	0,4	427,5	–	22,5	180	789,2	789,2	0	0,65

Çizelge 3.5. (Devam) Üretilen betonların tasarım parametreleri

L05S	0,4	427,5	–	22,5	180	789,2	749,6	15	0,62
L10S	0,4	427,5	–	22,5	180	789,2	710	30	0,82
L15S	0,4	427,5	–	22,5	180	789,2	670,4	44,8	0,9
L20S	0,4	427,5	–	22,5	180	789,2	632	60	1,15
L25S	0,4	427,5	–	22,5	180	789,2	592	74,8	1,55

3.3. Deney Yöntemleri

3.3.1. Çökme (Kıvam)

Betonun taze haldeki kıvamını tayin etmek için yapılan deneydir. Deneyde Taban çapı 200 mm, üst çapı 100 mm ve yüksekliği 300 mm olan çökme konisi ve şişleme çubuğu kullanılır. Düz bir zeminde koniye taze beton üç kademe halinde ve her kademe 25 kez şişlenerek doldurulur ve üzeri masterlandıktan sonra slump konisi yukarı kaldırılır, bu sırada taze beton kendi ağırlığıyla çöker. Şişleme çubuğu huninin üzerine yerleştirilir ve çöken betonun en üst noktasından çubuğun altına kadar olan mesafe ölçülür. Bu uzunluk, taze betonun çökme (slump) değeri olarak adlandırılır. Bu çalışmada kontrol betonu da dahil üretilen tüm betonların çökme değeri 20 ± 2 cm aralığında sabit tutulmuştur.

3.3.2. Birim hacim ağırlık deneyi

Betonun birim ağırlığı belirli hacimdeki kaba sıkıştırılarak konan taze betonun net ağırlığının kabın hacmine bölünmesiyle Eş. 3.1'e göre bulunur.

$$BHA = (W1 - W2)/V \quad (3.1)$$

Burada,

$W1 = \text{Kap ağırlığı} + \text{Taze beton ağırlığı, gr}$

W_2 =Kap ağırlığı, gr

V =kap hacmi, cm^3 ü ifade etmektedir.

3.3.3. Hava yüzdesi deneyi

Betonda hava miktarı agrega içerisindeki boşluklar hariç mevcut hava hacminin beton hacmine oranının yüzde olarak ifade edilmesidir. Deneyde hava tayin cihazı taze betonla doldurulmuştur. Kapak kenarlarında beton kalmamasına özen gösterilerek hava kaçağı olmayacak şekilde kelepçeler kapatılmıştır. Cihazdaki vanalar açıldıktan sonra vanaların birinden beton içindeki boşlukları doldurmak üzere su gönderilmiş diğer vanadan su çıkana kadar işlem devam etmiştir. Daha sonra hava tahliye vanası kapatılarak basınç göstergesi sıfır çizgisine gelene kadar hava pompalanmıştır. Sonrasında diğer vanalar kapatılarak hava tahliye vanası açılmıştır. Basınç gösterge ibresinin gösterdiği değer taze betonun hava yüzdesi olarak kaydedilmiştir.



Resim 3.1 Beton hava yüzdesi deney aleti

3.3.4. Basınç dayanımı

Her bir karışımın basınç dayanımının tayini için 150x150x150 mm'lik küp numuneler kullanılmıştır. Numunelerin 28 günlük basınç dayanımları ölçülmüştür.

Numuneler, ASTM C39 (1994) standardına uygun şekilde basınç dayanımının tayini için beton presine yerleştirilmiştir. Makine otomatik yükleme sistemi ile küp numuneler 6,8 kN/s yükleme hızı ile yüklenmiştir.



Resim 3.2. Beton basınç dayanımı deney düzeneği

3.3.5. Eğilme dayanımı

Eğilme Dayanımı 28 gün su içerisinde kür edilen 100x100x500 mm kiriş numuneleri üzerinde yapılmıştır. 3 Noktada Eğilme deney metoduyla gerçekleştirilen deneyde kiriş numunesi 400 mm açıklıklı iki mesnete oturtulup numunenin tam ortasına noktasal kuvvet uygulanmıştır. Kırılma anındaki maksimum kuvvet değerleri okunup eğilme gerilmesi değerleri Eş. 3.2'ye göre hesaplanmıştır.

$$\sigma = (3 \times F \times L) / (2 \times b \times h^2) \quad (3.2)$$

Burada,

σ =Maksimum normal gerilme, N/mm²

F= Kuvvet, N

L=iki destek arası mesafe, mm

b=Kiriş genişliği, mm

h= Kiriş Yüksekliği, mm'yi ifade etmektedir.



Resim 3.3. 3 noktada eğilme deneyi düzeneği

3.3.6. Yarmada çekme dayanımı

Yarmada çekme dayanımı deneyleri 28 gün su içerisinde kür edilen 150x150x150 mm boyutlu küp numuneler üzerinde ASTM C 496 (2004) standardına uygun biçimde yapılmıştır. Bu deneyde numunelerin alt ve üst orta noktalarına karşılıklı gelecek şekilde demir çıtalar yerleştirilmiş, böylece yayılı yük çizgisel yüke dönüştürülmüştür. Yükleme doğrultusuna dik yönde oluşan çekme kuvvetleri sonucunda numune ikiye ayrılmıştır. Numunenin kırıldığı maksimum yük belirlenip yarmada çekme dayanımı Eş. 3.3'e göre hesaplanmıştır.

$$\sigma = (2 \times P)/(\pi \times L \times D) \quad (3.3)$$

Burada,

σ =Maksimum Çekme gerilmesi, N/mm²

P= Kuvvet, N

L=Numune genişliği, mm

D=Numune Yüksekliği, mm'yi ifade etmektedir.



Resim 3.4. Beton yarmada çekme dayanımı deney düzeneği

3.3.7. Beton test çekici deneyi

Beton Test çekici Deneyi 28 gün su içerisinde kür edilen 150x150x150 mm boyutlu küp numuneler üzerinde yapılmıştır. Beton test çekici, sertleşmiş beton kalitesini tahribatsız deney metodu ile belirlemeyi amaçlar. Deney sırasında numune yüzeyine yakın noktadaki harcın mukavemetine bağlı olarak, 'geri sıçrama numarası' ölçülür. Beton test

çekici ile ölçüm yapılırken darbe anında çekiç, beton yüzeyle 90° açı yapacak şekilde uygulanıp, deney hassasiyeti için her numuneden en az 10 kez okuma alınıp bunlardan en düşük ve en yüksek olanı elenerek geri kalan okumaların ortalaması alınmak suretiyle basınç dayanımlarının ölçülmesi amaçlanmıştır. Bu ölçüm deney aleti üzerinde bulunan 'geri sıçrama no-Basınç dayanımı grafiğinden okunarak yapılır. Beton test çekici ile belirlenen basınç dayanım değeri Eş. 3.4 ile gösterilmiştir.

$$F1 = \frac{\sum_{i=1}^8 a_i}{8} \quad (3.4)$$

Burada,

F1=Numunenin basınç dayanım değeri,

a₁=1. Geri sıçrama okuması,

a₈=8. Geri sıçrama okumasını ifade etmektedir.



Resim 3.5. Beton test çekici deney düzeneği

3.3.8. Ultrasonik ses hızı deneyi

Çalışmada betonun ultrasonik ses hızı 150x150x150mm boyutundaki küp numuneler kullanılarak elde edilmiştir. Numuneler 28 günlük kür süresinden sonra ASTM C 597-02 (1994)'ye uygun biçimde ultrasonik ses hızı deneyine tabi tutulmuştur. Bu deney beton kalitesi hakkında bilgi veren hasarsız bir yöntemdir. Ultrasonik ses hızı deneyinde beton numunenin bir yüzünden gönderilen ses dalgasının diğer yüzeye ulaşma süresi ölçülmektedir. Ses dalgasının hızı ve beton numunenin içerisindeki boşluklar ile ilgili bir bağlantı kurulabilir. İçerisinde boşluğun çok olduğu yani yoğunluğu düşük betonlarda ses üstü dalgaların betonun bir yüzeyinden diğerine ulaşabilme süresi daha uzundur. Beton içerisindeki boşluk arttıkça ses üstü dalganın hızı daha az olmaktadır. Yine aynı şekilde betona gönderilen ultrasonik ses dalgası hızıyla betonun basınç dayanımı arasında bağlantı kurulabilir. Yoğunluğu yüksek olan betonların basınç dayanımları da genel olarak yüksektir. Yoğun bir beton numune içerisindeki boşluk miktarı azdır dolayısıyla ses üstü dalgaların numunenin bir yüzeyinden diğerine geçme süresi kısadır ve ses üstü dalgaların hızı daha fazladır (Erdoğan, 2003).



Resim 3.6. Ultrasonik ses hızı deney düzeneği

Betonun kalitesinin belirlenmesi amacıyla Whitehurst (1951) tarafından ultrasonik ses hızı aralıklarına göre sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırma Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Ultrasonik ses hızı aralıkları (Whitehurst, 1951)

Ses hızı (V) m/s	Beton kalitesi
>4500	Mükemmel
3500-4500	İyi
3000-3500	Orta
2000-3000	Kötü
< 2000	Çok Kötü

3.3.9. Enerji yutma kapasitesi deneyi

Enerji yutma kapasitesi deneyi beton numunelerin potansiyel enerji üzerinden enerji absorbe etme yeteneğini belirlemek amacıyla uygulanmaktadır. Bu deneyde betonun çarpma şiddetini ne derece sönümleyebileceği gözlemlenebilecektir. Lachemi, Erdoğan, Sevim (2010) Bu düzeneği kullanarak öğütülmüş atık araba lastiği içeren betonların enerji yutma kapasitelerini ölçmüşlerdir. Deneysel çalışmada 150x150x150 mm boyutlu küp numuneler kullanılmıştır. Beton numunelere 0,450 kg ağırlığındaki demir bilye 80 cm yükseklikten serbest düşürülmüştür. Bu düşüş kamera ile kaydedilerek bilyenin geri sıçrama yüksekliği kaydedilmiştir. Daha sonra elektronik ortamda video piksellerini uzunluk cinsine çeviren bir ticari yazılım vasıtasıyla geri sıçrama yükseklikleri hassas bir şekilde belirlenmiştir. Beton numunelerin enerji yutma kapasiteleri 3 aşamada belirlenmiştir. Öncelikle topun bırakıldığı yükseklikteki potansiyel enerjisi hesaplanmıştır. Potansiyel enerji cismin kütlesine (m), yerçekim ivmesine (g) ve yüksekliğe bağlıdır. İkinci aşamada enerjinin bir kısmı beton tarafında emildiği için top aynı yüksekliğe çıkmayacaktır. Topun geri sıçrama yüksekliği kullanılarak ikinci durumdaki potansiyel enerjisi hesaplanmıştır. Son olarak birinci ve ikinci durumdaki potansiyel enerjiler arasındaki fark beton numunenin enerji yutma kapasitesini vermiştir. Eş. 3.5'e göre hesaplanmıştır.

$$E = (m \times g \times h1) - (m \times g \times h2) \quad (3.5)$$

Burada,

m =demir bilye ağırlığı

g =yer çekimi ivmesi

h_1 =bilyenin serbest düşme yüksekliği

h_2 =bilyenin düştükten sonra sıçrama yüksekliğini ifade etmektedir.



Resim 3.7. Enerji yutma kapasitesi deney düzeneği

3.3.10. Aşınma direnci

Çalışmada 100x100x100 mm boyutundaki küp numuneler 28 günlük kür süreleri bittikten sonra TS EN 2824 (2005) standardına uygun geniş diskli aşınma deneyine tabi tutulmuştur. Deney düzeneğindeki üst huniye düzenekle uyumlu bidon sayesinde aşındırma tozu doldurulmuştur. Numunede oluşabilecek aşınma miktarının hassas bir şekilde ölçülebilmesi için numunenin aşındırılacak yüzeyi boyanmıştır. Böylece aşınma miktarı daha net bir şekilde görülmüştür. Daha sonra numune, düzenekte görülen disk ile temas edecek bir şekilde yerleştirilmiştir. Deney esnasında numunenin geriye kaymaması için numune arkadan düzenekteki kol ile sabitlenmiştir. Diskin devir sayısı 75 devir olacak şekilde makine ayarlanmıştır. Bu işlemden sonra makine çalıştırılıp aşındırma işlemi başlatılmıştır. Disk 75 devir yaptıktan sonra makine durdurulmuştur ve numune düzenekten çıkartılmıştır. Numunede oluşan aşınma miktarı diskin döndüğü yöne dik doğrultuda (kısa kenar) ve 3 farklı noktadan dijital kumpas ile ölçülmüştür. Ölçülen bu değerlerin aritmetik ortalaması ile numunenin aşınma direnç değeri belirlenmiştir. Aşınma direnç değeri Eş. 3.6'ya göre hesaplanmıştır.

$$l = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{3} \quad (3.6)$$

Burada,

l =Aşınma direnç değeri, mm,

l_1 =en baştaki aşınma direnç değeri, mm,

l_2 = ortadaki aşınma direnç değeri, mm,

l_3 =sondaki aşınma direnç değeri, mm

ifade etmektedir.



Resim 3.8. Beton aşınma direnci deney düzeneği



Resim 3.9. Beton aşınma direnci deney düzeneği yakın gösterim



Resim 3.10. Aşınma direnci deneyine tabi tutulan beton numuneler

3.3.11. Su emme deneyi

Beton tarafından içerisindeki açık boşluklara su çekilmesi işlemine su emme denir. Çalışmada betonun su emme deneyi 100x100x100 mm boyutlarındaki küp numuneler kullanılarak, numunelerin 28 günlük kür süresi bittikten sonra ASTM C 642 (2013) standardına uygun biçimde gerçekleştirilmiştir. Deneyde numuneler 24 saat su içerisinde bekletildikten sonra doygun yüzey kuru hale getirilip tartılmıştır. Daha sonra numuneler etüvde 105 C⁰'de 24 saat bekletilip kuru ağırlığı tartılarak su emme yüzdeleri Eş. 3.7'ye göre bulunmuştur.

$$\text{Su Emme Oran(\%)} = [(W_{dyk} - W_k) / (W_k)] \times 100 \quad (3.7)$$

Burada,

W_{dyk} = Numunenin doygun yüzey kuru ağırlığı, gr

W_k = Numunenin Etüv kurusu ağırlığı, gr'ı ifade etmektedir.



Resim 3.11. Etüvde bekletilen numuneler

3.3.12. Kapilarite deneyi

Beton numunelerde çok küçük düzeyde de olsa kılcal boşlukların olması ve beton numunenin su ile temas etmesi sonucunda numune zamanla su emmeye başlar. Suyun betondaki hareketi betonun durabilitesi açısından önemli bir durumdur. Çalışmada betonun kapiler su emme miktarı 100x100x100 mm boyutlarındaki numuneler kullanılarak belirlenmiştir. Numuneler 28 günlük kür süresi bittikten sonra kapiler su emme deneyine tabi tutulmuştur.



Resim 3.12. Beton kapilarite deney düzeneği

100x100x100 mm boyutundaki küp numuneler ilk önce 105 °C'de ve 24 saat boyunca etüvde bırakılıp etüv kurusu haline getirilmiştir. 24 saat sonra numuneler etüvden çıkartılıp ortam sıcaklığına gelmeleri beklenmiştir. Ortam sıcaklığına gelen numunelerin deney esnasında yan yüzeylerinden de su almaması için yan yüzeyler parafinlenmiştir. Parafinlenen beton numunelerin ağırlıkları hassas elektronik terazi ile ölçülmüştür.



Resim 3.13. Parafinlenen beton numunesi



Resim 3.14. Kapilarite deney kabı

Şekil 3.12'deki kap parafin seviyesinin altında kalacak şekilde su ile doldurulmuştur. Numunenin alt yüzeyinden su girişini engellemek için numuneler kap içerisinde bilyeler üzerine konulmuştur. su içerisine bırakılan numunelerin 1., 4., 9., 16., 25., 36., 49., 64., 81., 100., 121., 144., 169., 196., 225., 256., 289., 324. ve 361. dakikalarda yani tam sayıların tam kareleri kadar süre aralıklarındaki su emme miktarları ölçülmüştür. Ölçüm işleminde numune 1. dakika sonunda sudan çıkartılıp etrafı kurulanmıştır. Kurulanan numunenin ağırlığı ölçülmüştür. Daha sonra 4. dakika sonundan 361. dakika sonuna kadar aynı işlemler uygulanmıştır. Belirtilen zamanlar için su emme miktarları (Q) hesap edilmiştir. Bu su miktarının, numunenin su ile temas eden kesit alanına bölünmesi ile elde edilen oran (Q/A) ile geçen sürelerin saniye (t) cinsinden değerlerinin karekökü arasında lineer bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Kurulan bu lineer ilişkideki eğim ile numunenin kılcal su emme katsayısı Eş. 3.8 ile hesaplanmıştır (Taşdemir, 2003).

$$Q/A = K \times t \quad (3.8)$$

Burada,

Q= Numunenin emdiği su miktarı, cm³

A= Numunenin suya temas eden kesit alanı, cm²

t= Geçen süre(sn)

K= Numunenin kapilarite katsayıları, cm²/sn

ifade etmektedir.

3.3.13. Basıncı su geçirimsizliği

Beton numunelerinin basınçlı su geçirimsizliği deneyi 150x150x150 mm boyutundaki küp numuneler üzerinde, 28 günlük kür süreleri bittikten sonra TS EN 12390-8 (2002) standardına uygun biçimde gerçekleştirilmiştir. Basıncı su geçirimsizliği cihazının lastik contalarına oturtulan numuneler üstteki kol yardımıyla su sızdırmayacak şekilde sıkıştırılmıştır. Beton numuneler 5 bar basınç altında 72±2 saat boyunca basınçlı su etkisine maruz bırakılmıştır. 72 saat sonunda beton numuneler düzenekten çıkartılıp beton presinde metal çubuklar yardımıyla pres yükü çizgisel yüke çevrilerek yarılmıştır. Yarılan numunelerde suyun işleme derinlikleri kumpas yardımıyla ölçülmüştür.



Resim 3.15. Beton basınçlı su geçirimsizliği deney düzeneği

3.3.14. Dinamik elastisite modülü tayini deneyi

Deneyde 150x150x150 mm küp numuneler kullanılmıştır. Numuneler Resim 3.13'teki gibi 2 mesnet üzerine oturtulmuş ve sonometre cihazına bağlı frekans göndericisi ve alıcısı uçlarına iletken jel sürülerek yerleştirilmiştir. Numuneye gönderilen frekans değeri değiştikçe, sonometredeki frekans göstergesi sapma göstermektedir. Sapmanın en çok olduğu frekans rezonans frekansını belirtmektedir. Standart boyutlu beton prizmatik numuneler için dinamik elastisite modülü Eş. 3.8 yardımıyla bulunmaktadır.

$$E_d = C \times W \times f_n^2 \quad (3.8)$$

Burada,

E_d =Dinamik elastisite modülü, kgf/cm²

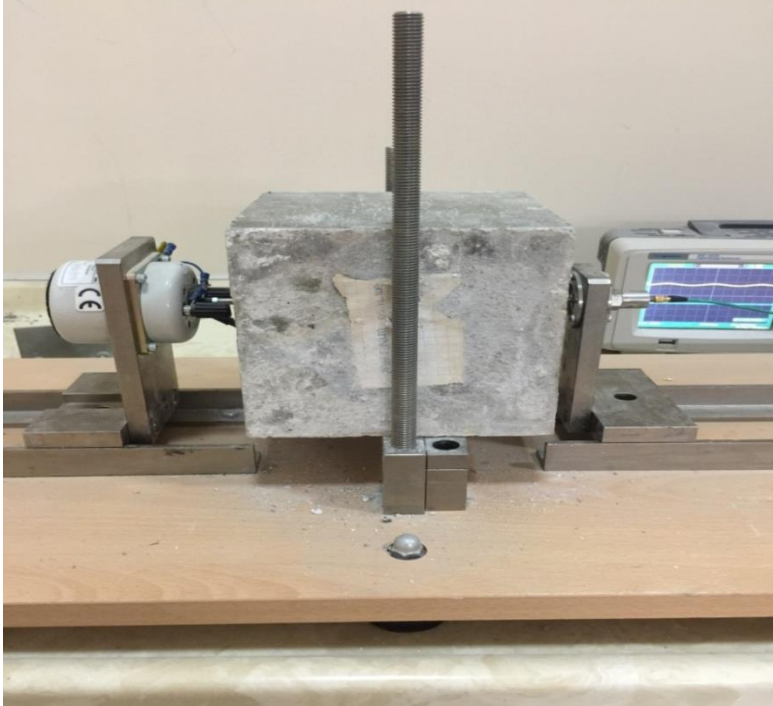
W =Numunenin ağırlığı, g

f_n =Rezonans frekansı, devir/saniye

C=c katsayısı numune şekil ve boyutuna göre değişmektedir. Hesap tarzı ASTM C 215 (1994)'te belirtilmektedir.



Resim 3.16. Sonometre deney düzeneği



Resim 3.17. Sonometre deney düzeneği frekans gönderici ve alıcı

4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

4.1. Birim Hacim Ağırlık

Üretilen numunelere ait birim hacim ağırlık (BHA) değerleri tüm karışımlar için Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Beton numunelere ait birim hacim ağırlık (BHA) değerleri

	BHA (gr/cm ³)		BHA (gr/cm ³)		BHA (gr/cm ³)
K0N	2,395	M0C	2,38	L0S	2,307
K05N	2,287	M05C	2,327	L05S	2,264
K10N	2,294	M10C	2,247	L10S	2,259
K15N	2,193	M15C	2,208	L15S	2,09
K20N	2,157	M20C	2,144	L20S	2,162
K25N	2,099	M25C	2,048	L25S	2,037

PTA'nın özgül ağırlığı yer değiştirdiği iri agreganın yaklaşık üçte biri kadardır (iri agrega; 2,5 gr/cm³, PTA; 0,95 gr/cm³). PTA yüzdesinin artması ile birlikte betonun birim hacim ağırlığının düşmesi beklenen bir sonuçtur. Çizelge 4.1. incelendiğinde %25 PTA içeren numuneler yaklaşık 2 kg/dm³ civarında bir birim hacim ağırlığa sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar uygun karışım dizaynı ve PTA kullanımı ile hafif beton yapılabileceğini göstermektedir. YFC ve SD'nin yer değiştirdikleri CEMI 42,5 çimentoya göre daha düşük yoğunluğa sahip olmaları (CEMI 42,5; 3,15; YFC; 2,89 ve SD 2,2 gr/cm³) sonucunda birim hacim ağırlıkta azalma meydana gelmiştir.

4.2. Hava Yüzdesi

Üretilen numunelere ait hava yüzdesi değerleri tüm karışımlar için Çizelge 4.2'de verilmiştir.

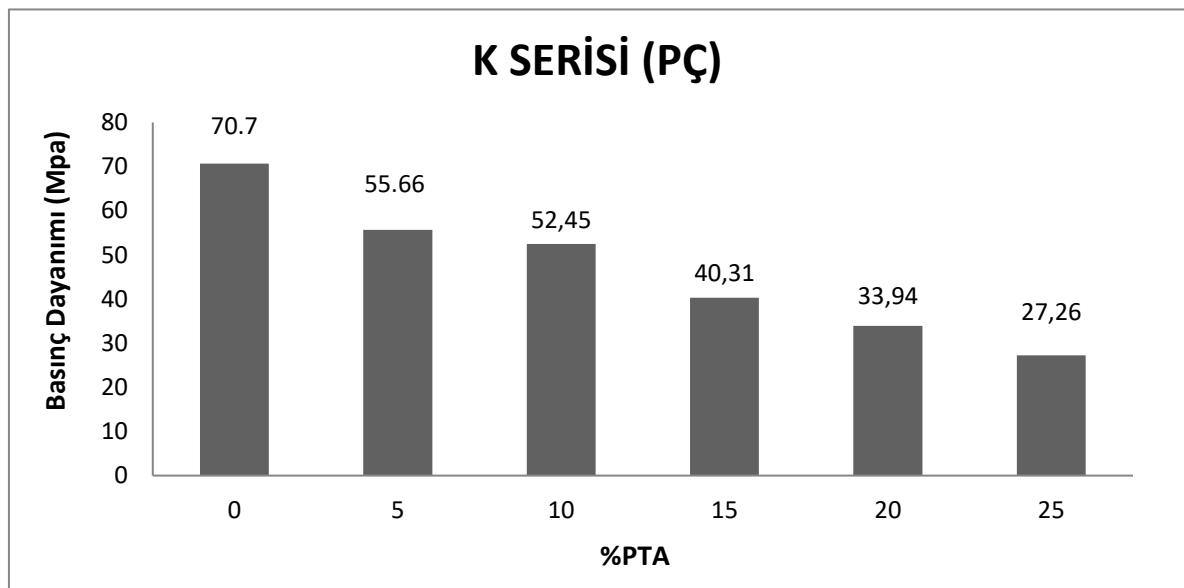
Çizelge 4.2. Beton numunelere ait hava yüzdesi değerleri

	Hava %'si		Hava %'si		Hava %'si
K0N	2	M0C	3	L0S	4
K05N	4	M05C	4,5	L05S	5
K10N	6	M10C	5	L10S	6
K15N	6,5	M15C	5	L15S	7
K20N	7	M20C	7	L20S	7,5
K25N	8	M25C	7,5	L25S	8

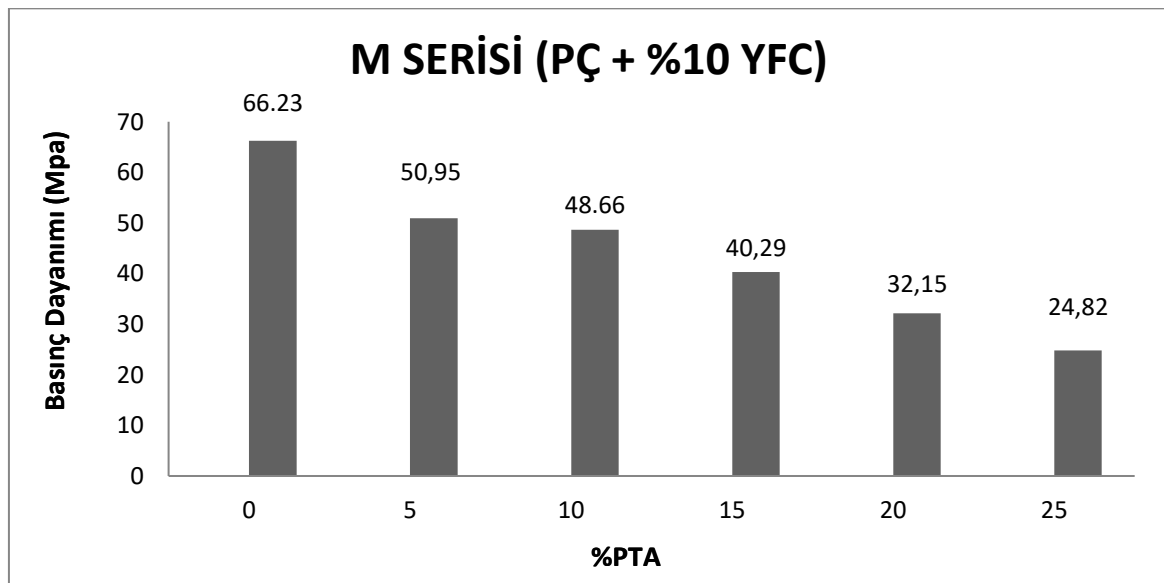
Beton numunede PTA yüzdesi arttıkça hava yüzdesi değerleri de artmıştır. Bu beklenen bir sonuçtur. Bu durumun sebebinin basınç etkisinde sıkışan yumuşak PTA maddesinin boşluk yaratması dolayısıyla ölçüm esnasında hava miktarını arttırması olarak düşünülmektedir

4.3. Basınç Dayanımı

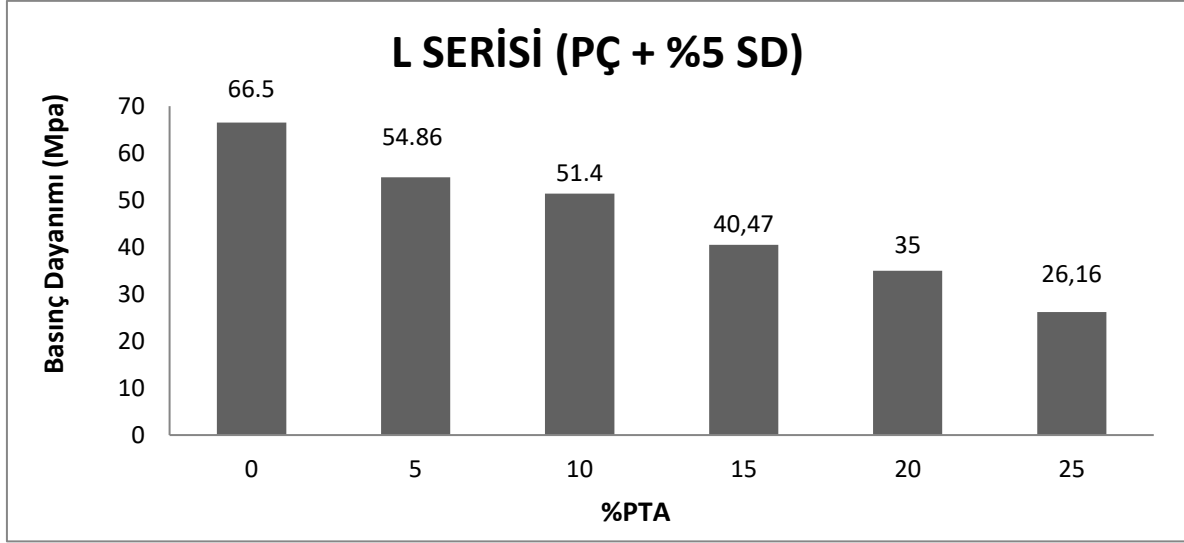
Üretilen 150x150x150 mm boyutundaki küp numunelere ait basınç dayanımı sonuçları tüm karışımlar için Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.1. K serisi (PÇ) beton numunelerine ait basınç dayanımı testi sonuçları



Şekil 4.2. M serisi (PÇ+%10YFC) beton numunelerine ait basınç dayanımı testi sonuçları



Şekil 4.3. L serisi (PÇ+%5SD) beton numunelerine ait basınç dayanımı testi sonuçları

PTA'nın agrega ile yer değiştirmesi beklenildiği gibi basınç dayanımında düşüşe yol açmıştır. %5 PTA içeren numuneler 55,66 Mpa ile kontrol numunesinin %80'i %10 PTA içeren numuneler ise 52,45 Mpa ile kontrol numunesinin %75'i civarında bir basınç dayanımı geliştirmişlerdir.

%10 PTA değerinden sonra %15,%20 ve %25 PTA içeren betonlarda basınç dayanımı değerleri kontrol numunesine göre sırasıyla %43, %52, ve %61,75 düşmüştür.

%10 YFC içeren M serisine ait basınç dayanımı sonuçları Şekil 4.2'de verilmiştir. Şekil 4.2. incelendiğinde K serisinde olduğu gibi PTA katkısı basınç dayanımında düşüşlere yol açmıştır. Öte yandan M serisine ait sonuçlar K serisi sonuçları ile birlikte değerlendirildiğinde YFC katkısının basınç dayanımında küçük miktarda düşüşe sebep olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin basınç dayanım testinin 28. Günde yapılması olabilir. İlerleyen yaşlarda YFC'nin puzolanik aktivitesi nedeni ile basınç dayanımı değerinin artması beklenebilir.

%5 SD içeren L serisine ait basınç dayanımı sonuçları Şekil 4.3'te verilmiştir. Şekil 4.3. incelendiğinde bu seride de artan PTA miktarıyla basınç dayanımı düşmüştür. Öte yandan Şekil 4.1. ve Şekil 4.3. birlikte değerlendirildiğinde SD içeren ve içermeyen numunelerin basınç dayanımlarının birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir.

%5 SD katkısı basınç dayanımı üzerinde etkili olamamıştır. %10 SD gibi daha yüksek bir oranın basınç dayanımını arttırmaya yönelik davranışının daha etkili olabileceği düşünülmektedir.



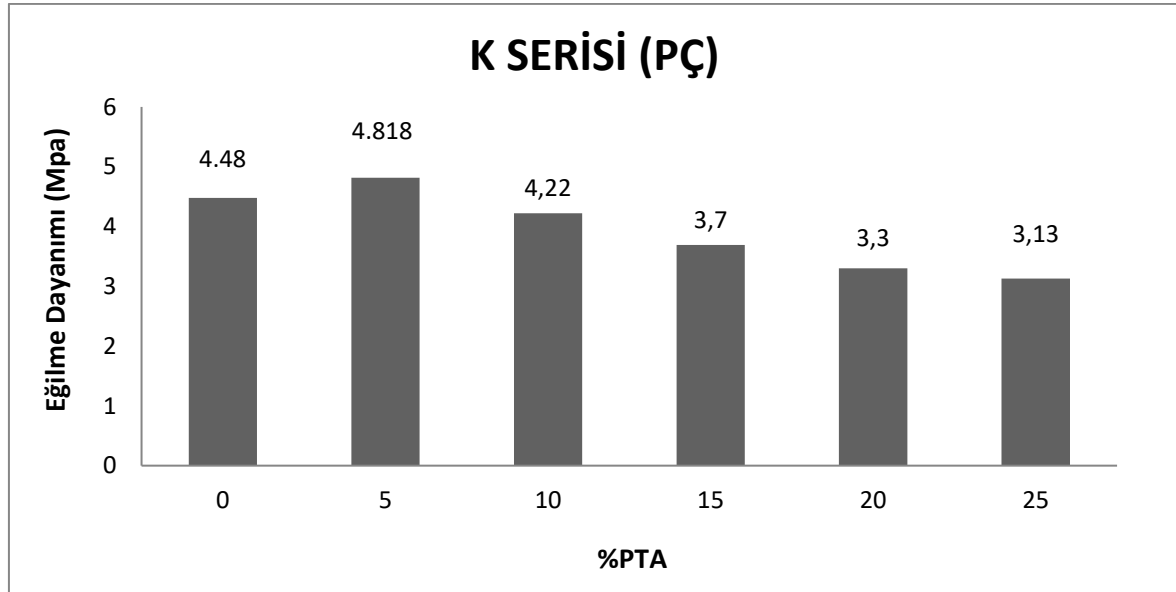
Resim 4.1. KON numunesinin basınç dayanımı deneyinden sonra görüntüsü



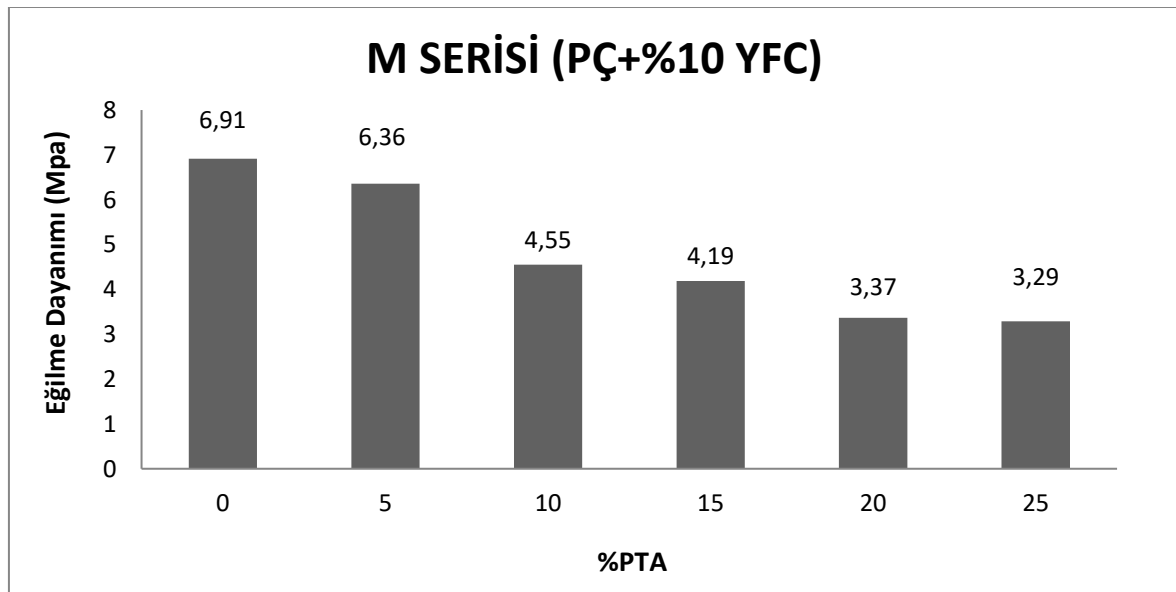
Resim 4.2. L20S ve L0S numunelerinin basınç dayanımı deneyinden sonra görüntüsü

4.4. Eğilme Dayanımı

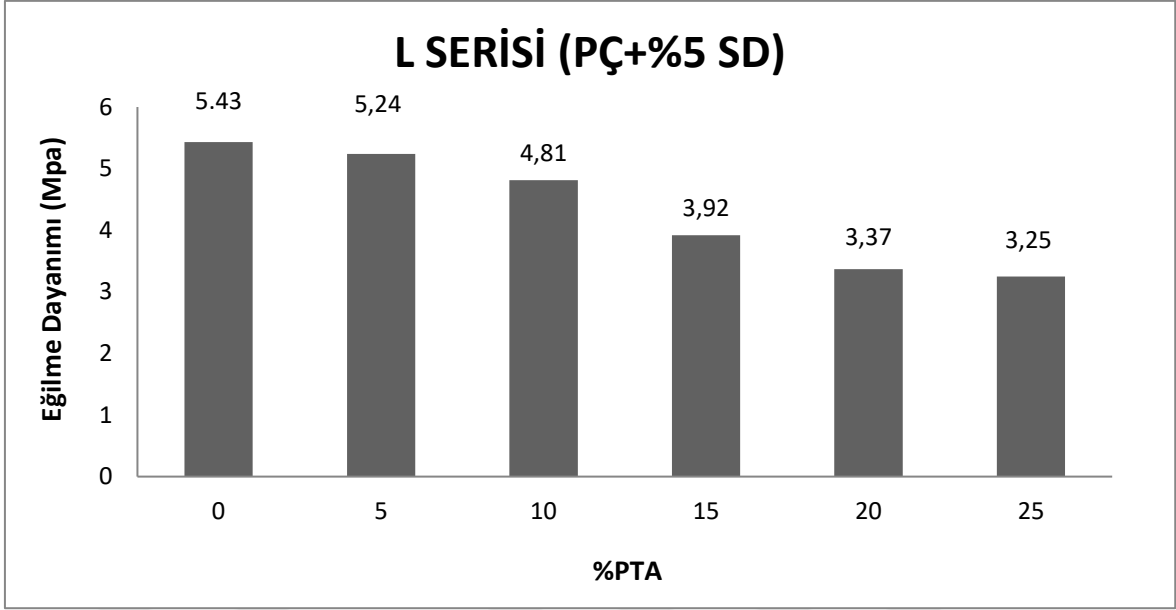
Üretilen 100x100x150 mm boyutundaki kiriş numunelerinin eğilmede çekme dayanımları 3 nokta yükleme deneyi ile belirlenmiştir. 3 nokta yükleme deneyine ait sonuçlar Şekil 4.4, 4.5, ve 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.4. K serisi (PÇ) beton numunelerine ait eğilme dayanımı testi sonuçları



Şekil 4.5. M serisi (PÇ+%10YFC) beton numunelerine ait eğilme dayanımı testi sonuçları



Şekil 4.6. L serisi (PÇ+%5SD) beton numunelerine ait eğilme dayanımı testi sonuçları



Resim 4.3. 3 noktada eğilme deneyine tabi tutulan PTA'sız numuneler

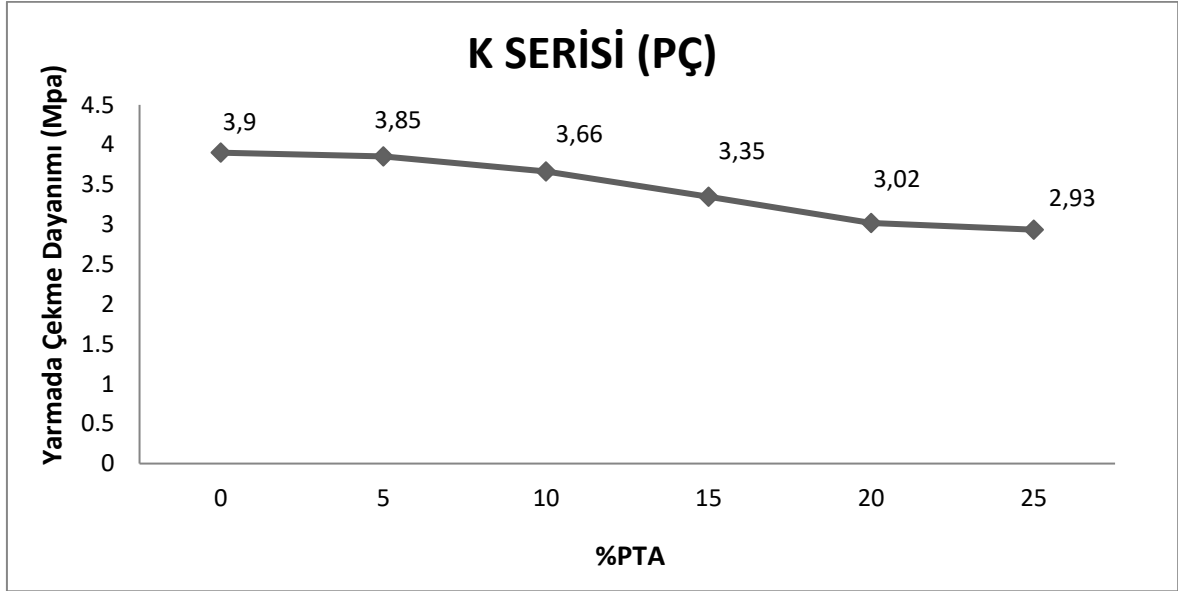


Resim 4.4. 3 noktada eğilme deneyine tabi tutulan PTA'lı numuneler

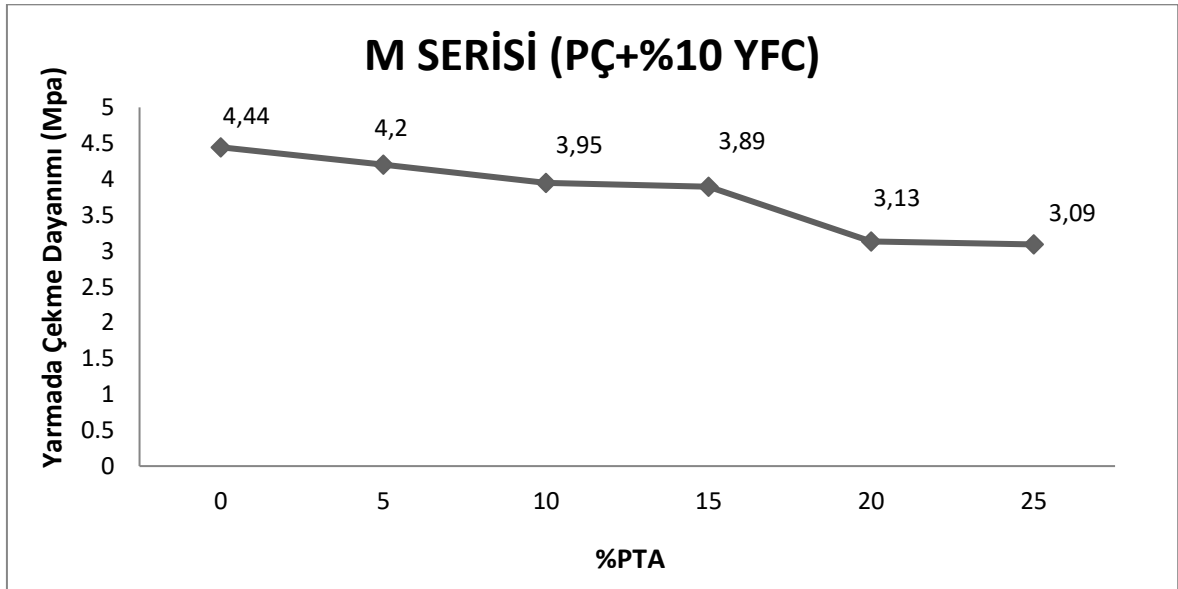
PTA içeren numunelerin eğilme dayanımı değerleri basınç dayanımı değerlerine göre daha iyi sonuçlar vermiştir. %5 PTA içeren numuneler şahit numuneden daha yüksek eğilme dayanımına sahipken, %10 PTA içeren numunelerde şahit numuneye oldukça yakın bir dayanım değerine sahiptir. Diğer yandan %15, %20, %25 PTA içeren numuneler sırasıyla şahit numunenin %84, %74 ve %70'i kadar eğilme dayanımı geliştirmişlerdir. Bunun nedeninin beton üretiminde kullanılan agreganın yaklaşık üçte biri yoğunluğuna sahip PTA'nın beton içerisinde yayılarak eğilme sırasında oluşan çatlakların oluşumunu geciktirmesi ve dayanım değerini arttırması olduğu düşünülmektedir. Diğer yandan YFC kullanımı PTA içeren numunelerin eğilme dayanımında önemli artışlar meydana getirmiştir. %5 PTA ve %0 YFC içeren numuneler 6,36 MPa ile 4,48 MPa eğilme dayanımına sahip olan kontrol numunesine göre %42 daha fazla eğilme dayanımı geliştirmiştir. Bunun sebebi YFC kullanımı ile artan bağlayıcı hamur hacminin PTA ile olan aderans yüzeyini arttırması olabilir. %10 PTA ve %10 YFC içeren numuneler de kontrol numunesinden yüksek eğilme dayanımı geliştirmiştir. Hatta %15 PTA ve %10 YFC içeren numuneler 4,19 MPa gibi kontrol numunesine oldukça yakın bir eğilme dayanımına sahiptirler. SD katkısı da PTA içeren numunelerin eğilme dayanımlarında artışa sebep olmuştur. Örneğin %10 PTA + %5 SD içeren numuneler 4,81 MPa ile şahit numuneden %7 oranında daha fazla eğilme dayanımı geliştirmişlerdir.

4.5. Yarmada Çekme Dayanımı

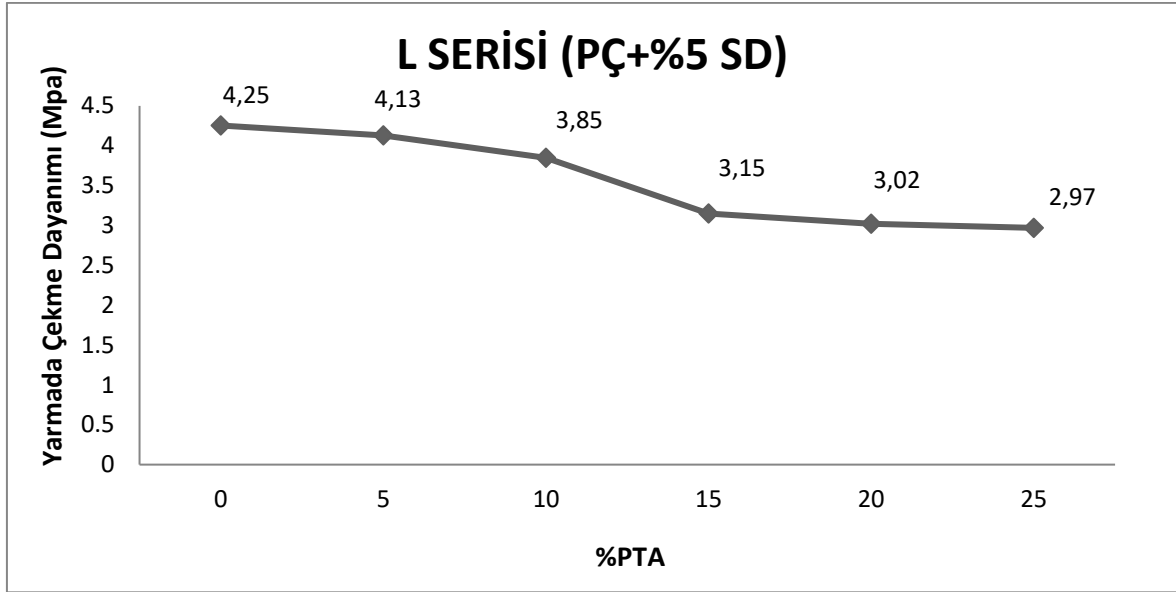
Betonun çekme dayanımını dolaylı yoldan belirlemede kullanılan bir diğer yöntem olan yarmada çekme deneyi sonuçları Şekil 4.7, 4.8 ve 4.9’da verilmiştir. Deneyde 150x150x150 mm boyutundaki küp numuneler kullanılmıştır.



Şekil 4.7. K serisi (PÇ) beton numunelerine ait yarmada çekme dayanımı testi sonuçları



Şekil 4.8. M serisi (PÇ+%10YFC) beton numunelerine ait yarmada çekme dayanımı testi sonuçları



Şekil 4.9. L serisi (PÇ+%5SD) beton numunelerine ait yarmada çekme dayanımı testi sonuçları



Resim 4.5. Yarmada çekme dayanımı deneyine tabi tutulan PTA'lı numune



Resim 4.6. Yarmada çekme dayanımı deneyine tabi tutulan balyoz yardımıyla ayrılan PTA'lı numune

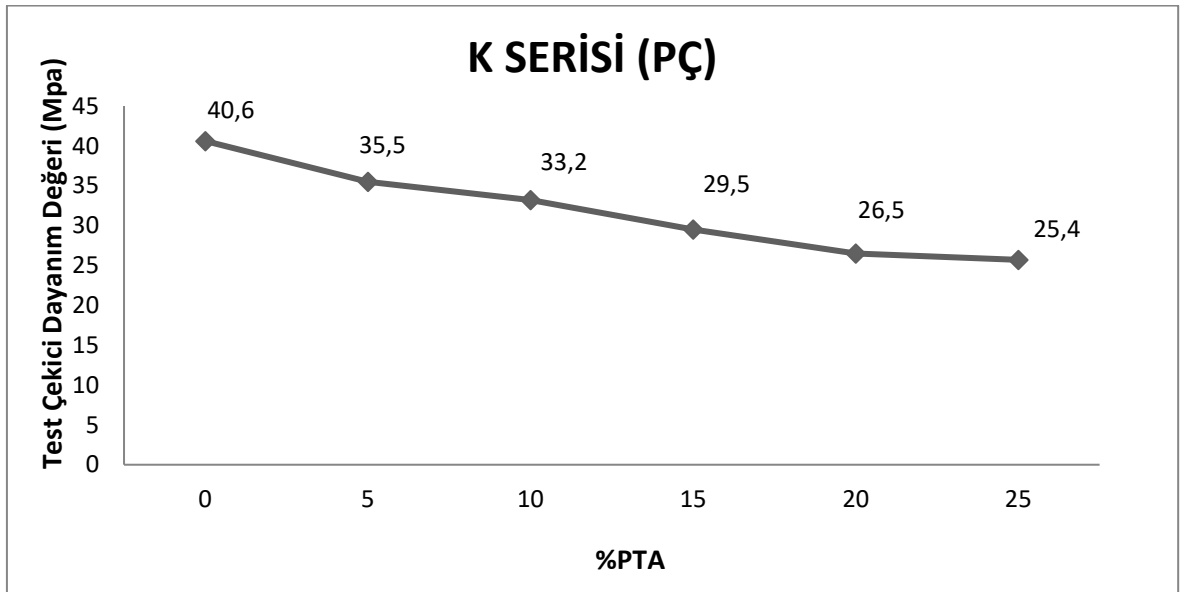
%5 ve %10 PTA içeren numuneler şahit numunelere oldukça yakın bir yarmada çekme dayanımı değerine sahiptir. %15, %20 ve %25 PTA içeren karışımlar ise sırasıyla kontrol numunenin %85, %77 ve %75'i kadar bir yarmada çekme dayanımı değerine sahiptirler. Bu sonuç eğilmede çekme testi sonuçları ile de uyumludur. Her iki testin sonuçları birlikte değerlendirildiğinde agrega ile hacimce %10' a kadar kullanılan PTA'nın betonun çekme dayanımını olumsuz etkilemediği söylenebilir. Öte yandan eğilme dayanımında olduğu gibi YFC ve SD katkısı PTA'lı betonların yarmada çekme dayanımlarında artışlara sebep olmuştur. %5 PTA + %10 YFC içeren numuneler şahit numuneden %8 daha yüksek bir yarmada çekme dayanımı geliştirirken, %15 PTA + %10 YFC içeren numuneler şahit numune ile hemen hemen aynı yarmada çekme dayanımına sahiptir. SD katkısı da PTA içeren numunelerin yarmada çekme dayanımında bir miktar iyileşmeye sebep olmuştur.

4.6. Beton Test Çekici Deneyi

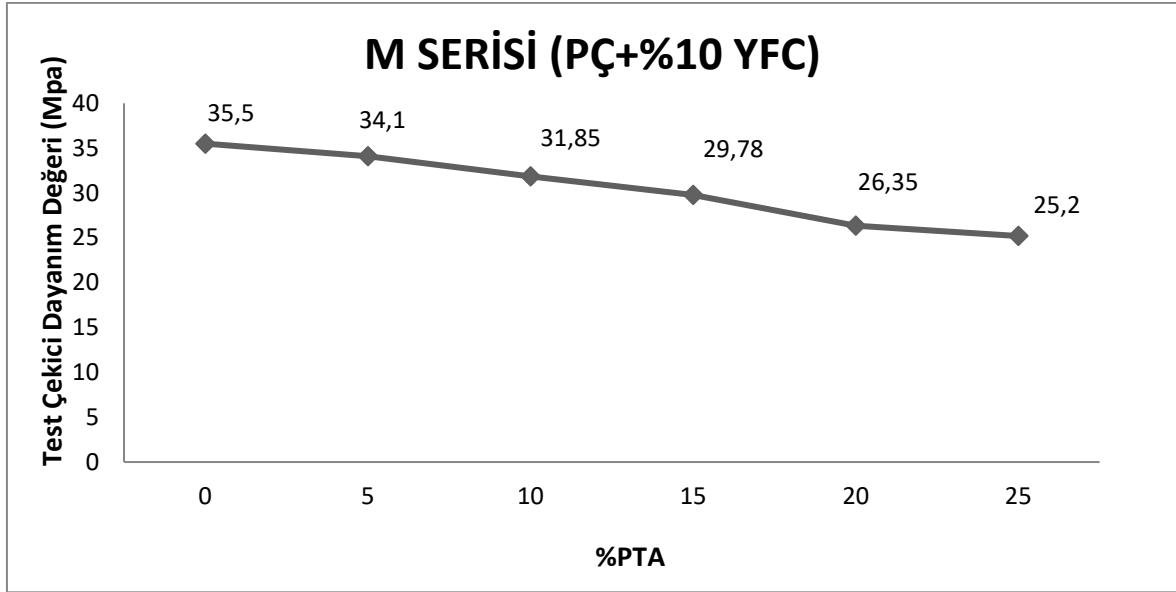
Üretilen 150x150x150 mm boyutundaki numunelerin test çekici deneyi sonuçları Şekil 4.10, 4.11. ve 4.12’de verilmiştir.



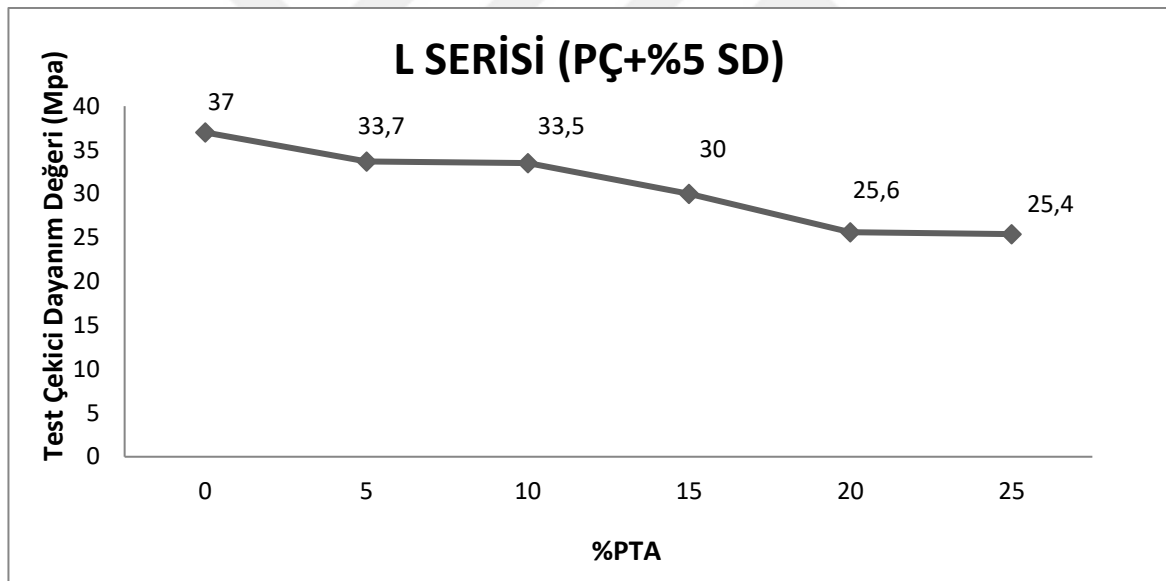
Resim 4.7. Test çekici ve numuneler



Şekil 4.10. K serisi (PÇ) beton numunelerine ait beton test çekici testi sonuçları



Şekil 4.11. M serisi (PÇ+%10YFC) beton numunelerine ait beton test çekici testi sonuçları

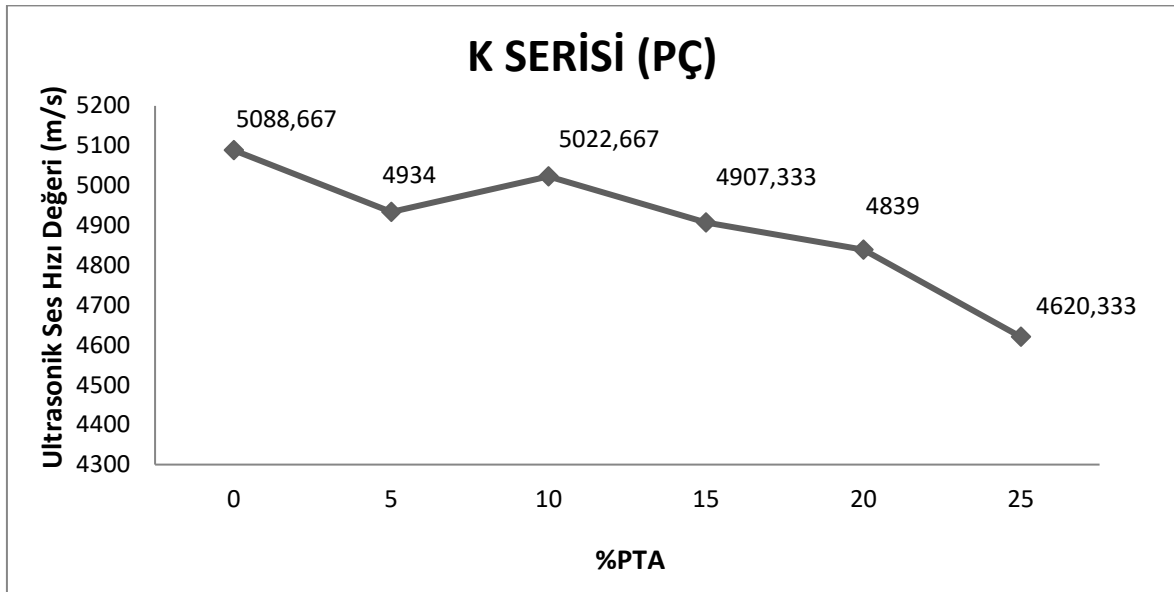


Şekil 4.12. L serisi (PÇ+%5SD) beton numunelerine ait beton test çekici testi sonuçları

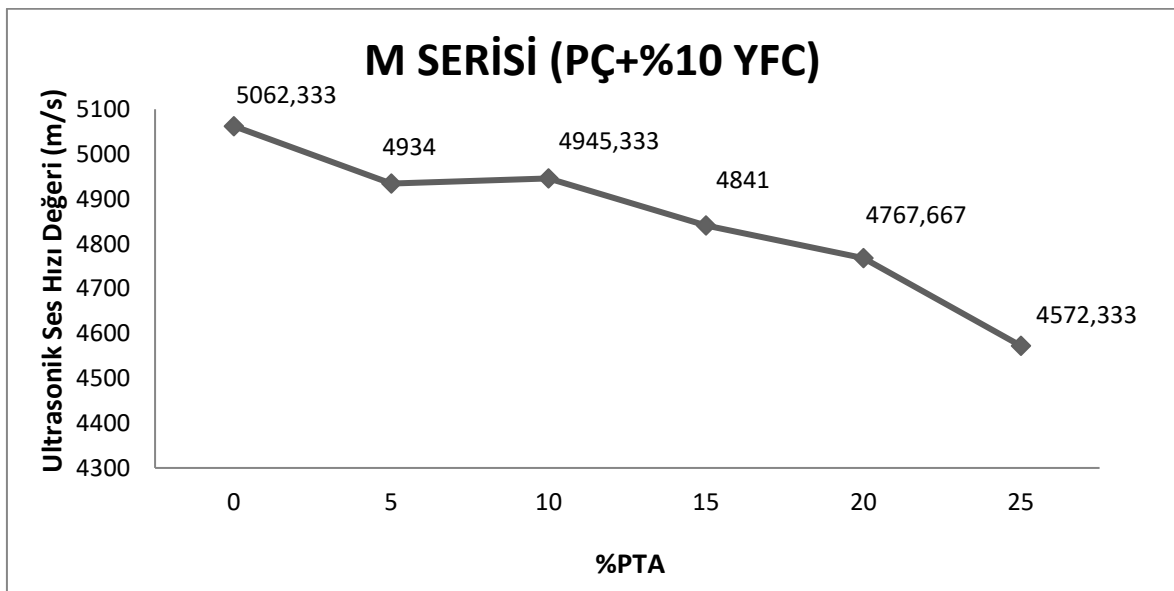
PTA kullanımı ile test çekici değerlerinde düşmeler olmuştur. Agregaya göre çok daha yumuşak olan PTA'nın yüzey sertliğini düşürmesi normal bir sonuçtur. Buna rağmen %5 ve %10 PTA içeren numuneler kontrol numunesinin sırasıyla %90 ve % 82'si civarında test çekici değeri vermiştir. Test çekici sonuçları genel olarak bütün serilerde birbirlerine yakındır. Bunun sebebi test çekicinin yüzeyden 3 cm mesafeye kadar ölçüm yapabilmesi yani yüzey sertliğini ölçmesidir.

4.7. Ultrasonik Ses Hızı

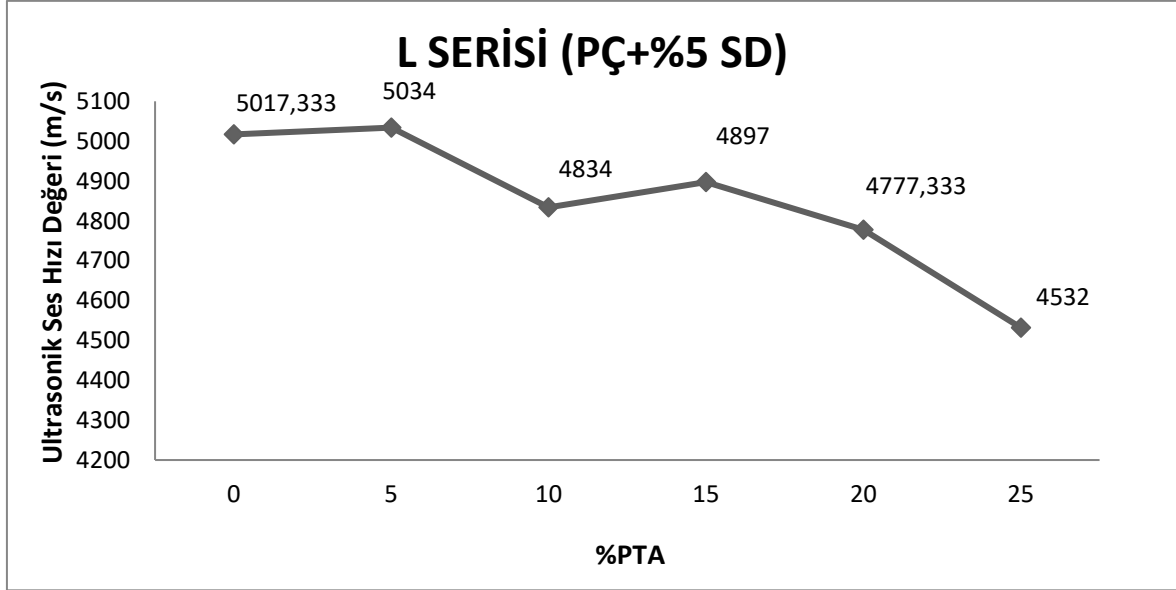
150x150x150 mm boyutundaki beton numunelere ait ultrasonik ses hızı deney sonuçları Şekil 4.13, 4.14 ve 4.15'te, ultrasonik ses hız sonuçlarının pratik değerlendirilmesi Çizelge 4.3. ve 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.13. K serisi (PÇ) beton numunelerine ait ultrasonik ses hızı testi sonuçları



Şekil 4.14. M serisi (PÇ+%10YFC) beton numunelerine ait ultrasonik ses hızı testi sonuçları



Şekil 4.15. L serisi (PÇ+%5SD) beton numunelerine ait ultrasonik ses hızı testi sonuçları

Çizelge 4.3. Ultrasonik ses hızı sonuçlarının pratik değerlendirilmesi (Whitehurst, 1951)

Ses hızı (V) m/s	Beton kalitesi
>4500	Çok iyi
3500-4500	İyi
3000-3500	Orta
2000-3000	Zayıf
< 2000	Çok zayıf

Çizelge 4.4. Beton numunelerin Whitehurst (1951)'e göre kaliteleri

Numune No	Beton kalitesi	Numune No	Beton kalitesi	Numune No	Beton kalitesi
K0N	Çok iyi	M0C	Çok iyi	L0S	Çok iyi
K05N	Çok iyi	M05C	Çok iyi	L05S	Çok iyi
K10N	Çok iyi	M10C	Çok iyi	L10S	Çok iyi
K15N	Çok iyi	M15C	Çok iyi	L15S	Çok iyi
K20N	Çok iyi	M20C	Çok iyi	L20S	Çok iyi
K25N	Çok iyi	M25C	Çok iyi	L25S	Çok iyi

Whitehurst (1951)'e göre ultrasonik ses hızı 4500 ve üzeri olan betonlar kalite açısından 'çok iyi' olarak değerlendirilmektedir.

Test sonuçları incelendiğinde test edilen numunelerin tamamının ‘çok iyi’ kategorisinde olduğu görülmektedir. Genel olarak PTA katkısının artması ile birlikte ultra ses hızlarında düşme olmaktadır. Bu poliüretan esaslı PTA’nın sesin bir miktarını yutarak yavaşlatmasından kaynaklanmaktadır.

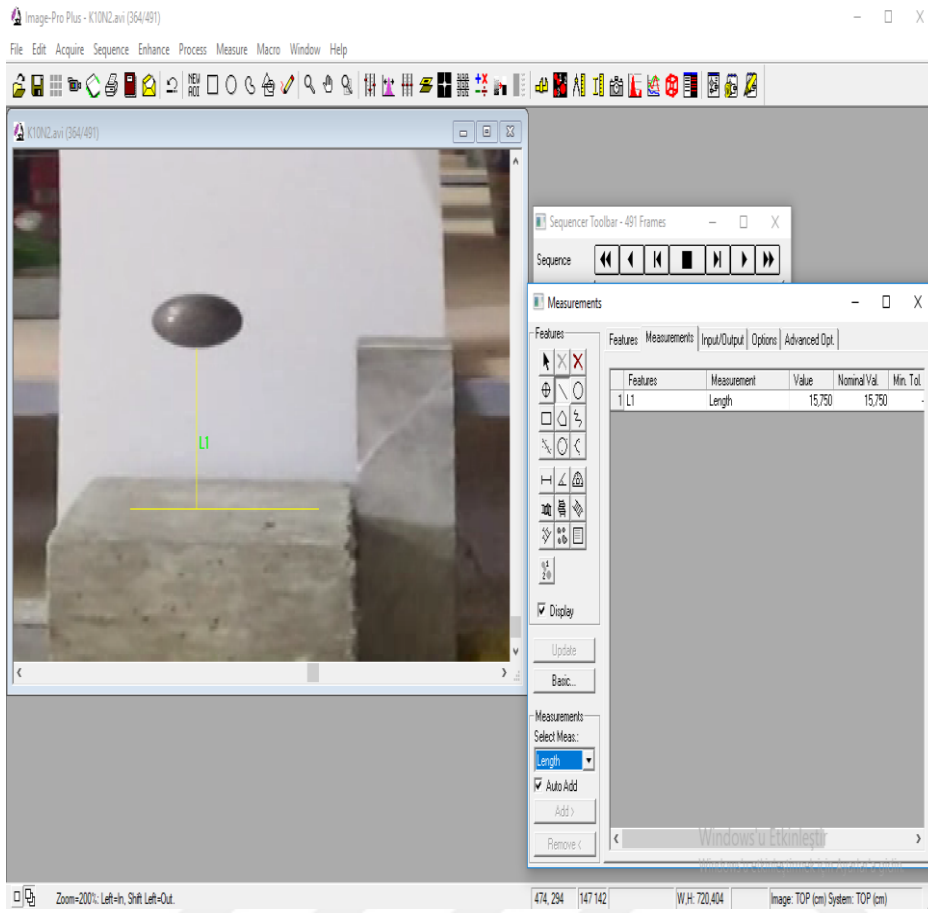
4.8. Enerji Yutma Kapasitesi

Üretilen 150x150x150 mm boyutundaki numunelerin Enerji yutma kapasitesi deney sonuçları Çizelge 4.5’te ve Şekil 4.16, 4.17, 4.18’de verilmiştir.

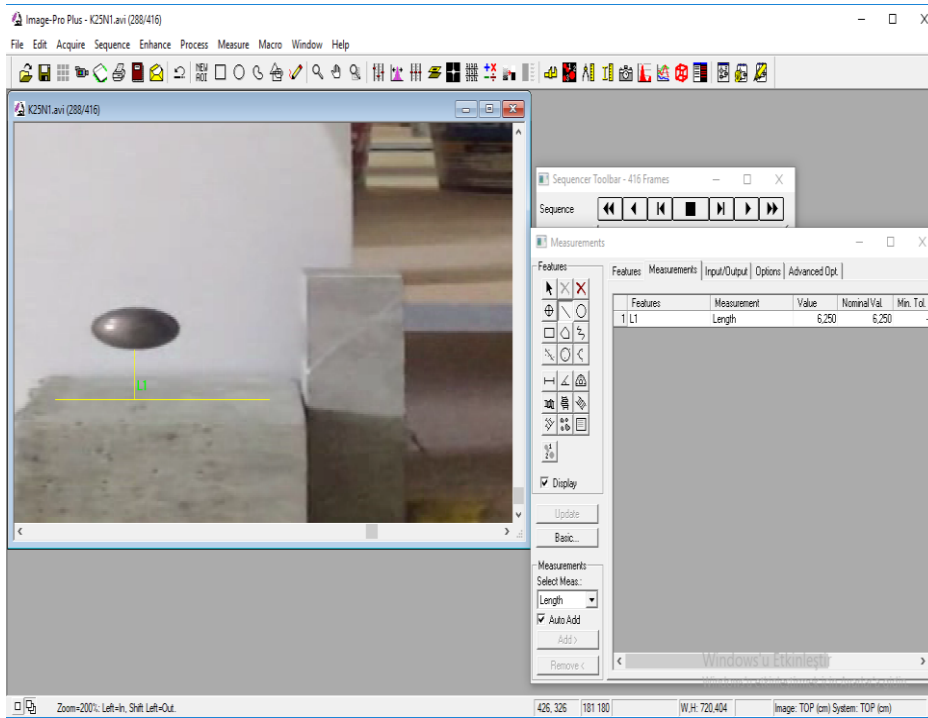
Çizelge 4.5. Enerji yutma kapasitesi deney sonuçları

Numune no	Geri sıçrama (cm)	Başlangıç Enerjisi	Sıçrama enerjisi	Yutulan enerji (kg.m ² /s ²)	Numune no	Geri sıçrama (cm)	Başlangıç Enerjisi	Sıçrama enerjisi	Yutulan enerji (kg.m ² /s ²)	Numune no	Geri sıçrama (cm)	Başlangıç Enerjisi	Sıçrama enerjisi	Yutulan enerji (kg.m ² /s ²)
3K0N	19	3,5316	0,8387	2,69	M0C	15,25	3,5316	0,673	2,85	L0S	16,5	3,5316	0,7283	2,8
K05N	16,25	3,5316	0,7173	2,81	M05C	14,16	3,5316	0,625	2,91	L05S	15,875	3,5316	0,7008	2,83
K10N	15	3,5316	0,6621	2,87	M10C	13,06	3,5316	0,576	2,96	L10S	14,44	3,5316	0,6374	2,89
K15N	12,75	3,5316	0,5628	2,97	M15C	12,5	3,5316	0,551	2,98	L15S	10,25	3,5316	0,4524	3,08
K20N	8,44	3,5316	0,3725	3,16	M20C	7,41	3,5316	0,327	3,2	L20S	6,83	3,5316	0,3015	3,23
K25N	6,375	3,5316	0,2814	3,25	M25C	4	3,5316	0,176	3,35	L25S	6,5	3,5316	0,2869	3,24

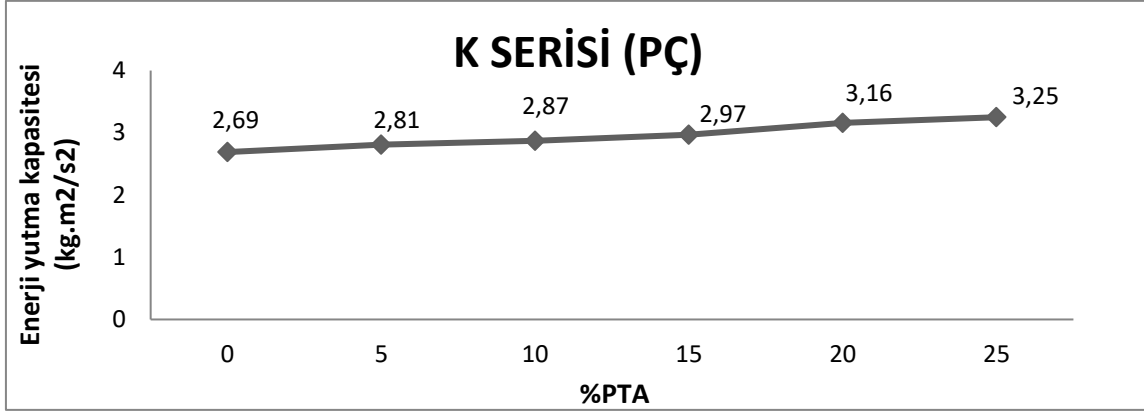
PTA ve puzolan katkısı içermeyen K0N numuneleri 2,69 kgm²/s² enerji yutmuştur. Tüm serilerde artan PTA katkısı yutulan enerji miktarını arttırmıştır. Örneğin %20 ve %25 PTA içeren numuneler kontrol numuneye göre sırasıyla %17 ve %21 daha fazla enerji yutmuştur. Artan PTA miktarının enerji yutma kapasitesini arttırması beklenen bir sonuçtur. Diğer yandan YFC ve SD kullanımı yutulan enerji miktarında küçük artışlara neden olmuştur.



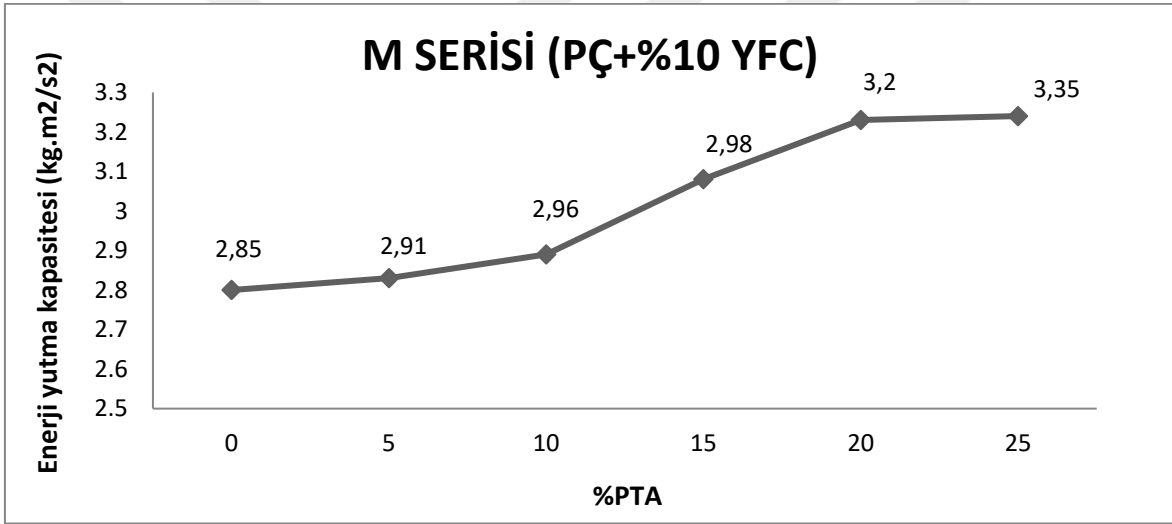
Resim 4.8. K05N numunesinin geri sıçrama değerin elektronik ortamda görünümü



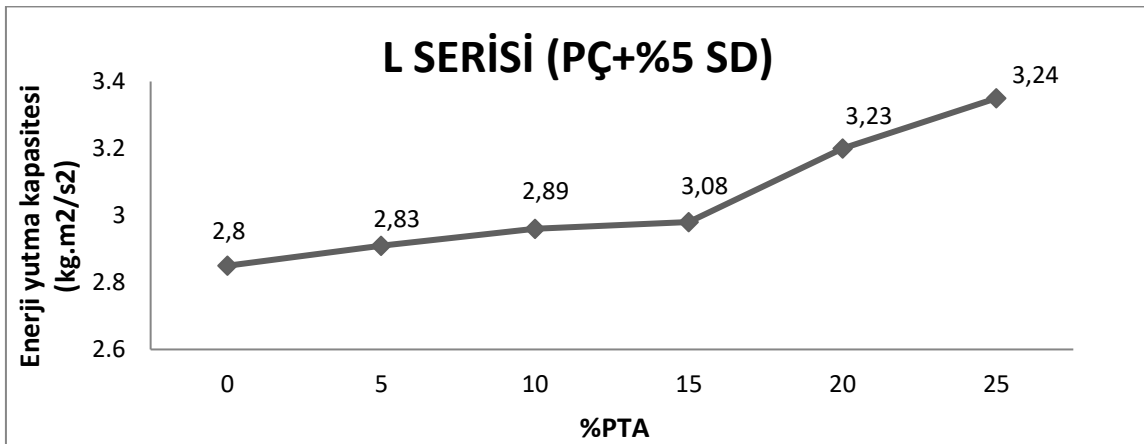
Resim 4.9. K25N numunesinin geri sıçrama değerin elektronik ortamda görünümü



Şekil 4.16. K serisi (PÇ) beton numunelerine ait enerji yutma kapasitesi testi sonuçları



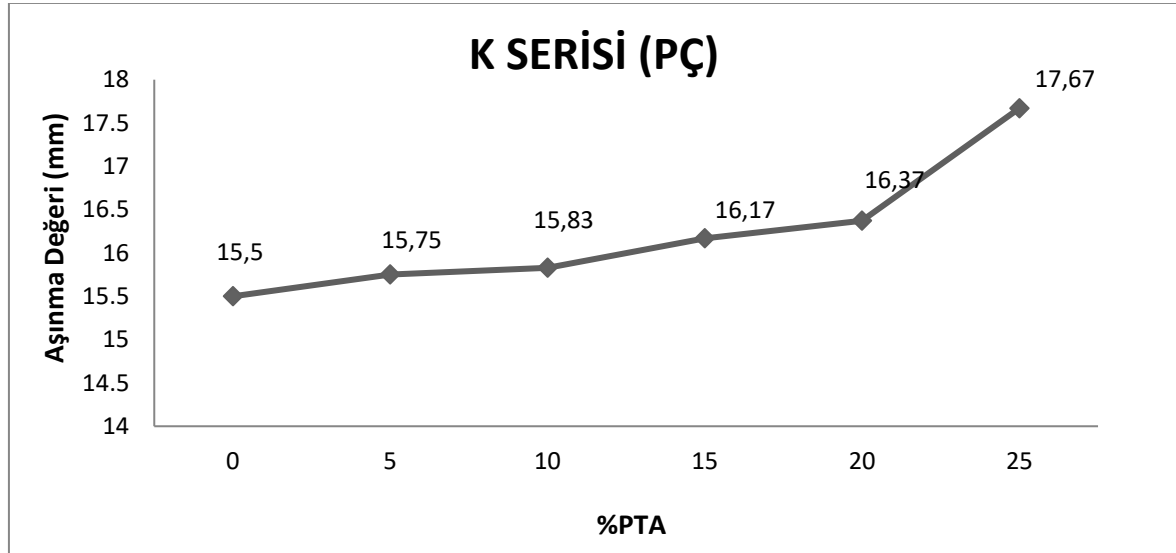
Şekil 4.17. M serisi (PÇ+%10YFC) beton numunelerine ait enerji yutma kapasitesi testi sonuçları



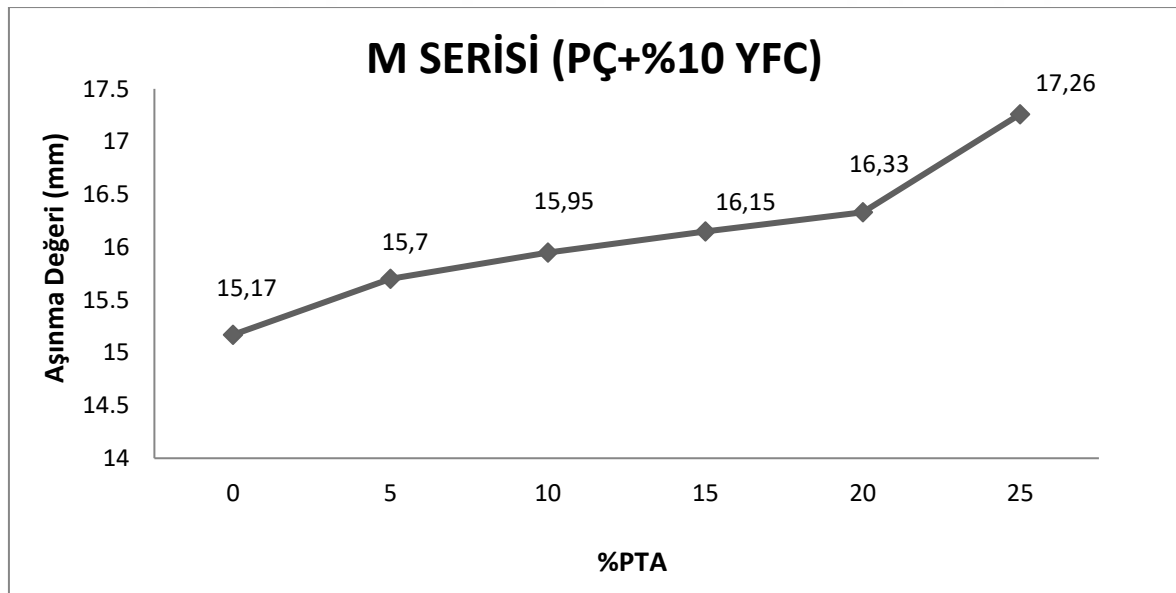
Şekil 4.18. L serisi (PÇ+%5SD) beton numunelerine ait enerji yutma kapasitesi testi sonuçları

4.9. Aşınma Deneyi

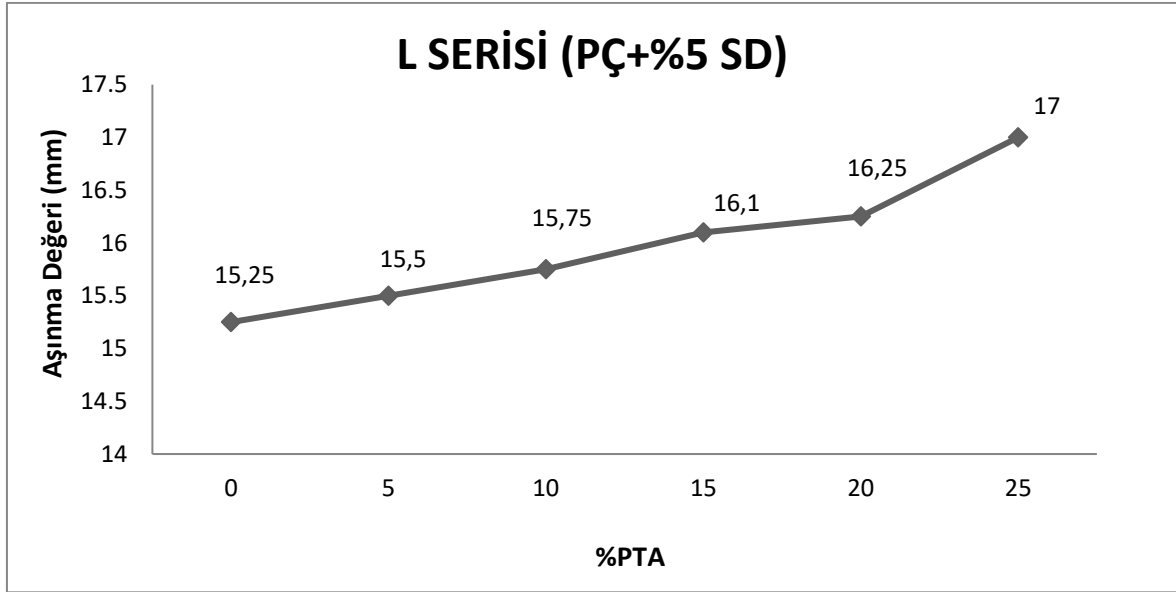
Üretilen 100x100x100 mm boyutundaki numunelere ait aşınma deneyi oyuk genişlikleri Şekil 4.19, 4.20 ve 4.21’de verilmiştir.



Şekil 4.19. K serisi (PÇ) beton numunelerine aşınma dayanımı testi sonuçları



Şekil 4.20. M serisi (PÇ+%10 YFC) beton numunelerine ait aşınma dayanımı testi sonuçları



Şekil 4.21. L serisi (PÇ+%5 SD) beton numunelerine ait aşınma dayanımı testi sonuçları

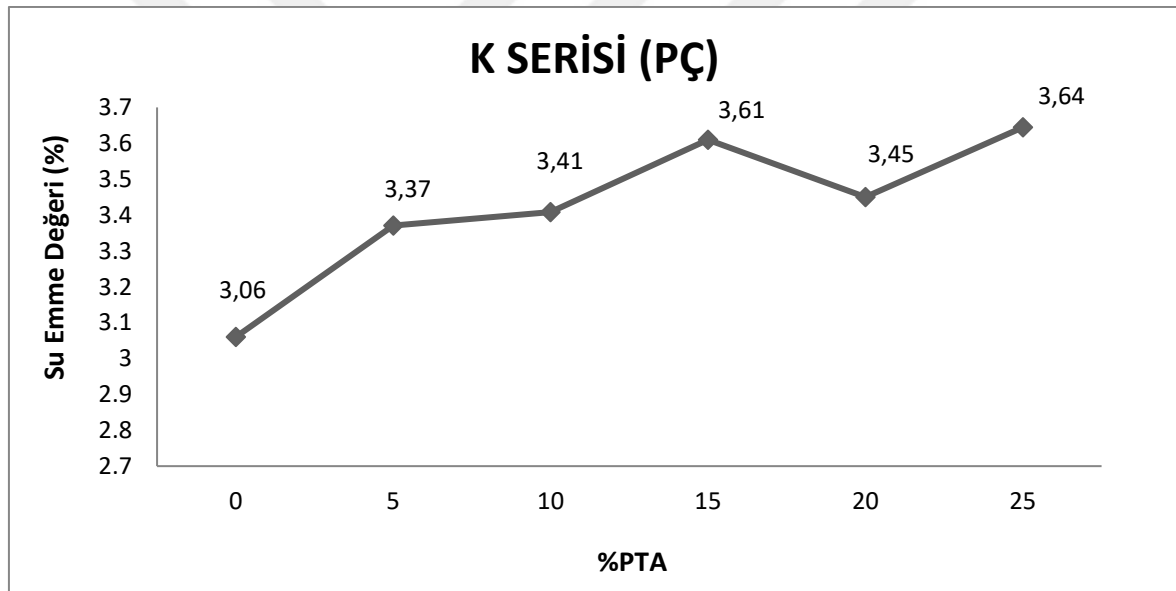


Resim 4.10. Aşınma deneyine tabi tutulmuş bazı numuneler

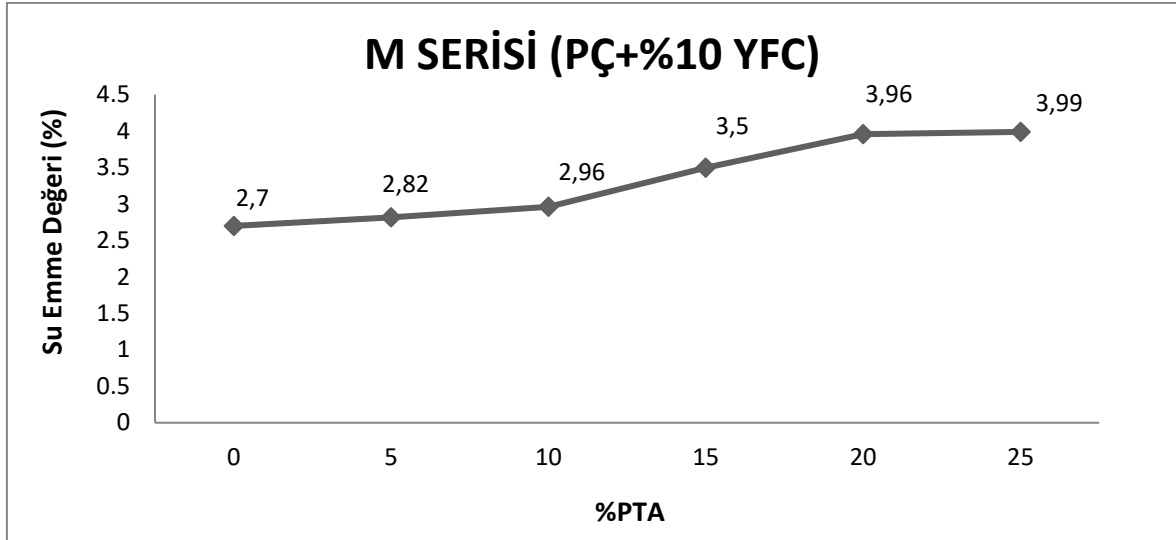
Şekil incelendiğinde PTA katkısının aşınma miktarında çok az artışa sebep olmakla birlikte PTA içeren numuneler genel olarak kontrol numunesine yakın aşınma değerine sahiptirler. Bir betonda aşınma direncini öncelikle sert ve yüksek dayanımlı olan iri agregaya sağlar. İri agreganın bir kısmı yerine çok daha yumuşak olan PTA'nın kullanılması aşınma miktarında görülen bu küçük artışların sebebidir. Diğer yandan SD ve YFC katkısı aşınma değerinde küçük azalmalar meydana getirmiştir.

4.10. Su Emme Deneyi

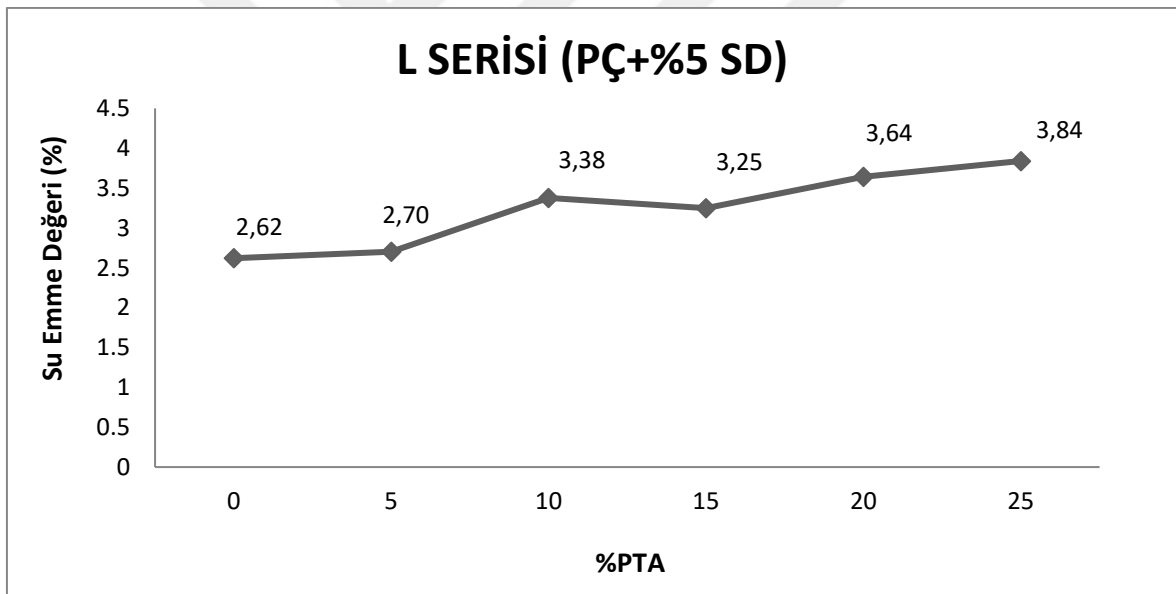
Üretilen 150x150x150 mm boyutundaki numunelerin su emme deneyi sonuçları Şekil 4.22, 4.23. ve 4.24'te verilmiştir.



Şekil 4.22. K serisi (PÇ) beton numunelerine ait su emme testi sonuçları



Şekil 4.23. M serisi (PÇ+%10YFC) beton numunelerine ait su emme testi sonuçları



Şekil 4.24. L serisi (PÇ+%5SD) beton numunelerine ait su emme testi sonuçları

Şekil 4.22, 4.23, ve 4.24. birlikte değerlendirildiğinde artan PTA miktarının emilen su miktarını arttırdığı görülmektedir. Bu durum PTA'nın su emmesinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Öte yandan YFC ve SD gibi puzolonik malzemelerin kullanılmasının PTA içeren betonların boşluk yapısını düzelterek ve dışa açık boşluk miktarını azaltarak su emme oranlarında gözle görülür bir azalma meydana getirdiği görülmektedir.

Örneğin %5 PTA +%10 YFC ve %10 PTA+ %10YFC içeren numuneler sırası ile %2,82 ve %2,96 su emme miktarları ile kontrol numunesinden %3,06 düşük su emme değerine sahiptirler. %5 PTA ve %5 SD içeren L05S karışımı ise %2,70 su emme oranı ile kontrol numunesinden %13 daha az su emmiştir.

4.11. Kapilarite Deneyi

Üretilen 100x100x100 mm boyutundaki numunelerin kapilarite deneyi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

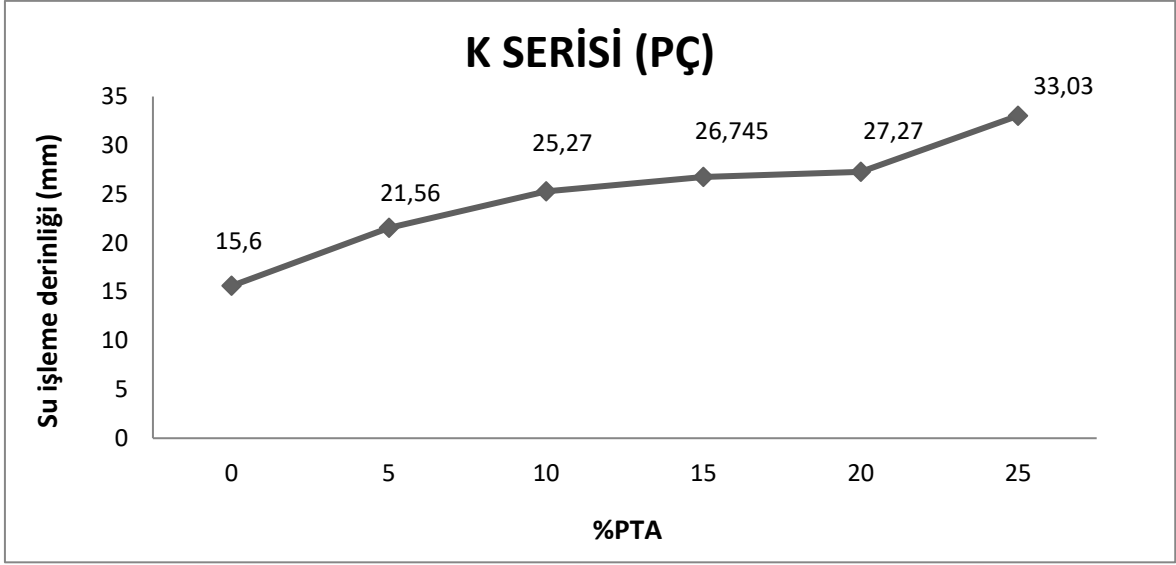
Çizelge 4.6. Beton numunelere ait kapilarite katsayısı değerleri

Numune No	Kapilarite katsayısı
K0N	0,005
K05N	0,0068
K10N	0,00695
K15N	0,0075
K20N	0,0079
K25N	0,0082

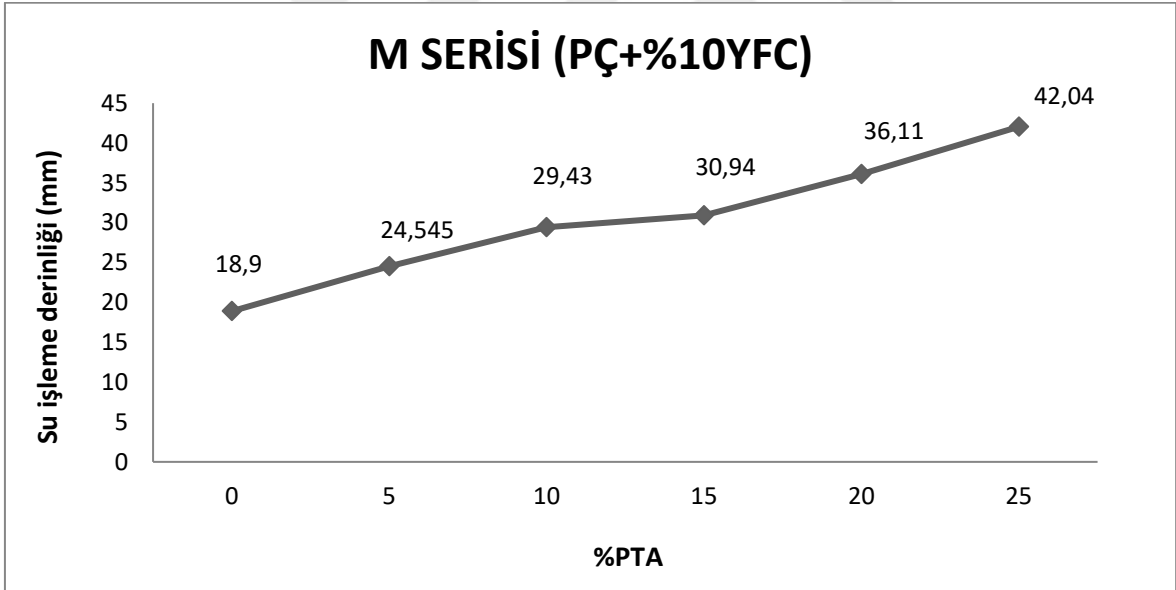
Kapilarite deneyi sadece K serisi üzerinde yapılmıştır. Çizelge 4.6. incelendiğinde artan PTA katkısının kapilarite katsayısını bir miktar arttırdığı yani kılcal su emme miktarında az da olsa artışa sebep olduğu görülmektedir. Kapilarite deneyinden elde edilen bu sonuç su emme ve basınçlı su geçirgenliği deneylerinden elde edilen sonuçlarla da uyumludur.

4.12. Basınçlı Su Geçirirliiliği

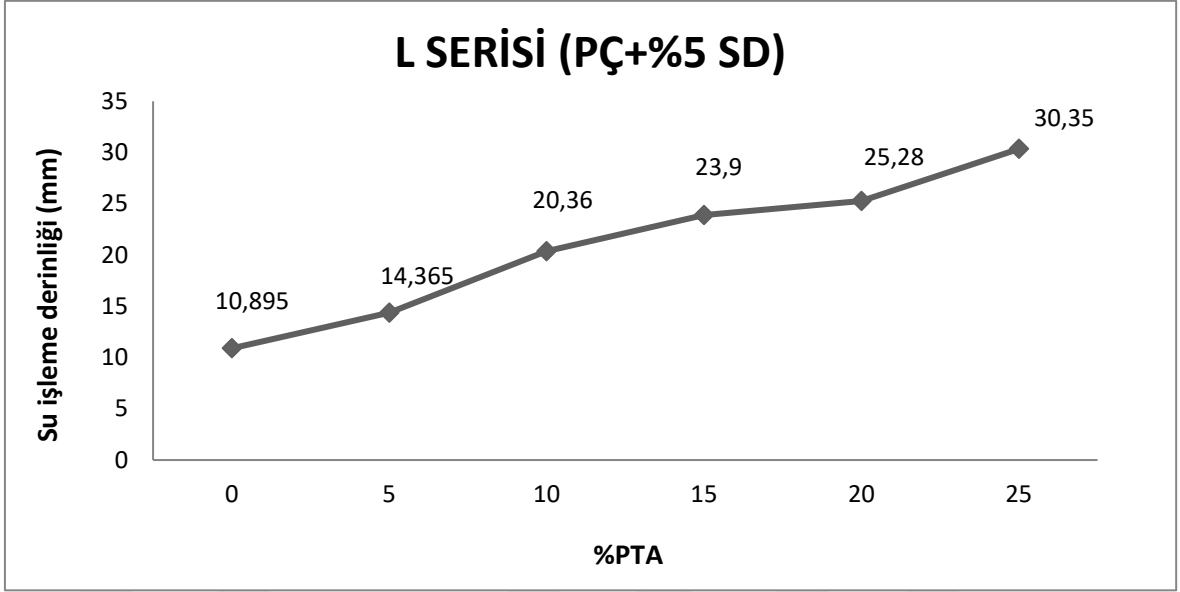
Üretilen 150x150x150 mm boyutundaki numunelere ait basınçlı su geçirirliiliği deney sonuçları Şekil 4.25, 4.26 ve 4.27'de verilmiştir.



Şekil 4.25. K serisi (PÇ) beton numunelerine ait basınçlı su geçirimsizliği su işleme derinlikleri



Şekil 4.26. M serisi (PÇ+%10YFC) beton numunelerine ait basınçlı su geçirimsizliği su işleme derinlikleri



Şekil 4.27. L serisi (PÇ+%5SD) beton numunelerine ait basınçlı su geçirimsizliği su işleme derinlikleri



Resim 4.11. Basınçlı su geçirimsizliği deneyi sırasında su işleme derinliğinin ölçülmesi

Grafikler incelendiğinde iri agrega yerine kullanılan PTA'nın su işleme derinliklerini arttırdığı görülmektedir. Artan PTA katkısı ile boşluk miktarı artmakta ve su işleme derinliği artmaktadır.

Diğer yandan çimento yerine ağırlıkça %5 oranında kullanılan SD, boşluk yapısını iyileştirerek su işleme derinliği miktarını azaltmıştır. Çimentonun yerine ağırlıkça %10 oranında kullanılan YFC ise su geçirgenliğini arttırmıştır. Bunun sebebi YFC'nin çimentonun hidrasyonunu geciktirmesinden dolayı 28 günde henüz boşluk yapısının tam anlamıyla iyileşmemesidir.

4.13. Dinamik Elastisite Modülü Tayini Deneyi

Üretilen 150x150x150 mm boyutundaki numunelerin sonik yöntemle dinamik elastisite modülü tayini deney sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Dinamik elastisite modülü değerleri (MPa)

	Dinamik Elastisite Modülü (MPa)		Dinamik Elastisite Modülü (MPa)		Dinamik Elastisite Modülü (MPa)
K0N	43326	M0C	46882	L0S	44574
K05N	33769	M05C	43823	L05S	35340
K10N	30566	M10C	40349	L10S	33466
K15N	27598	M15C	36219	L15S	32551
K20N	27553	M20C	28322	L20S	29644
K25N	26320	M25C	22208	L25S	27499

PTA miktarı artıkaça numunelerin dinamik elastisite modülleri azalma göstermiştir. Daha sert ve rijit olan iri agrega yerine daha yumuşak ve sünek olan PTA eklendiğinde rijitliğin azalması, sünekliğin artması beklenen bir sonuçtur. Dolayısıyla dinamik elastisitenin azalması normaldir. Yine de %10 PTA içeren K10N ve %15 PTA içeren K15N numunelerinin dinamik elastisite modülü, PTA içermeyen kontrol numunenin sırasıyla yaklaşık %70'ini ve %64'ünü sağlamıştır. Diğer yandan YFC ve SD katkısı dinamik elastisite değerlerinde artışa sebep olmuştur ve artan PTA katkısıyla dinamik elastisite modülündeki azalma oranını düşürmüştür. Özellikle YFC %15 PTA katkısına kadar ciddi miktarda dinamik elastisite modülünü dolayısıyla rijitliği yüksek tutmuştur.

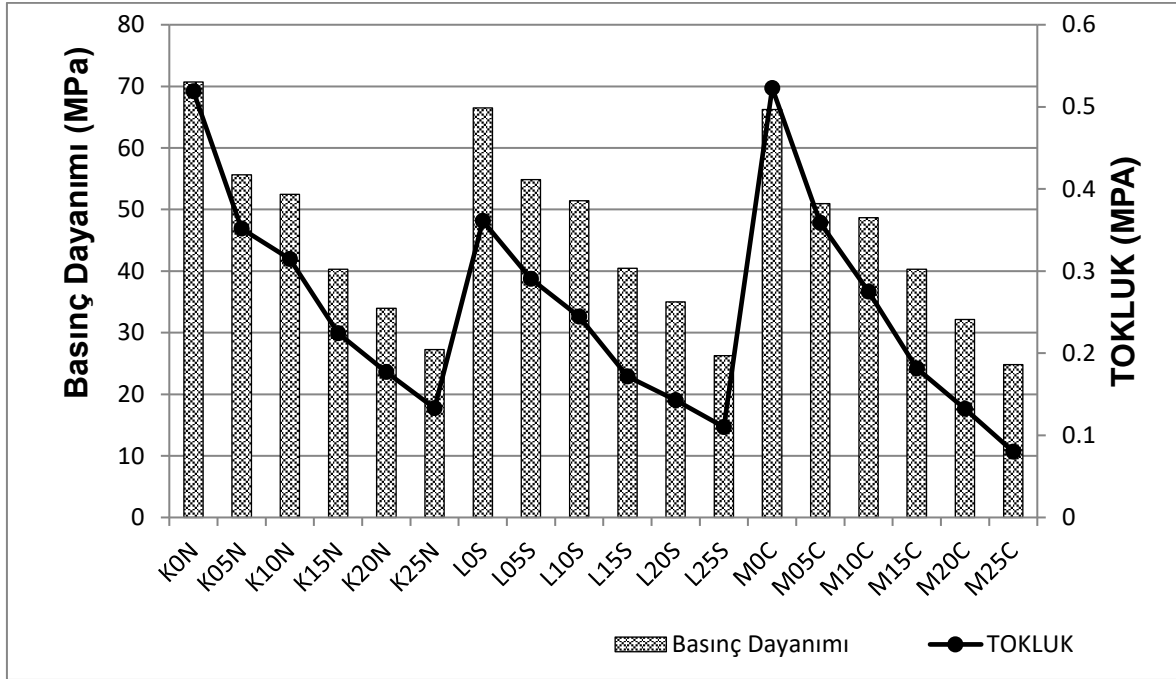
4.14. Betonun Gerilme - Birim Şekil Değişirme Davranışı

Üretilen 150x150x150 mm boyutundaki numunelerin gerilme- birim şekil değişirme davranışı sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

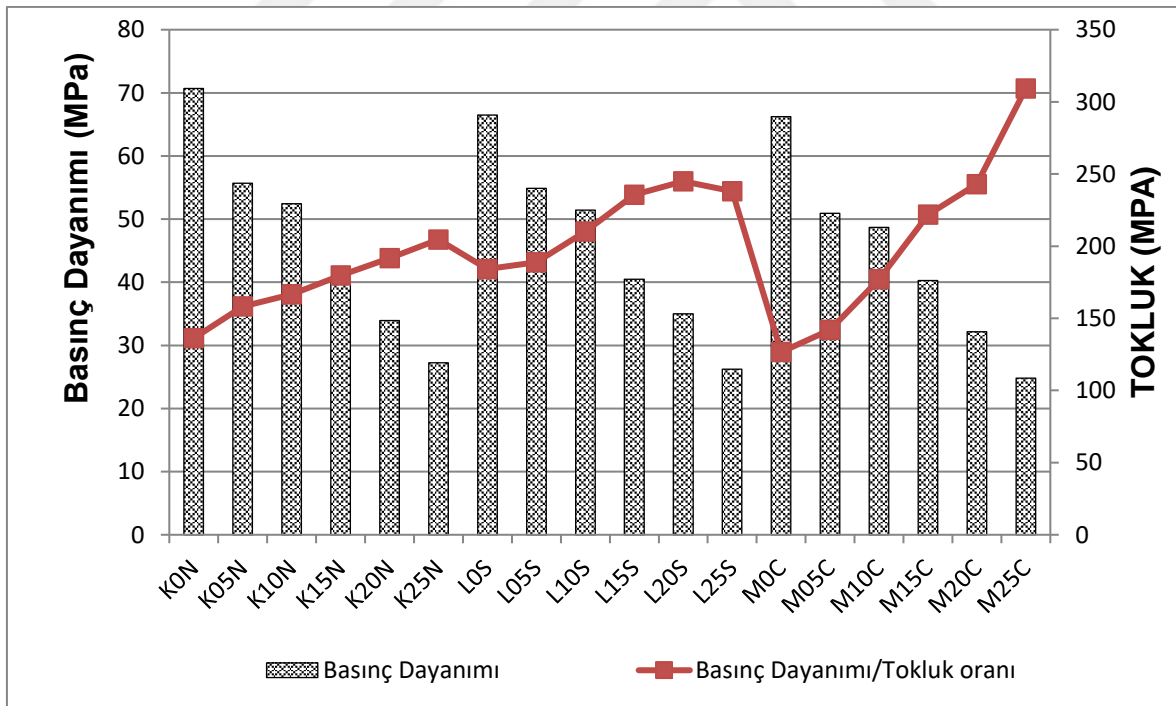
Çizelge 4.8. Betonun gerilme- birim şekil değişirme davranışı değerleri

Numune No	Tokluk Değerleri	Numune No	Tokluk Değerleri	Numune No	Tokluk Değerleri
K0N	0,51915	M0C	0,523	L0S	0,361167
K05N	0,3518	M05C	0,3587	L05S	0,2904
K10N	0,31475	M10C	0,27485	L10S	0,24475
K15N	0,2243	M15C	0,1816	L15S	0,1718
K20N	0,177	M20C	0,1323	L20S	0,1429
K25N	0,133233	M25C	0,08025	L25S	0,1103

Basınç deneyi esnasında deplasman ölçer tarafından beton numuneler kırılıncaya kadar ölçümler yapılarak bu veriler grafik haline getirilmiştir.Çizilen gerilme – birim şekil değişirme grafiğinin alanı tokluk ifadesini vermektedir. Betonun tokluğu rijitliğiyle doğru orantılıdır. Çalışmada rijit olan iri agraga yerine daha yumuşak olan PTA ilavesi yapıldığı için numunenin rijitliği azalmış dolayısıyla PTA oranı arttıkça tokluk ifadesi azalmıştır. Şekil 4.27’de görüldüğü gibi basınç dayanımı – PTA oranı ve tokluk – PTA oranı birbirlerine paraleldir. Ancak Şekil 4.28’de birimi Mpa olan basınç dayanımı ve tokluk ifadeleri oranlanarak birimsiz bir oran elde edilmiştir.



Şekil 4.28. Basınç dayanımı – PTA oranı ve tokluk – PTA oranı



Şekil 4.29. Basınç dayanımı – PTA oranı ve (Basınç dayanımı/ tokluk) oranı – PTA oranı

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada ayakkabı taban üretimi esnasında atık olarak ortaya çıkan PTA'nın beton agregası olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar ve bu malzemenin betonda kullanımı ile ilgili öneriler aşağıda verilmiştir.

- PTA kullanımı ile birlikte betonun hava yüzdesi artmakta ve aynı zamanda BHA düşmektedir. Bu sonuçlar uygun karışım tasarımı ile birlikte PTA'lı hafif betonların üretilebileceğini ve bu hafif betonların hafif panel üretiminde, döşemelerde ve benzeri yerlerde kullanılabilirliğini göstermektedir.
- PTA'nın iri agrega ile yer değiştirilmesi beklenildiği gibi basınç dayanımında düşümlere yol açmıştır. Bu durum PTA'nın iri agregaya göre çok daha yumuşak olmasından kaynaklanmaktadır. Buna rağmen her üç seride de %10 PTA içeren numuneler 50 MPa civarında bir basınç dayanımına sahiptirler. Bu sonuç BHA sonuçlarıyla birlikte değerlendirildiğinde PTA'nın yapısal hafif beton üretiminde de kullanılabilirliğini göstermektedir.
- PTA katkısı beton numunelerin eğilme dayanımı değerlerinde basınç dayanımına göre daha olumlu sonuçlar vermiştir. %5 PTA içeren numuneler kontrol numunesinden daha yüksek, %10 PTA içeren numuneler ise kontrol numunesine oldukça yakın basınç dayanımı değeri vermişlerdir. %15 PTA içeren numuneler ise kontrol numunesinin %84'ü kadar bir eğilme dayanımı değerine sahiptirler. Eğilme dayanımındaki bu iyileşmenin iri agregaya göre çok daha düşük yoğunluğa sahip PTA'nın çimento hamuru içerisinde daha iyi yayılarak çekme çatlaklarının oluşumunun geciktirilmesi ve böylece eğilmede çekme dayanımını artırması olduğu düşünülmektedir. Diğer yandan YFC ve SD gibi mineral katkıların kullanımı PTA'lı numunelerin eğilme dayanımında yüksek miktarda artışlara sebep olmuştur. Bu malzemelerin puzolanik aktivitelerinden dolayı artan bağlayıcı hamur hacmi ve artan aderans yüzeyi miktarının bu artışlara sebep olduğu söylenebilir.
- Yarmada çekme dayanımı test bulguları hemen hemen eğilmede çekme dayanımı ile paraleldir. Yarmada çekme dayanımı sonuçları incelendiğinde %5 ve %10 PTA içeren numunelerin şahit numuneye oldukça yakın bir çekme dayanımına sahip olduğu görülmektedir. Öte yandan eğilme dayanımı testine paralel olarak PTA'lı numunelerin yarmada çekme dayanımları YFC ve SD katkısı ile artmıştır. Her iki

testin sonuçları birlikte değerlendirildiğinde %10'a kadar PTA katkısının betonun çekme dayanımında düşmeye neden olmadığı, %10 YFC katkısı ile birlikte bu miktarın %15'e kadar çıkabileceği düşünülmektedir.

- PTA kullanımı test çekici sonuçlarında düşmeye neden olmuştur. Bunun sebebi PTA'nın yumuşak olmasıdır. PTA'nın yüzey sertliğini düşürmesinden dolayı test çekici değerleri de düşmüştür. Buna rağmen %5 ve %10 PTA içeren numuneler kontrol numunesinin sırasıyla %90 ve % 82'si civarında test çekici değeri vermiştir. Test çekici sonuçları genel olarak bütün serilerde birbirlerine yakındır. Bunun sebebi test çekicinin yüzeyden 3 cm mesafeye kadar ölçüm yapabilmesi yani yüzey sertliğini ölçmesidir.
- Ultrasonik ses hızı sonuçları incelendiğinde test edilen numunelerin tamamı Whitehurst (1995) tarafından verilen sınıflandırmaya göre 'çok iyi' kategorisinde değerlendirilmektedir. Tüm serilerde PTA katkısının artması ile birlikte ultra ses hızlarında düşme olmaktadır. Bu durumun poliüretan esaslı PTA'nın sesin bir miktarını yutarak yavaşlatmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.
- PTA katkısı beklenildiği gibi beton numuneler tarafından yutulan enerji miktarını artırmıştır. Test sonuçları PTA'nın iri agregaya ile yer değiştirmesiyle üretilen betonların beton oto korkuluklar gibi çarpmaya ve darbeye maruz betonlarda kullanılabilmesini göstermiştir.
- Sert ve yüksek aşınma direncine sahip iri agreganın bir kısmı yerine yumuşak PTA'nın kullanılması aşınma dayanımında bir miktar düşüşe neden olmaktadır. Bununla birlikte düşey diskli aşınma deneyi sonucunda elde edilen oyuk genişliği sonuçları incelendiğinde PTA içeren numunelerin aşınma miktarını çok fazla arttırmadığı görülmektedir. YFC ve SD kullanımı ise aşınma miktarında az miktarda iyileşmeye sebep olmuştur.
- PTA'nın su emme oranı yerine konduğu iri agregaya göre oldukça yüksektir. Bu durum PTA içeren betonların kontrol numunesine göre daha yüksek miktarda su emmesine sebep olmuştur. Ancak YFC ve SD kullanımı Bu malzemelerin puzolanik aktiviteleri sebebiyle dışa açık boşluk miktarını azaltmalarından dolayı boşluk yapısını iyileştirerek su emme oranlarının azalmasını sağlamıştır.
- Beton karışımlarında PTA katkısının artması kapilarite katsayısında ve dolayısı ile kılcal su emme miktarında bir miktar artışa neden olmuştur.
- PTA kullanımı ile birlikte beton numunelerin basınçlı su geçirgenlikleri artmıştır.

- Artan PTA katkısı betonun dinamik elastisite modülü değerlerinde düşmeye neden olmuştur. Bu sonuçlar PTA kullanımı ile birlikte betonun rijitliğinin azaldığını, sünekliğinin arttığını göstermektedir. Bu sonuçlar enerji yutma kapasitesi test sonuçları ile de uyumludur.

5.2. Öneriler

- Genel olarak tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde %10, %15 civarında bir PTA katkısının beton üretiminde kullanılabileceği ve bu şekilde dizayn edilen betonların kilit parke taşları, beton bordürler, beton oto korkulukları, hafif beton ve yapısal hafif beton üretiminde kullanılabileceği düşünülmektedir. Böylece sadece bir fabrikadan yıllık 70 ton civarında ortaya çıkan bu malzeme atıl olmaktan çıkarılarak ekonomiye kazandırılabilir ve aynı zamanda çevre korunmasına katkıda bulunabilecektir.
- YFC içeren M serisi ve SD içeren L serisine ait sonuçlar sadece PTA içeren K serisi ile birlikte değerlendirildiğinde bu tip puzolanik katkıların PTA'lı betonların mekanik davranışında ve boşluk yapısında olumlu yönde etkisinin olabileceği görülmektedir.
- Uçucu külün de dahil edildiği, YFC ve SD'nin daha farklı, daha yüksek oranlarda kullanıldığı ve numunelerin 28 günden daha ileri yaşlardaki testlerinin yapıldığı bir çalışma planlanabilir.
- Bu çalışmada su/bağlayıcı oranı 0,4 olan, bağlayıcı dozajı 450 kg/m^3 olarak sabit tutulmuştur.
- Farklı su/bağlayıcı oranları ve bağlayıcı dozajları içeren karışımların üretildiği yeni bir çalışma yapılabilir.

KAYNAKLAR

ACI 116R Cement and Concrete Terminology.

Akgün, H. (2008). Poliüretan-karbon fiber kompozitlerin hazırlanması ve karakterizasyonu, Yüksek lisans tezi, Haziran 2008.

Akhras, N. M. and Smadi, M. M. (2004). Properties of tire rubber ash mortar, Cement and Concrete Composites, 36(9), 1727-1734.
Annual Books of ASTM Standards.

Aruntaş, H. Y. (1996). Diatomitlerin Çimentolu Sistemlerde Puzolanik Malzeme Olarak Kullanabilirliği. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 1-55.

ASTM C 39, (1994). Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. Annual Books of ASTM Standards.

ASTM C 642, (2013). Standard test method for density, absorption and voids in hardened concrete. ASTM International, West Conshohocken, PA.

ASTM C 215, (1994). Standard Method for Fundamental Transverse, Longitudinal, and Torsional Frequencies of Concrete Specimens, Annual Book of ASTM Standards.

ASTM C 496, (2004). Standard test method for splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens. Annual Books of ASTM Standards.

ASTM C 597-02, (1994). Standard test method for pulse velocity through concrete.

ASTM C 618. (1994). Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete. Annual Book of ASTM Standards.

Atahan, A.O., Sevim, U.K., (2008) Testing and Comparison of Concrete Barriers Containing Shredded Waste Tire Chips, Materials Letters 62, 3754-3757.

Beycioğlu, A., Doğan D., Çakır C., Başyigit C., Subaşı S. (2010). Silis Dumanının Beton Teknolojilerinde Kullanımı, MYO-OS 2010- Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu.

Binici H. (2002). PÇ-GYFC-Pomza Üçlü Karışımlarının Özellikleri. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, 2002.

Chen, J., Ma, X., Wang, H., Xie, P, Huang, W. (2018). Experimental study on anti-icing and deicing performance of polyurethane concrete as road surface layer, Construction and Building Materials 161, 598–605.

- Corinaldesi, V., Mazzoli, A., Moriconi, G. (2011). Mechanical behaviour and thermal conductivity of mortars containing waste rubber particles, *Materials and Design* 32, 1646–1650.
- Dulsang, N., Kasemsiri P., Posi, P., Hizirođlu, S., Chindapasirt, P. (2016). Characterization of an environment friendly lightweight concrete containing ethyl vinyl acetate waste, *Materials and Design* 96, 350–356.
Enstitüsü, Ankara.
- TS 706 EN 12620, (2009). Beton agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Erdoğan, T.Y., (2003). Beton. ODTÜ Geliştirme Vakfı ve Yayıncılık A.Ş. Ankara.
- Gesođlu, M., Güneyisi, E., Khoshnaw, G., Ipek, S. (2014). Construction and Investigating properties of pervious concretes containing waste tire Rubbers *Building Materials* 63, 206–213.
- Ghizdaveđ, Z., Ştefan, B. M., Nastac, D., Vasile, O, Bratu, M. (2016). Sound absorbing materials made by embedding crumb rubber waste in a concrete matrix *Construction and Building Materials* 124, 755–763.
- Girskas, G. and Nagrockiene, D.(2017). Crushed rubber waste impact of concrete basic properties, *Constructin and Building Materials* 140, 36–42.
- Gu, L. ve Özbakkaloğlu, T. (2016). Use of recycled plastics in concrete: A critical review. *Waste Management* 51, 19–42.
- Gupta, T., Chaudhary, S., Sharma, R. K. (2016). Mechanical and durability properties of waste rubber fiber concrete with and without silica fume, *Journal of Cleaner Production* 112, 702-711.
- Gündeşli, U. (2008). Uçucu Kül, Silis Dumanı ve Yüksek Fırın Cürufunun Beton ve Çimento Katkısı Olarak Kullanımı Üzerine Bir Kaynak Taraması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Han, Z., Xiong, Z. (2002). Adding Crumb Rubber Into Exterior Wall Materials, *Waste Manege Res.*, 20, 407-413.
- Harith, I. K. (2018). Study on polyurethane foamed concrete for use in structural applications *Case Studies in Construction Materials* 8, 79–86.
- Hernandez-Olivares, F. and Barluenga, G., (2004). Fire Performance of recycled rubber-filled high-strength concrete, *Cement and Concrete Research*, 34, 109-117.
- Hwang, C.L. and Lin, C.Y. (1986). Strength development of blended blast furnace slag cement mortars. *Proceedings of the 2nd International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete*, Madrid, Spain, 2., American Concrete Institute, Detroit, MI, USA, 1986, 1323-1340.

- Koca, C. (1996). Yüksek Performanslı Beton Üretiminde Mikrosilis, Curuf, Klinker Karışımı Çimento Kullanımı. 4. Ulusal Beton Kongresi Beton Teknolojisinde Mineral ve Kimyasal Katkılar Bildiri Kitabı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul, 381-394.
- Lachemi, M., Özbay, E., Sevim, U.K., (2010). Compressive Strength, Abrasion Resistance And Energy Absorbtion Capacity of Rubberized Concretes With and Without Slag, *Material and Structures* 44, 1297-1307.
- Lamba, N.M.K., Woodhouse, K.A. and Cooper, S.L., (1998). *Polyurethanes in Biomedical Applications*, CRC, New York.
- Lewis, R., Sear, L., Wainwright, P. and Ryle, R. (2003). *Cementitious Additions, Advanced Concrete Technology Set, V.3*, Butterworth & Heinemann.
- Majora, M., Kulińskib, K., Majora, I. (2017). Structural and Physical Aspects of Construction Engineering Thermal and Dynamic Numerical Analysis of a Prefabricated Wall Construction Composite Element Made of Concrete-polyurethane, *Procedia Engineering* 190, 231 – 236.
- Malhotra, v.m. (1997). *Mineral Admixtures. Concrete Construction Engineering Handbook*, Nawy Edward G. CRC Press, New York, 27-36.
- Massazza, F. (1997). Pozzolans and durability of concrete. 1. International Symposium on Mineral Admixtures in Cement. İstanbul, 1-22.
- Mehta, P.K. (2006) and Monteiro, P.J.M., *Concrete Microstructure, Properties, and Materials*, 3rd Ed., McGraw Hill.
- Öner, M. (2001). Yüksek Fırın Cürüflarının Çimento Üretiminde Kullanımında Öğütmeyle ilgili Parametrelerin Etkilerinin Belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, Ankara, 23, 61–69.
- Palomo, A., Fuente, J.I. (2003a). Alkali-activated cementitious materials: alternative matrices for the immobilisation of hazardous wastes: part 1. stabilisation of boron. *Cement and Concrete Research*, 33, 281- 288.
- Piotr, K. (2006). Synthesis methods, chemical structures and phase structures of linear polyurethanes. Properties and application of linear polyurethanes in polyurethanes elastomers, copolymers and ionomers, 919-928, *Progress in Materials Science*, 52, 915-1015.
- Poon, C.S., Lam, L., Kou, S.C., Lin, Z.S. (1999). A study on the hydration rate of natural zeolite blended cement pastes. *Cement and Concrete Research*, 13, 427-432.
- Rad, F. (1992). *Rubberized Concrete, New Horizons in Construction Materials*, Envo Publishing Company, 1, 287-292.

- Silva, F. M., Barbosa, L. A. G., Lintz, R. C. C., Jacintho, A. E. (2015). Investigation on the properties of concrete tactile paving blocks made with recycled tire rubber
Construction and Building Materials, 91, 71–79.
- Sofi A. (2017). Effect of waste tyre rubber on mechanical and durability properties of concrete – A review, Ain Shams Engineering Journal, Article in Press.
- Song, M., Xia, H.S., Yao, K.J. and Hourstan, D.J. (2005). A study on phase morphology and surface properties of polyurethane/organoclay nanocomposite, European Polymer Journal, 41, 259-266.
- Soroka, I. (1993). Concrete in Hot Environments. National Building Research Institute, Faculty of Civil Engineering, Technion-Israel Institute of Technology, 247
- Taşdemir, C. (2003). Combined Effect of Mineral Admixtures and Curing Conditions on The Sorptivity Coefficient of Concrete, Cement and Concrete Research 2327, 1-6.
- Thomas, B. S. and Gupta, R. C. (2016). Properties of high strength concrete containing scrap tire rubber, Journal of Cleaner Production, 113, 86-92.
- Thomas, B. S., Kumar, S., Mehra, P., Gupta, R. C., Joseph, M., Csetenyi, L. J. (2016). Abrasion resistance of sustainable green concrete containing waste tire rubber particles, Construction and Building Materials, 124, 906–909.
- Tokyay, M. (2014) Betonda UK, GYFC ve SD'nin Rolü: Mevcut Bilgi Birikimi Hazır Beton, Ocak-Şubat 2014, 64-84.
- Topçu, İ. B. (1995). The Properties of Rubberized Concretes, Cement and Concrete Research, 25, 304-310.
- Topçu, İ. B. ve Avcılar, N. (1997a). Analysis of Rubberized Concrete as a Composite Material, Cement and Concrete Research, 27, 1135-1139.
- Topçu, İ. B. ve Avcılar, N., (1997b). Collision Behaviors of Rubberized Concrete, Cement and Concrete Research, 27, 1893-1898.
- Topçu, İ. B. ve Toprak, M. U. (2009). Lastik Küllü Harçların Özellikleri Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 11, 1.
- Topçu, İ. B., Sarıdemir, M., Nohutçu, H. (2007). Lastikli beton özelliklerinin yapay sinir ağları ve bulanık mantıkla Belirlenmesi Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, 2, 1.
- TS 2824 EN 1338, (2005). Zemin döşemesi için beton kaplama blokları - gerekli şartlar, Enstitüsü, Ankara
- TS-EN 12390-8, (2002). Basınç altında su işleme derinliğinin tayini. Türk Standartları ve deney metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Whitehurst, E.A., (1951). Soniscope Test Concrete Structures Journal of American Concrete Institute, Proceeding, 47, 443-444.

Yeşilata, B. ve Turgut, P., (2005) Atık Lastik Katılmış Harçların Isı Yalıtım Özelliği Politeknik Dergisi Journal of Polytechnic, 8(2), 173-177.

Youssf, O., Hassanli, R., Mills, J. E. (2017). Mechanical performance of FRP- confined and unconfined crumb rubber concrete containing high rubber content, Journal of Building Engineering, 11, 115–126.

Youssf, O., Mills, J. E., Hassanli, R. (2016). Assessment of the mechanical performance of crumb rubber concrete, Construction and Building Materials, 125, 175–183.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı :ATASEVER, Meltem
 Uyuđu :T.C.
 Doğum tarihi ve yeri :05.04.1992, Osmaniye
 Medeni hali :Bekar
 Telefon :-
 Faks :-
 e-mail :atasevermeltem@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Doktora	-	-
Yüksek lisans	İskenderun Teknik Üniversitesi/ İnşaat Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	İskenderun Teknik Üniversitesi/ İnşaat Mühendisliği	2015
Lise	Adnan Ođuz Anadolu Lisesi	2010

İş Deneyimi

-

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

M. Balçıklanlı, M. Atasever, E.Özbay; uçucu kül, cüruf ve silis dumanı malzemelerinin tekli, ikili ve üçlü karışımları ile çimentosuz beton üretimi ve özelliklerinin belirlenmesi; 1st international mediterranean science and engineering congress (1msec 2016)

DİZİN

A

Agrega · 1, 2, 4, 11, 14, 15, 17, 18, 19, 22, 39, 41, 48, 58, 62, 63, 66, 67
 Alkan · 1, 2
 Aşınma · 1, 7, 11, 12, 13, 31, 32, 58, 59, 60, 69
 Atık · 1, 2, 3, 11, 13, 14, 15, 16, 29, 68
 Ayakkabı · 1, 2, 3, 14, 68

B

Basınç · 1, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 23, 24, 26, 27, 28, 37, 41, 42, 43, 46, 66
 Beton · 1, 8, 9, 19, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 40, 41, 50, 54, 62, 68,

C

CEMI · 17, 37

Ç

Çekme · 1, 11, 24, 25, 42, 46, 47, 65
 Çimento · 1, 6, 8, 10, 14, 16, 18, 62, 65

D

Dinamik · 1, 12, 16, 37, 63, 68

E

Elastisite · 1, 15, 16, 37, 63, 68
 Eğilme · 1, 11, 12, 13, 14, 15, 23, 24, 43, 44, 45, 48, 66
 Enerji · 1, 12, 28, 53, 55, 67, 68

F

Fabrika · 1, 2, 3, 67

G

Geri · 12, 24, 27, 53

H

Hafif · 13, 15, 39, 66, 68

Hamur · 45, 66

İ

İkame · 1, 11, 14, 16, 19

K

Kapilarite · 1, 34, 36, 60, 67
 Kırılma · 12
 Kiriş · 23, 43

L

Lastik · 11, 12, 13, 14, 15, 16, 36

N

Numune · 24, 25, 27, 30, 33, 35, 38, 47, 48

Ö

öğütülmüş · 7, 14, 28

P

Poliüretan · 1, 2, 3, 12, 14, 16, 53, 67
 PTA · 1, 2, 4, 5, 17, 18, 19, 20, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 48, 50, 53, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68
 Puzolan · 8, 53

R

Rijit · 7, 63, 64

S

Silis · 1, 9, 19, 69, 70
 Sonik · 63
 Sünek · 15, 63

Ş

Şahit · 45, 48, 66

T

Taban · 1, 2, 19, 21
 Tokluk · 13, 64, 65

U

Ultrasonik · 1, 14, 27, 24, 51, 52

Y

Yarmada · 1, 24, 25, 46, 47, 48, 66
 Yutma · 1, 12, 28, 29, 53, 55, 68



TEKNOVERSİTE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

