



**ÇİMENTOLU VE POLYESTER REÇİNELİ KOMPOZİT BETONLARIN
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

İbrahim Halil TİRYAKİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

AĞUSTOS 2022

İbrahim Halil TİRYAKİ tarafından hazırlanan “ÇİMENTOLU VE POLYESTER REÇİNELİ KOMPOZİT BETONLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Ali DOĞAN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

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

.....
.....
...

Başkan: Unvanı Adı SOYADI

Anabilim Dalı, Üniversite Adı (Örnek: Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi)

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

.....
.....
...

Üye: Unvanı Adı SOYADI

Anabilim Dalı, Üniversite Adı (Örnek: Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi)

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

.....
.....
...

Üye: Unvanı Adı SOYADI

Anabilim Dalı, Üniversite Adı (Örnek: Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi)

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

.....
.....
...

Tez Savunma Tarihi: 31/08/2022

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

.....

Doç. Dr. Ersin BAHÇECİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

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 görüntülediğinde 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,
- bildirim, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

İbrahim Halil TIRYAKI

31/08/2022

ÇİMENTOLU VE POLYESTER REÇİNELİ KOMPOZİT BETONLARIN MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

İbrahim Halil TIRYAKI

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Ağustos 2022

ÖZET

Bu tez kapsamında, çimentolu betonların zayıf eğilme dayanımı gibi negatif özelliklerini iyileştirmek hedeflenmektedir. Bu amaç doğrultusunda, basınç ve eğilme gibi mekanik özellikleri daha iyi olan, polyester reçine kullanılarak polimer beton ve polyester kaplı çimentolu beton numuneler üretilmiştir. Polimer beton ve çimentolu beton üretilirken dört farklı agrega karışım yüzdesinde ve yedi farklı agrega granülometrisi kullanılarak 4x4x16 cm ebatlarında numuneler üretilmiştir. Çimentolu betonların mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla çimentolu beton numuneleri polyester ile kaplanmıştır. Polyester kaplı çimentolu beton numuneleri, 4 farklı agrega karışım yüzdesinde 7 farklı agrega granülometrisi kullanılarak 2x2x14 cm ve 3x3x15 cm ebatlarındaki çimentolu beton numuneler üretilmiştir. Üretilen çimentolu beton numunelerinin üzerleri 1,0 cm ve 0,5 cm kalınlıklarında polyester reçine ile kaplanarak polyester kaplı çimentolu beton üretimi tamamlanmıştır. Polimer numuneler 35 gün oda sıcaklığında, çimentolu beton numuneleri ise 35 gün kür havuzunda kürlenmeye bırakılmıştır. Üretilen polimer beton, polyester kaplı çimentolu beton ve çimentolu beton numunelerine ultrases geçiş hızı, eğilme ve basınç deneyi testleri uygulanmıştır. Polimer beton, çimentolu beton ve polyester kaplı çimentolu beton numunelerinin mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu elde edilen veriler tablolar ve grafikler şeklinde sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler : Polyester kaplamalı beton, Çimentolu beton, Polimer beton

Sayfa Adedi : 65

Danışman : Doç. Dr. Ali DOĞAN

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENT
AND POLYESTER RESIN COMPOSITE CONCRETE
(M. Sc. Thesis)

İbrahim Halil TIRYAKI

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

August 2022

ABSTRACT

In this thesis, it is aimed to improve the negative properties of cementitious concrete such as weak flexural strength. For this purpose, polymer concrete and polyester-coated cementitious concrete samples were produced by using polyester resin, which has better mechanical properties such as compression and bending. While producing polymer concrete and cementitious concrete, samples of 4x4x16 cm dimensions were produced using 4 different aggregate mixture percentages and 7 different aggregate granulometry. In order to improve the mechanical properties of cementitious concrete, cementitious concrete samples were coated with polyester. Cemented concrete samples of 2x2x14 cm and 3x3x15 cm dimensions were produced by using polyester coated cementitious concrete samples and 7 different aggregate granulometry at 4 different aggregate mixture percentages. The production of polyester-coated cementitious concrete was completed by coating the produced cementitious concrete samples with polyester resin in 1.0 cm and 0.5 cm thicknesses. Polymer samples were left to cure at room temperature for 35 days, and cement concrete samples were left to cure in a curing pool for 35 days. Ultrasound transition velocity, bending and compression tests were applied to the produced polymer concrete, polyester coated cementitious concrete and cementitious concrete samples. The mechanical properties of polymer concrete, cementitious concrete and polyester coated cementitious concrete samples were compared. The data obtained as a result of the comparison are presented in the form of tables and graphs.

Key Words : Polyester coated concrete, Cementitious concrete, Polymer concrete
Page Number : 65
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ali DOĞAN

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans tezım süresince maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen Doç. Dr. Ali DOĞAN'a Őükranlarımı ve saygılarımı sunarım

Yaşamım boyunca desteğini benden eksik etmeyen ve hep benimle olan ailemin her ferdine özellikle annem Nurten TİRYAKİ'ye sevgilerimi ve Őükranlarımı sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. METOT VE MATERYAL.....	9
3.1. Kullanılan Materyaller.....	9
3.1.1. Çimento	9
3.1.2. Karışım suyu.....	9
3.1.3. Agrega	9
3.1.4 Polyester reçine	12
3.2. Numune Üretim Aşamaları	14
3.2.1. Karışım hesabı	14
3.2.2. Numunelere ait serilerin sınıflandırılması	15
3.2.3. Numunelerin üretimi	16
3.3. Deneyler.....	21
3.3.1. Hasarsız deneyler	21
3.3.2. Hasarlı deneyler	22
4. TARTIŞMA VE BULGULAR	25

4.1. Bulgular	25
4.1.1. Beton birim hacim ağırlığı.....	25
4.1.2. Polimer beton birim hacim ağırlığı	25
4.1.3. Ultrases geçiş hızı	26
4.1.4. Dinamik elastisite modülü	30
4.1.5 Statik elastisite modülü	32
4.1.6. Basınç dayanımı.....	34
4.1.7. Eğilme dayanımı	37
4.2. Tartışma	40
4.2.1. Birim hacim incelenmesi	40
4.2.2. Ultrases geçiş hızının irdelenmesi.....	42
4.2.3. Dinamik elastisite modülü değerlerinin irdelenmesi	47
4.2.4. Statik elastisite modülü değerlerinin irdelenmesi	48
4.2.5. Basınç dayanım değerlerinin irdelenmesi	49
4.2.6. Eğilme dayanım değerlerinin irdelenmesi.....	53
5.SONUÇ	58
KAYNAKLAR	60

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. 7 Farklı granülometri için eleğin altına geçen agregaların yüzdelik miktarı.....	11
Çizelge 3.2. Polyester reçinenin sahip olduğu teknik özellikler[35]	13
Çizelge 3.3. Çimentolu beton, polimer beton ve polyester kaplamalı çimentolu beton sınıflandırması	15
Çizelge 3.4. Çimentolu beton, polimer beton ve polyester kaplı çimentolu beton karışım çeşitleri	16
Çizelge 4.1. Taze ve sertleşmiş çimentolu beton numunelerin 1 m ³ 'deki ağırlıkları(kg)	25
Çizelge 4.2. Ultrases geçiş hızı ile beton kalitesi karşılaştırması	43

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. 7 Farklı agrega granülometri eğrisi	11
Şekil 4.1. 1 m ³ 'deki sertleşmiş polimer beton ağırlığı(kg) karşılaştırması	26 28
Şekil 4.2. Çimentolu beton numunelerinin ultrases geçiş hızı (m/s) karşılaştırması	28 28
Şekil 4.3. Polimer beton numunelerinin ultrases geçiş hızı (m/s) karşılaştırma.....	28
Şekil 4.4. Agregasız polimer beton numunelerinin kür süresine göre ultrases geçiş hızı (m/s) karşılaştırması	29
Şekil 4.5. 0.5 cm Polyester kaplı çimentolu beton numunelerinin ultrases geçiş hızı (m/s) karşılaştırması	29
Şekil 4.6. 1.0 cm Polyester kaplı çimentolu beton numunelerinin ultrases geçiş hızı (m/s) karşılaştırması	30
Şekil 4.7. Çimentolu beton numunelerinin dinamik elastisite modülü (MPa) karşılaştırması	31
Şekil 4.8. Polimer beton numunelerinin dinamik elastisite modülü (MPa) karşılaştırması	32
Şekil 4.9. Çimentolu beton numunelerinin statik elastisite modülü (MPa) karşılaştırması	33
Şekil 4.10. Polimer beton numunelerinin statik elastisite modülü (MPa) karşılaştırması	33
Şekil 4.11. Çimentolu beton eğilme numunelerinin basınç dayanımı (MPa) karşılaştırması	34
Şekil 4.12. Polimer beton eğilme numunelerinin basınç dayanımı (MPa) karşılaştırması	35
Şekil 4.13. Agregasız polimer beton eğilme numunelerinin kür süresine göre basınç dayanımı (MPa) karşılaştırması	35
Şekil 4.14. 0.5 cm Polyester kaplı çimentolu beton eğilme numunelerinin basınç dayanımı (MPa) karşılaştırması	36
Şekil 4.15. 1.0 cm Polyester kaplı çimentolu beton eğilme numunelerinin basınç dayanımı (MPa) karşılaştırması	36

Şekil 4.16. Çimentolu beton numunelerinin eğilme dayanımı (MPa) karşılaştırması	37
Şekil 4.17. Polimer beton numunelerinin basınç dayanımı (MPa) karşılaştırması	38
Şekil 4.18. Agregasız polimer beton numunelerinin kür süresine göre eğilme dayanımı (MPa) karşılaştırması	38
Şekil 4.19. 0.5 cm Polyester kaplı çimentolu beton numunelerinin eğilme dayanımı (MPa) karşılaştırması	39
Şekil 4.20. 1.0 cm Polyester kaplı çimentolu beton numunelerinin eğilme dayanımı (MPa) karşılaştırması	39
Şekil 4.21. Çimentolu beton ve polimer beton numunelerinin yoğunluk (kg/m^3) karşılaştırması.....	40
Şekil 4.22. Çimentolu beton numunelerinin taze, sert ve etüv sonrası yoğunluk (kg/m^3) karşılaştırması.....	41
Şekil 4.23. Çimentolu beton ve polimer beton numunelerinin ultrases geçiş hızı (km/sn) karşılaştırması	43
Şekil 4.24. Çimentolu beton ve polimer beton numunelerinin ultrases geçiş hızı (m/s) karşılaştırması	45
Şekil 4.25. 1.0 cm ve 0.5 cm polyester kaplı çimentolu beton, çimentolu beton ve polimer beton numunelerinin ultrases geçiş hızı (m/s) karşılaştırması.....	46
Şekil 4.26. Çimentolu beton ve polimer beton numunelerinin dinamik elastisite modülü (MPa) karşılaştırması	47
Şekil 4.27. Çimentolu beton ve polimer beton numunelerinin statik elastisite modülü (MPa) karşılaştırması	48
Şekil 4.28. Çimentolu beton ve polimer beton eğilme numunelerinin basınç dayanımı (MPa) karşılaştırması	49
Şekil 4.29. Agregasız polimer beton eğilme numunelerinin kür süresine göre basınç dayanımı (MPa) karşılaştırması.....	51
Şekil 4.30. 1.0 cm ve 0.5 cm polyester kaplı beton, çimentolu beton ve polimer beton eğilme numunelerinin basınç dayanımı (MPa) karşılaştırması.....	52
Şekil 4.31. Çimentolu beton ve polimer beton numunelerinin eğilme dayanımı (MPa) karşılaştırması	53
Şekil 4.32. Agregasız polimer beton numunelerinin kür süresine göre eğilme dayanımı (MPa) karşılaştırması	55

Şekil 4.33. 1.0 cm ve 0.5 cm polyester kaplı çimentolu beton, çimentolu beton ve polimer beton numunelerinin eğilme dayanımı (MPa) karşılaştırması..... 56



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. 0,25 ile 0,8 mm'lik eleklerden geçen agregaların sınıflandırılması.	10
Resim 3.2. 7 Farklı granülometriye göre sınıflandırılmış agregalar	12
Resim 3.3. Kırmataşların nemini alması için kullanılan etüv.....	12
Resim 3.4. Polyester reçinin fotoğrafı.....	13
Resim 3.5. Çimentolu beton harcının malla yardımı ile karılması.	17
Resim 3.6. Demir harç numunelerindeki çimentolu betonlar.	17
Resim 3.7. Çimento hamuru numuneleri.	18
Resim 3.8. 7 farklı granülometri ve 4 farklı agrega ağırlık yüzdesine sahip çimentolu beton numuneleri.....	19
Resim 3.9. Agregasız polimer beton numunesi	20
Resim 3.10. 7 farklı granülometri ve 4 farklı agrega ağırlık yüzdesine sahip polimer beton numuneleri	20
Resim 3.11. 1.0 ve 0.5 cm polyester kaplı çimentolu beton numuneleri	21
Resim 3.12. Test düzeneğinin şematik gösterimi	23
Resim 3.13. Besmak marka harç numune presi fotoğrafı	24
Resim 3.14. Polimer betonun eğilme deneyi esnasındaki fotoğrafı ve basınç deneyi düzeneği.....	24
Resim 3.15. Çimento hamurunun ultrases geçiş hızı deneyi esnasındaki fotoğrafı	27

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklamalar

A	Basınç alanı
σ basınç	Basınç dayanımı
N	Betonun birim hacim ağırlığı
E_d	Dinamik elastisite modülü
σ eğilme	Eğilme dayanımı
T	Geçiş süresi
GPa	Gigapaskal
P	Kırılmadaki yük
MPa	Megapaskal
L	Mesnetler arasındaki mesafe
l	Ölçü boyu
°C	Sıcaklık
E_s	Statik elastisite modülü
V	Ultrases geçiş hızı
g	Yer çelimi ivmesi
q	Yoğunluk

Kısaltmalar

Açıklamalar

Ç	Çimento
C	Çimentolu beton
G	Granülometri
K	Kırmataş
P	Polimer beton
S	Çimentolu beton
TS	Türk standartları

1. GİRİŞ

Çimentolu beton kum, çimento, su, çakıl ve gerek duyulduğu takdirde katkı maddelerinin belirli oranlarda karıştırılması ile ortaya çıkan ilk olarak plastik kıvamda iken karışımda gerçekleşen hidrasyon sonucu sertleşerek mukavemet kazanan yapı malzemesidir [1].

Çimentolu betonun içeriğinde minerallerden oluşan agregalar mevcuttur. Çakıl, kırmataş ve kum agrega çeşitli olarak en çok tercih edilen türleridir. Çimento ve su birbiri ile karıştırılması sonucu ortaya çıkan malzemeye “çimento hamuru” denir. Çimentolu betonda agregalar, Türk standartlarında belirtilen 4,0 mm’lik elek üstünde kalan “iri agrega”, altında kalan “ince agrega” olmak üzere ikiye ayrılır. Çimento hamuru bağlayıcı özelliğe sahiptir. Bu özelliği ile agregaların arasındaki boşluğu doldurarak agregaları bir arada tutar. Bu durum göz önüne tutulduğunda betona kompozit bir malzeme denilebilir [2].

Çimentolu beton yüksek basınç dayanımı, düşük maliyet ve kolay ulaşılabilirliği gibi çeşitli avantajları yanında düşük eğilme dayanımı üretim sırasında yaşanan güçlükler gibi de dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle polimer beton gibi çimentolu betona alternatif yeni yapı malzemeleri üretme ihtiyacı hâsıl olmuştur.

1. Dünya Savaşı’nda çeşitli sıkıntılar nedeni ile tezgâh imalatında metal malzemesinin ikamesi olarak çimentolu beton tercih edilmeye çalışılmıştır. Çimento betonun sıcaklık dayanımı iyi olmasına karşın ağır olması, geçirimli olması ve eğilme dayanımının düşük olması sebebi ile polimer beton ile tezgâh üretilmeye çalışılmıştır[3, 4, 5].

Ülkemiz, Avrupa ülkelerine oranla polyester malzeme üretiminde ön saflarda yer almaktadır. Hermann Staudinger’in 1920’li yıllarında öne sürdüğü makro moleküllerin varlığını öne sürmesinden bu yana dayanıklı, ekonomik ve hafifliği ile günümüzde vaz geçilmez bir hal almıştır [6,7]. Yapı malzemesi olarak kullanımı yaygın olan polimerlerin %30’u inşaat mühendisliği ve yapı endüstrilerinde kullanılmaktadır [7].

Polimer yüksek, yüksek dayanım, hafif olması, kolay işlenebilirliği ve korozyona karşı dayanımı gibi özellikleri nedeni ile pek çok sektörde kullanılan bir malzemedir. Betonun ise ağır olması, düşük eğilme direncine sahip olması gibi dezavantajları mevcuttur. Bu durum

göz önüne alındığında polimer ile çimentolu betonun kullanımı ya da yerine ikame olarak kullanımını incelemek amacı ile bu çalışma yapılmıştır.

Çimentolu betonların, düşük geçirimsizlik ve zayıf eğilme direnci gibi olumsuz özellikleri göz önüne alındığında agregaları bağlamak amacıyla kullanılan çimento hamuru yerine polyester kullanımının nasıl sonuçlarının olduğu merak konusudur. Bu bağlamda, daha dayanımlı ve kolay üretilebilen polimer betonların, çimentolu beton yerine ikamesini incelemek ve çimentolu betonların üzerlerinin polyester reçine ile kaplanması sonucunda çimentolu betonda meydana gelen mekanik davranışın nasıl olacağını tespiti amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda tez çalışmasında;

- Ağırlıkça farklı agrega oranlarına sahip çimento bağlayıcı harç numuneleri ile ağırlıkça farklı agrega oranlara sahip polimer bağlayıcı harç numunelerinin basınç ve eğilme dayanımlarının belirlenmesi,
- Farklı boyutlardaki, ağırlıkça farklı agrega oranlara sahip çimento bağlayıcı harç numunelerinin 0,5 cm ile 1,0 cm kalınlığında polyester kaplanmasıyla elde edilen numunelerin mekanik özelliklerinin tespiti hedeflenmiştir.

Tez çalışmasının içeriğinde yapılan deneyler için kullanılan kırma taşlar herhangi bir işlem uygulanmadan elenmiş ve Tava-8,0 mm elek arası kullanılmak üzere çeşitli granülometrilere ayrılmıştır. Deneylerde; agrega ağırlıkça %55, 65, 75 ve 85 oranlarında kullanılmıştır. Çimentolu beton için CEM I 42,5 R Portland çimentosu tercih edilmiştir. Karışımda, çimento/su miktarı 0,5 seçilmiştir. Çalışma doğrultusunda kür havuzunda bekletilen çimentolu beton numuneleri çeşitli hasarsız ve hasarlı deneylere tabi tutulmuştur. Taze beton birim hacim ağırlık deneyleri yapılmıştır. 35 günlük sertleşmiş çimentolu beton numunelerinin birim hacim ağırlık, eğilme dayanımı, basınç dayanımı ve ultrases geçiş hızı tespit edilmiştir. Ağırlıkça farklı agrega oranlarına ve farklı granülometriye sahip çimentolu beton, polimer beton, 1,0 cm ve 0,5 cm polyester kaplı beton numuneler üretilmiştir, Bu numuneler hasarlı ve hasarsız deneyler için birer set (3 adet 4-4-16 cm'lik) olmak üzere üretilmiştir. Çimentolu beton numuneler 35 gün boyunca kür havuzunda kaldıktan sonra suya doygün yüzeyi kuru halde hasarlı ve hasarsız deneylere maruz bırakılmışlardır. Polimer betonlarda ve polyester kaplı beton numunelerde ise polimer dökümü ve polyesterle kaplama işlemi sonrasında 35 gün oda sıcaklığında küre bırakılmışlardır. Polimer betonlar ve

polyester kaplı beton numunelerde daha sonra hasarlı ve hasarsız deneylere maruz bırakılmışlardır. Ayrıca elde edilen veriler kullanılarak çimentolu beton ve polimer beton karışımları için dinamik ve statik elastisite modülleri hesaplanmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Son yıllarda, polimer pek çok sektörde sıkça kullanılmaktadır. Özellikle bu kullanımın büyük bir oranı inşaat mühendisliğinde ve yapı endüstrisinde gerçekleşmektedir. Polimer malzemenin kullanım alanının artmasıyla birlikte polimer malzemesinin avantaj ve dezavantajları konusunda birçok çalışma yapılmıştır.

Granülometrinin üretilen betonda geçirgenliğe, basınç ve eğilme dayanımına etkisi açıktır. Bu nedenle kullanılacak granülometrilerin nasıl olması gerektiğini pek çok yönetmelik keskin hükümlerle belirtmektedir. Granülometrinin üretilen beton üzerine etkilerini inceleyen pek çok çalışma mevcuttur.

Uppal ve arkadaşlarının [8] yaptıkları çalışmada sentetik lifli polimer kompozit levhaların üretiminde sentetik lifler yerine sisal bitkisinden oluşan sisal liflerini koyarak doğal lifli polimer kompozit levhalar üretmişlerdir. Üretilen doğal lifli polimer kompozit levhaları çeşitli mekanik testlere tabi tutmuşlardır. Bu çalışma sonrasında sisal bitkisinden oluşan sisal liflerinin polimer kompozit levhalarda çekme, eğilme dayanımlarına gözle görülür katkı sağladığını saptamışlardır. Otomotiv ve inşaat ürünlerinde, polimer kompozit levhalara takviye malzemesi olarak sisal bitkisinden oluşan sisal liflerinin olumlu etki yaratacağı sonucuna varmışlardır.

Ataabadi ve arkadaşları [9] yaptıkları çalışmada betondan daha hafif olan polimer betonu incelemeyi amaçlamışlardır. Bu kapsamda polimer betonu tahribatlı ve tahribatsız deneylere tabi tutarak polimer betonun mekanik ve dayanım özelliklerini saptamaya çalışmışlardır. Bu deneyleri yaparken üretilen polimer beton içeriğinde çeşitli reçine miktarları, farklı dolgu malzemeleri kullanılmış olup farklı ısı değerlerinde mekanik testlere tabi tutulmuştur. Polimer betonun deneyler sonucu gösterdiği dayanım sıradan çimentolu beton ile kıyaslanmıştır. Bu çalışmanın sonunda polimer betonda en uygun karışım oranı tespit edilmiş olup mekanik deneylerde de yüksek polimer betonun yüksek dayanım sergilediği saptamışlardır.

Subrahmanyam ve arkadaşları [10] yaptıkları çalışmada ağırlıkça farklı yüzdelere sahip doğal elyaf takviyeli polyester kompozitlerin termal iletkenliklerini karşılaştırmışlardır. Yapılan çalışmada deney sonuçlarının analitik tahminler sonucunda elde edilen termal

iletkenlik değerleri ile uyumlu olduğunu gözlemlenmişlerdir. Jüt elyaf takviyeli polyester kompozitlerin otomobiller ve yapı bileşenleri için uygun olduğu sonucuna varmışlardır.

Selvam ve arkadaşları [11] yaptıkları bu çalışmada polyester lifler yardımı ile killi zemini stabilize etmeyi amaçlamışlardır. Bu çalışma kapsamında farklı oranlarda polyester elyaf takviyesinin killi zemine etkisini gözlemlenmişlerdir. Çalışma sonucunda polyester takviyeli liflerin kil parçacıklarının mukavemetine olumlu katkılarda bulunduğunu sonucuna varmışlardır.

Sakthivel ve arkadaşları [12] yaptıkları çalışmada geri dönüştürülmüş pamuk lifi kimyasal bağlama ile polyester elyafla karıştırmışlardır. Ürettikleri numuneleri akustik, ısı yalıtımı lif özellikleri ve nem emme açısından incelemişlerdir. Çalışma sonucunda üretilen numunelerin akustik, ısı yalıtımı lif özellikleri ve nem emme direncine sahip olduğunu gözlemlenmişlerdir.

Rostami ve arkadaşları [13] yaptıkları bu çalışmada çimentolu kompozitlerin alkali ortamında PET liflerinin performansını incelemişlerdir. Bu nedenle çimentolu kompozitlerin alkali ortamında PET liflerinin kimyasal bozulmasını incelemişlerdir. Yaptıkları bu çalışma sonucunda PET liflerinin bozulmasına rağmen çimentolu kompozitleri iyileştirdiğini gözlemlenmişlerdir.

Kamble ve Behera'nın [14] yaptıkları çalışma kapsamında polyester elyaflı epoksi kompoziti ile pamuk elyaflı epoksi kompoziti numuneler üretmişlerdir. Ürettikleri bu numunelerin darbe mukavemetleri ve ortalama gerilme dayanımlarını karşılaştırmışlardır. Yaptıkları deneyler sonucunda polyester elyaflı epoksi kompozitinin darbe mukavemeti ve ortalama gerilme dayanımının pamuk elyaflı epoksi kompozitinden daha iyi olduğu sonucuna varmışlardır.

Dissanayake ve arkadaşları [15] yaptıkları çalışmada sıkıştırma kalıplama tekniği ile doğal kauçuğu yapıştırıcı malzemesi olarak kullanarak polyester/pamuk karışımı atıklardan numuneler üretmişlerdir. Üretilen numunelerin ses yalıtım özelliklerini karşılatırmışlardır. Deneyler sonucunda üretilen numunelerde kalınlık arttıkça ses yalıtımının iyileştiğini gözlemlenmişlerdir.

Aly ve arkadaşları [16] yaptıkları çalışmada yapıların zeminlerinde kullanılmak üzere elyaf takviyeli termoplastik kompozit panellerin ısı yalıtımı ve akustik yalıtımı özelliklerini incelemişlerdir. Deneyler neticesinde üretilen numunelerin düşük ve yüksek frekanslarda artan darbe seslerinin ses yalıtımında iyileşme gözlemlemişlerdir.

Ciampi ve arkadaşları [17] yaptıkları çalışmada bina kabuğu olarak yapının ikinci bir dış sistemine entegre etmek amacıyla PVC kaplı polyester kumaşın enerji performansını incelemişlerdir. Bu çalışma sonrasında PVC kaplı polyester kumaşın belirli bir oranda enerji tasarrufu sağlamakla birlikte soğutma ve ısıtma ihtiyacı talebinde de belirli bir düzeyde azalma sağladığını tespit etmişlerdir.

Orhan ve arkadaşları [18] yaptıkları çalışmada polyester kompozitlerin ısı iletkenlik, alev geciktirici ve mekanik özelliklerine boraks katkısının etkisini incelemişlerdir. Deneyler sonucunda polyester kompozitlerin mekanik özelliklerine ve ısı iletkenlikleri olarak boraks katkısının olumlu sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir.

Bourguiba ve arkadaşları [19] yaptıkları çalışmada başa ördek tüyü ve polyester olmak üzere yorgan atıklarının ısı yalıtımı için kullanımını incelemeye çalışmışlardır. Polyester ve ördek tüyü yorgan atıklarından oluşan numunelerin yoğunluk, ısı iletkenliklerini ve yangına karşı dayanıklılıkları gibi özelliklerini incelemişlerdir.

Lagos ve arkadaşları [20] yaptıkları çalışmada polyester reçinesinin ve doğal elyaf kompozitin mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Doğal elyaf kompoziti numuneleri hacimsel farklı matrise sahip olacak şekilde üreterek çekme, eğilme ve darbe testleri uygulayarak mekanik dayanımlarını karşılaştırmışlardır.

Shan ve arkadaşları [21] çimentolu toprağın mekanik özelliklerini iyileştirmek için mikrobiyal olarak indüklenen kalsit çökeltme işlemi sırasında polyester lifi ve kenevir lifli fiberler ile güçlendirme üzerine bir çalışma yapmışlardır. Farklı miktarda polyester ve kenevir lifi içeren numunelerin çimentolu toprağın dinamik özelliklerine etkisini incelemişlerdir.

Wang ve arkadaşları [22] bina enerji tüketiminin azaltılması ve kişisel termal konforun artırılması için Janus termoregülatif kumaşı hakkında bir çalışma yapmışlardır. Janus

kumaşını özellikli polyester kumaştan üretmişlerdir. Çalışma sonucunda Janus kumaşının bina enerji tüketiminin azaltılması ve kişisel termal konforun artırılmasında etkili bir araç olduğunu tespit etmişlerdir.

Abu-Jdayil ve arkadaşları [23] yaptıkları çalışmada poliüretan tozu (PUD) atığı ve doymamış polyester reçine ile ısı yalıtım malzemesi üretmişlerdir. Poliüretan tozu (PUD) atığı ve doymamış polyester reçine ile ürettikleri numunelerin termal stabilitesini belirlemek için Diferansiyel Taramalı Kalorimetre testleri ve Termogravimetrik Analiz uygulamışlardır. Üretilen numunelerin geleneksel ısı yalıtım malzemelerinden çok daha iyi yalıtım özelliğine sahip olduğu sonucuna varmışlardır.

Kou ve arkadaşları [24] yaptıkları çalışmada kıyılmış bazalt lifleri, lignin lifleri, flokülen bazalt lifleri ve polyester liflerin asfalt malzemelerinin özelliklerini geliştirmek için kullanımını araştırmışlardır. Bu kapsamda üretilen numuneleri çoklu gerilme sürünme geri kazanımı, sıcaklık taraması ve doğrusal genlik taraması testlerine maruz bırakmışlardır.

Mouandhoime ve arkadaşları [25] yaptıkları çalışmada alev geciktirici fosforlu kraft liflerinin cam takviyeli polyester bir kompozit laminatta dispersiyonu ve malzemenin alev geciktiriciliği üzerindeki etkilerini araştırmışlardır.

Akın ve Polat [26] yaptıkları çalışmada atık araç lastiklerinin polimer betonda kullanımı ile geri dönüştürülmesini incelemişlerdir. Atık araç lastikli polimer beton numunelerinin mekanik, sertlik ve gerilme-şekil değiştirme özelliklerini çeşitli deneylerle ölçmüşlerdir. Sonuç olarak düşük reçine oranlarında sünekliği artmaktayken, atık lastik oranı arttıkça dayanımın azaldığını gözlemlemişlerdir.

Garrido ve arkadaşları [27] yaptıkları çalışmada vinil ester reçinesi veya izoftalik doymamış polyester ile pultrüde edilmiş GFRP malzemelerinin iki yıllık yaşlanma süresi boyunca elde edilen çeşitli deney sonuçları ile uzun vadeli tahmin modelleri üretmişlerdir.

Rossi ve arkadaşları [28] yaptıkları çalışmada güneş tentelerinin yayalara sağladığı termal konfor için kullanılan beyaz tekstil tente ile alüminize polyester filml optimize edilmiş bir tenteyi karşılaştırmışlardır.

Ataabadi ve arkadaşları [29] yaptıkları çalışmada polimer betonun mekanik özellikleri ve mikro yapısına yüksek sıcaklığın etkilerini araştırmışlardır. Bu amaç için farklı agrega oranlarında polimer beton üretilen bu numuneleri farklı sıcaklıklara maruz bıraktıktan sonra SEM görüntüleri ile mikro yapısı incelenmiş ve çeşitli mekanik testlere maruz bırakılmışlardır.

Oliveria ve arkadaşları [30] yaptıkları çalışmada kompozit üretiminde Portlant çimentosu yerine inşaat ve yıkım atıklarından üretilen ince beton kullanmayı denemişlerdir. Çalışmada farklı granülometride ve farklı bağlayıcı oranlarında numuneler üretilmiştir. Üretilen numuneler çeşitli mekanik testlere maruz bırakılmışlardır. Elde edilen sonuçlarda ince beton, Portlant çimentosu ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Osuska ve Hela [31] yaptıkları çalışmada beton su geçirimsizliğini en aza indireyecek agrega granülometrisini sağlamaya çalışmışlardır. Bu nedenle farklı agrega türleri ve granülometri kullanmışlardır.

Cominato ve arkadaşları [32] yaptıkları çalışmada geri dönüştürülmüş iri agregalarla farklı granülometri kullanarak üretilen numunelerin geçirimsizliklerini saptamaya çalışmışlardır. Çalışma kapsamında üretilen numunelere çeşitli mekanik testler de yapmışlardır. Çalışma sonucunda geri dönüştürülmüş agregalarla üretilen numunelerin doğal agregalarla üretilen numunelerden daha iyi bir basınç dayanımına sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Pernikova [33] yaptığı çalışmada silis karbür atığının yeni çimentolu reçinelerde kullanımını ve granülometri değişiminin etkilerini incelemiştir. Üretilen numunelerin tanecik özelliği ve granülometri ölçümlerini incelemiştir. Çimento karışımları için silis karbür atığının kullanımını incelemiştir.

Santos ve arkadaşları [34] yaptıkları çalışmada hafif beton üretiminde genişmiş kil ve konvansiyonel kilin kullanımını incelemiştir. Farklı granülometriye sahip numuneler üretilip çeşitli mekanik testlere maruz bırakılmışlardır.

Yukarıda görüldüğü üzere polimerler ve granülometrilere hakkında pek çok çalışma yapılmış olmasına karşın polimer beton üretiminde farklı granülometriye sahip kırmataşların kullanımının çimentolu beton ile karşılaştırması ve çimentolu betonun polyester ile kaplanmasının mekanik özelliklerine katkısına dair yazarın bilgisi dâhilinde hiçbir çalışma ile karşılaşılmamıştır.

3. METOT VE MATERYAL

Bu kısımda, çalışmada kullanılan malzemelerin nitelikleri, çalışma için üretilen numunelerin ebatları, polimer beton, çimentolu beton ve kompozit kaplamalardaki karışımların malzeme oranları belirtilmiş olup, deney düzenekleri tanıtılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar, çimentolu beton ve polimer beton içerisinde ağırlıkça %55, 65, 75 ve 85 oranlarında agrega kullanımı ile üretilen numunelerin basınç ve eğilme dayanımı araştırılmıştır. Polyester kaplama beton içerisinde ise ağırlıkça %55, 65 ve 75 oranlarında agrega kullanımı ile üretilen numunelerin basınç ve eğilme dayanımı araştırılmıştır. Hazırlanan numunelerin ultrases geçiş hızları, ağırlıkları, statik ve dinamik elastisite modülleri incelenmiştir.

3.1. Kullanılan Materyaller

3.1.1. Çimento

Çimentolu beton numunelerinin üretilmesinde, Çimko Çimento Hatay fabrikasından satın alınan CEM I 42,5 R Portland çimentosu kullanılmıştır.

3.1.2. Karışım suyu

Tez çalışması kapsamında üretilen çimentolu beton numunelerin karışımında İskenderun Teknik Üniversitesi kampüsünün şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

3.1.3. Agrega

Tez çalışmasında 0.25-0,8 mm elek çapı aralığından geçen ince kırmataş kullanılmıştır. İnce kırmataş, 0.25, 0,5, 1,0, 2,0, 4,0, 8,0 mm elek çapı boyutlarındaki kare göz boşluklu tel kafesli elekler kullanılarak sarsma makinesi yardımı ile TS ISO 3310-1, TS ISO 3310-2, TS EN 933-10, TS 706 EN 12620+A1 [35, 36, 37, 38] standartlarına uygun olarak gruplara ayrılmıştır. Resim 3.1’de gruplara ayrılmış olan kırmataşlar gösterilmektedir.



Resim 3.1. 0,25 mm ile 0,8 mm'lik eleklerden geçen agregaların sınıflandırılması

Şekil 3.1.'de 8 mm çaplı eleklerden geçen kırmataşların 7 farklı granülometri eğrileri gösterilmektedir. Çizelge 3.1.'de ise, 6 farklı elek altına geçen agreganın miktarı (%) olarak verilmiştir. Standartlara göre, A ile C eğrileri arası agrega dağılımı kullanılabilir, A ile B eğrileri arasındaki bölge ise çok iyi olarak tanımlanmaktadır[39]. Buradan Şekil 3.1.'de tasarım eğrilerimiz olan 5, 4 ve 2 eğrilerimiz sırasıyla C, B, A eğrilerine tekâmül etmektedir. 1 numaralı eğri ideal bölge altı, 3 numaralı eğri ideal bölge arası, 5 numaralı eğri kullanılabilir bölge arası ve 7 numaralı eğri ise kullanılabilir bölgenin üstü olarak çizilmişlerdir. Granülometrik dağılımda 1'den 7'ye tüm bölgelerdeki farklı tane dağılımı ve reçine oranlarıyla birlikte ürettiğimiz kompozit malzemelerin mekanik özellikleri incelenecektir.

Gruplara ayrılmış kırmataşların neminin alınması için 200 °C'lik etüv ile 24 saat boyunca 110°C'de etüvde kaldıktan sonra kullanılmışlardır. Resim 3.3.'de agregaların neminin alınması için kullanılan etüv gösterilmektedir. Resim 3.2.'de ise granülometrik olarak gruplara ayrılmış olan agregalar gösterilmektedir.



Resim 3.2. 7 Farklı granülometriye göre sınıflandırılmış agregalar

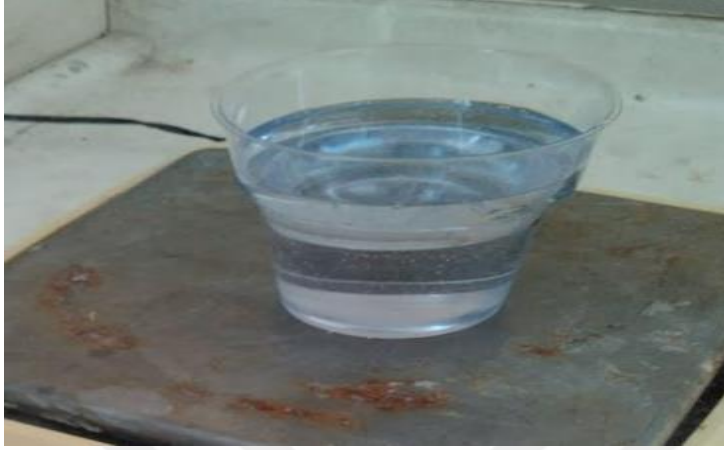


Resim 3.3. Kırma taşların nemini alması için kullanılan etüv.

3.1.4. Polyester reçine

Tez çalışmasında ortoftatik polyester reçine (Resim3.4.) kullanılmıştır. Polyester reçinenin içerisine ağırlıkça (%1)'i kadar MEK-P dondurucu ve yine ağırlıkça (%0,2)'si kadar Kobalt

Oktoat %6 hızlandırıcı kullanılmıştır. Kullanılan polyester reçinenin teknik özellikleri Çizelge 3.2.'de verilmiştir.



Resim 3.4. Polyester reçinenin fotoğrafı

Çizelge 3.2. Polyester reçinenin sahip olduğu teknik özellikler[40]

Asit Değeri	max 30 mgKOH/g
Bükülme Katsayısı	3800 Mpa
Bükülme Mukavemeti	100 Mpa
Çekme Dayanımı	70 Mpa
Çekme Katsayısı	3800 Mpa
Isıl Eğilme Direnci (HDT)	70 °C
Jel Zamani	10-20 dakika
Kopma Anındaki Uzama	% 2.3
Pik Egzotermi	140 -160 °C
Sertlik Değeri	45 (Barkol)
Solid İçeriği	% 63-68
Viskozite	700-1000 cp

3.2. Numune Üretim Aşamaları

3.2.1. Karışım hesabı

Tez çalışması kapsamında, çimentolu beton karışımında kullanılan kırmataşların tamamı ince agregadır. Deneysel çalışmalar için seçilen karışımda su/çimento oranı 0,5 seçilmiştir. Laboratuvarıda harç numunelerinin karılması ve dökümü mala yardımı ile yapılmıştır. Dökümü yapılan harç numunelerinin sıkıştırılması vibrasyon masası yardımı ile yapılmıştır. Beton karışımı içerisinde, CEM I 42,5 R Portland çimentosu (Ç), kırmataş 0-4 mm (K) ağırlıkça %55, %65, %75 ve %85 oranlarında agrega kullanılmıştır.

Polimer beton karışımında kullanılan polyesterin ağırlıkça (%1)'i kadar MEK-P dondurucu ve yine ağırlıkça (%0,2)'sı kadar Kobalt Oktoat %6 hızlandırıcı kullanılmıştır. Karışımda, kırmataş 0-4 mm(K) ağırlıkça %55, %65, %75 ve %85 oranlarında agrega kullanılmıştır.

Polyester kaplı çimentolu beton numunelerinde bulunan çimentolu betonun karışımında su/çimento oranı 0,5 seçilmiştir. Kırmataş 0-4 mm(K) ağırlıkça %55, %65 ve %75 agrega oranında kullanılmıştır. Kaplamasında kullanılan polyesterde ise polyesterin ağırlıkça (%1)'i kadar MEK-P dondurucu ve yine ağırlıkça (%0,2)'sı kadar Kobalt Oktoat %6 hızlandırıcı kullanılmıştır.

3.2.2. Numunelere ait serilerin sınıflandırılması

Yapılan çalışmada çimentolu beton, polimer beton, 0,5 cm polyester kaplı beton ve 1,0 cm polyester kaplı beton numunelerden yedi çeşit granülometride ve her granülometri grubu için üçer adet numune üretilmiştir. Her numune için elde edilen sonuçların ortalaması alınmıştır. Çimentolu beton ve polimer beton numuneler için karışım agrega oranı ağırlıkça %55, %65, %75 ve %85 olmak üzere üretilmiştir. 0,5 cm ve 1,0 cm kalınlığında polyester kaplı beton numuneler için karışım agrega oranları ağırlıkça %55, %65 ve %75'dir.

Çizelge 3.3. Çimentolu beton, polimer beton ve polyester kaplamalı çimentolu beton sınıflandırması

Kodlar	Açıklama
C	%0 agrega (Kontrol Grubu)
C-G1	G1 Granülometrisine sahip çimentolu beton
C-G2	G2 Granülometrisine sahip çimentolu beton
C-G3	G3 Granülometrisine sahip çimentolu beton
C-G4	G4 Granülometrisine sahip çimentolu beton
C-G5	G5 Granülometrisine sahip çimentolu beton
C-G6	G6 Granülometrisine sahip çimentolu beton
C-G7	G7 Granülometrisine sahip çimentolu beton
P	%0 agrega (Kontrol Grubu)
P-G1	G1 Granülometrisine sahip polimer beton
P-G2	G2 Granülometrisine sahip polimer beton
P-G3	G3 Granülometrisine sahip polimer beton
P-G4	G4 Granülometrisine sahip polimer beton
P-G5	G5 Granülometrisine sahip çimentolu beton
P-G6	G6 Granülometrisine sahip çimentolu beton
P-G7	G7 Granülometrisine sahip çimentolu beton

Çizelge 3.4. Çimentolu beton, polimer beton ve polyester kaplı çimentolu beton karışım çeşitleri

Kodlar	Açıklama
%55 G1	Ağırlıkça %55 agregalı G1 Granülometrisi
%55 G2	Ağırlıkça %55 agregalı G2 Granülometrisi
%55 G3	Ağırlıkça %55 agregalı G3 Granülometrisi
%55 G4	Ağırlıkça %55 agregalı G4 Granülometrisi
%55 G5	Ağırlıkça %55 agregalı G5 Granülometrisi
%55 G6	Ağırlıkça %55 agregalı G6 Granülometrisi
%55 G7	Ağırlıkça %55 agregalı G7 Granülometrisi
%65 G1	Ağırlıkça %65 agregalı G1 Granülometrisi
%65 G2	Ağırlıkça %65 agregalı G2 Granülometrisi
%65 G3	Ağırlıkça %65 agregalı G3 Granülometrisi
%65 G4	Ağırlıkça %65 agregalı G4 Granülometrisi
%65 G5	Ağırlıkça %65 agregalı G5 Granülometrisi
%65 G6	Ağırlıkça %65 agregalı G6 Granülometrisi
%65 G7	Ağırlıkça %65 agregalı G7 Granülometrisi
%75 G1	Ağırlıkça %75 agregalı G1 Granülometrisi
%75 G2	Ağırlıkça %75 agregalı G2 Granülometrisi
%75 G3	Ağırlıkça %75 agregalı G3 Granülometrisi
%75 G4	Ağırlıkça %75 agregalı G4 Granülometrisi
%75 G5	Ağırlıkça %75 agregalı G5 Granülometrisi
%75 G6	Ağırlıkça %75 agregalı G6 Granülometrisi
%75 G7	Ağırlıkça %75 agregalı G7 Granülometrisi
%85 G1	Ağırlıkça %85 agregalı G1 Granülometrisi
%85 G2	Ağırlıkça %85 agregalı G2 Granülometrisi
%85 G3	Ağırlıkça %85 agregalı G3 Granülometrisi
%85 G4	Ağırlıkça %85 agregalı G4 Granülometrisi
%85 G5	Ağırlıkça %85 agregalı G5 Granülometrisi
%85 G6	Ağırlıkça %85 agregalı G6 Granülometrisi
%85 G7	Ağırlıkça %85 agregalı G7 Granülometrisi

3.2.3. Numunelerin üretimi

Tez çalışmasında üretilen bütün numuneler İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemesi Laboratuvarında mevcut olan harç numunesi kalıplarında malla yardımı ile karılmış (Resim 3.5.) ve dökülmüştür (Resim 3.6.). Numuneler TS EN 12390-1 [41] göz önünde bulundurularak üretilmiş (Resim 3.3.) ve kürlendirilmiştir. Çimentolu beton karışımı üretilirken agregalar ve çimento iyice karışana

kadar kuru karışıma maruz bırakıldıktan sonra karışım suyu eklenmiş ve kıvamını alana kadar karıştırılarak kalıplara doldurulmaya hazır hale getirilmişlerdir. Hazırlanan harç numunelerin taze birim hacim ağırlıkları hesaplanmıştır.



Resim 3.5. Çimentolu beton harcının malla yardımı ile karılması



Resim 3.6. Demir harç numune kalıplarındaki çimentolu beton numuneleri

Çalışmada üretilen çimentolu beton numunelerin (Resim 3.8.) mekanik dayanımını ve ultrases geçiş hızını belirlemek üzere 7 farklı gradünometride ve ağırlıkça 4 farklı agrega oranı (%55, %65, %75, %85) dikkate alınarak 72 adet 4x4x16 cm ölçülerinde beton harç numunesi hazırlanmıştır. Ağırlıkça %85 agrega ağırlığına sahip çimentolu beton serisinde kalıptan çıktığında yeterli dayanıma sahip olmaması nedeniyle dağılma sorunu yüzünden sadece ağırlıkça %85 agregaya sahip G1, G2 ve G3 serileri üretilebilmiştir. Üretilen çimentolu betonlar, temizlenmiş ve yağlanmış demir kalıplara doldurulmuş ve vibrasyon masasında sıkıştırılmıştır. Kalıplardaki numuneler oda sıcaklığında 24 saat bekletildikten sonra kalıplardan çıkarılmış ve ultrases geçiş hızı, eğilme ve basınç testine tabi tutulmuştur. Kontrol grubu olarak ise içeriğinde agrega bulunmayan çimentolu betonlar (Resim 3.7.) üretilmiştir. Tüm numuneler, kür süresi olan 35 günün sonrasında eğilme ve basınç testine tabi tutulmuştur.



Resim 3.7. Çimento hamuru numuneleri



Resim 3.8. 7 farklı granülometri ve 4 farklı agrega ağırlık yüzdesine sahip çimentolu beton numuneleri

Polimer beton numuneleri (Resim3.10.) ise 7 farklı gralünometride ve ağırlıkça 4 farklı agrega oranında (%55, %65, %75, %85), 84 adet 4x4x16 cm ölçülerinde üretilmiştir. Üretilen polimer betonlar, ahşap kalıplara doldurulmuştur. Kalıplardaki numuneler 45 dakika oda sıcaklığında bekletildikten sonra kalıplardan çıkarılmıştır. Kalıplardan çıkarılan numuneler 35 günlük kür süresi boyunca oda sıcaklığında bekletilmiştir. Kür süresi sonunda numuneler basınç, eğilme ve ultrases geçiş hızı testine tabi tutulmuştur. Kontrol grubu olarak ise içeriğinde agrega bulunmayan saf polimer betonlar (Resim 3.9.) üretilmiştir. Kür süresi olarak 7, 14, 28 ve 35 gün sonrasında basınç, eğilme ve ultrases geçiş hızı testi yapılmıştır.



Resim 3.9. Agregasız polimer beton numunesi



Resim 3.10. 7 Farklı granülometri ve 4 farklı agrega ağırlık yüzdesine sahip polimer beton numuneleri

Üzeri 1,0 ve 0,5 cm polyester kaplı beton numuneler üretilirken, ilk olarak 7 farklı granülometri ve ağırlıkça 3 farklı agrega oranı (%55, %65, %75)'na sahip 63 adet 3x3x15 cm ölçülerinde çimentolu beton numuneler üretilmiştir. Çimentolu beton numuneleri kür süresi 35 gün olmak üzere kür havuzunda bekletilmiştir. Ardından döküm tipi polyester reçine ile 1,0 ve 0,5 cm kalınlığında polyester kaplanarak oda sıcaklığında 35 gün boyunca bekletilmiştir. Üretilen 1,0 ve 0,5 cm polyester kaplı beton numunelerinin (Resim 3.11) basınç, eğilme ve ultrases geçiş hızı testi yapılmıştır.



Resim 3.11. 1,0 ve 0,5 cm Polyester kaplı çimentolu beton numuneleri

3.3. Deneyler

3.3.1. Hasarsız deneyler

Çimentolu beton numunelerin ağırlığı için 35 gün kür havuzunda kaldıktan sonra çıkararak yüzeyi kuru, suya doymun haliyle ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Polimer betonlarda ise 35 günlük kür süresi boyunca oda sıcaklığında bekletilmiş numunelerin ağırlıkları tartımları yapılmıştır. Hazırlanan deney numuneleri üzerinden ağırlık ve ultrases geçiş hızı tayinleri yapılmıştır.

Polyester kaplı çimentolu beton numunelerinin içeriğindeki çimentolu beton numuneleri 35 gün kür havuzunda kaldıktan sonra polyester kaplama işlemi tamamlanıp 35 gün de oda sıcaklığında bekletilip ağırlık tartımları yapılmıştır.

4x4x16 cm ölçülerindeki harç numuneleri üzerinde, her numune için 2 farklı noktadan ultrases iletim hızı ölçülerek ultrases geçiş hızı testi yapılmıştır. Numunenin karşılıklı iki tarafının ortasından alıcı ve verici uçlar tutularak ölçümler yapılmıştır. Alıcı ve verici uçlar arasında geçen süre numunelerdeki kusurlar ve çatlak ile numunenin homojenliği, numunelerin mukavemeti ve elastisite modülü hakkında bilgi verir. Alıcı uçtan verici uca ses dalgalarının algılanması arasında geçen süre mikrosaniye cinsinden okunur. Ultrases geçiş hızı testi aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$V = l/t \quad (3.1.)$$

Burada;

V: Ses hızı, (km/saniye)

t: Ses geçiş süresi, (saniye)

l: Ölçü boyu, (km)

olarak tanımlanır.

3.3.2. Hasarlı deneyler

Hazırlanan deney numuneleri üzerinden eğilme ve basınç dayanımı tayinleri yapılmıştır. Çalışmada 4x4x16 cm boyutlarındaki numuneler TS EN 12390-3 [42]'ye göre basınç testine tabi tutulmuştur. Numuneler yükleme masasına yerleştirilmiştir. 2.4 kN/s sabit hızla üniform bir yük uygulanmıştır ve kırıldığı ana kadar yükleme yapılmıştır. Bu yüke karşılık gelen basınç dayanımı, harç numunesini kıran P kuvveti okunarak bulunmuştur. Numunelerinin basınç dayanımını belirlemek için her seriden üçer adet numune kullanılmış ve numunelerin basınç dayanımı değerlerinin ortalaması alınmıştır. Beton numunelerinin basınç dayanımı aşağıdaki formülle bulunmuştur [42].

$$\sigma_{\text{basınç}} = P/A \quad (3.2.)$$

Burada;

$\sigma_{\text{basınç}}$: Basınç mukavemeti (MPa)

P: Kırılma esnasındaki yük (N)

A: Yüzey alanı (mm²)

ifade eder.

Eğilme testinde 4x4x16 cm boyutlarındaki numuneler TS EN 12390-5 [43] göz önünde bulundurularak Resim 3.12.'deki gibi orta noktadan yüklenmiştir. Standartlara uygun 10 cm açıklıklı deney düzeneğinde kiriş numuneleri iki desteğe yerleştirildi ve orta noktadan Besmak marka harç numune presi (Resim 3.13.) ile yükleme yapıldı. Kiriş numunesi kırılıncaya kadar yüke devam edildi (Resim 4.14.). Numunenin kırılmasına neden olan yük ölçüm aletinin ölçeğinden okunmuş ve numunenin eğilme mukavemeti aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır [43].

$$\sigma_{\text{eğilme}} = \frac{(3PL)}{(2bd^2)} \quad (3.3.)$$

Burada;

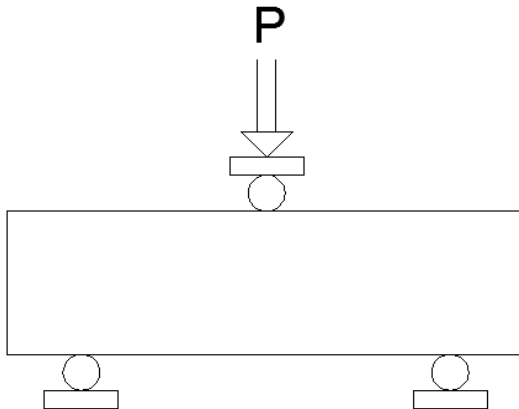
$\sigma_{\text{eğilme}}$: Eğilme mukavemeti (MPa)

P: Kırılma esnasındaki yük (N)

L: Mesnetler arasındaki mesafe (mm)

b,d: Numunenin enkesit boyutlarını (mm)

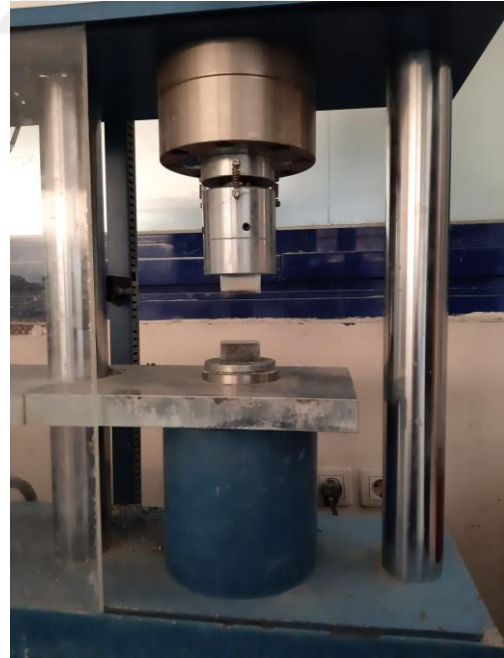
ifade eder.



Resim 3.12. Test düzeneğinin şematik gösterimi.



Resim 3.13. Besmak marka harç numune presi fotoğrafı



Resim 3.14. Polimer betonun eğilme deneyi esnasındaki fotoğrafı ve basınç deneyi düzeneği

4. TARTIŞMA VE BULGULAR

4.1. Bulgular

Tez kapsamında, kontrol grubu olan agregasız polimer beton, agregalı polimer beton, çimento hamuru, agregalı çimentolu beton, 1,0 cm ve 0,5 cm polyester kaplı beton, eğilme ve basınç dayanımları, ultrases geçiş hızları belirlenmiştir. Çimentolu beton numuneleri için sertleşmiş ve taze birim hacim ağırlıkları tayini yapılmıştır. Polimer beton ve çimentolu beton numunelerinin dinamik ve statik elastisite modülleri belirlenmiştir.

4.1.1. Beton birim hacim ağırlığı

35 gün kür süresi sonunda kür havuzundan çıkarılan yüzeyi kuru suya doymuş çimentolu beton birim ağırlıkları ve taze çimento beton birim hacim ağırlıkları aşağıda verilmiştir.

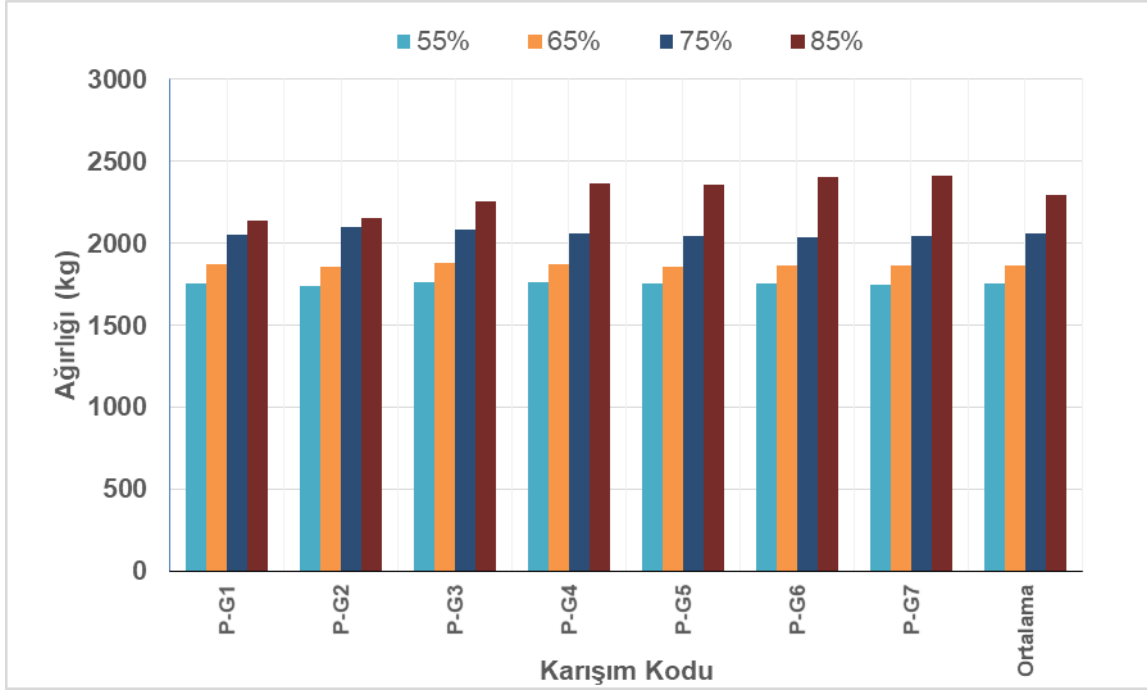
Çizelge 4.1. Taze ve sertleşmiş çimentolu beton numunelerin 1 m³'deki ağırlıkları(kg)

Kodlar	Sert	Taze	Sert	Taze	Sert	Taze	Sert	Taze
	%55	%55	%65	%65	%75	%75	%85	%85
C-G1	2363,28	2597,66	2384,77	2539,06	2476,56	2578,13	1953,13	2031,25
C-G2	2273,44	2441,41	2423,83	2675,78	2466,80	2617,19	2021,48	2070,31
C-G3	2388,67	2539,06	2419,92	2578,13	2488,28	2656,25	2066,41	2128,91
C-G4	2308,59	2441,41	2398,44	2519,53	2427,73	2558,59	0	0
C-G5	2312,50	2421,88	2392,59	2539,06	2527,34	2656,25	0	0
C-G6	2291,02	2460,94	2363,28	2441,41	2285,16	2421,88	0	0
C-G7	2349,61	2460,94	2339,84	2460,94	1974,61	2070,31	0	0
Ortalama	2326,73	2480,47	2388,95	2536,27	2378,07	2508,37	2013,67	2076,82

35 gün kür süresi sonunda kür havuzundan çıkarılan yüzeyi kuru suya doymuş haldeki kontrol grubu olan çimento hamuru, taze beton birim hacim ağırlığı 1926,43 kg/ m³ iken sertleşmiş beton birim hacim ağırlık 1871,09 kg/m³'tür.

4.1.2. Polimer beton birim hacim ağırlığı

35 gün oda ısısında ısıya maruz bırakılmış haldeki sertleşmiş polimer beton birim hacim ağırlıkları aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.1. 1 m³'deki sertleşmiş polimer beton ağırlığı(kg) karşılaştırması

35 günlük kür süresi sonunda sertleşmiş agregasız polimer beton, birim hacim ağırlık 1234,37 kg/m³'tür.

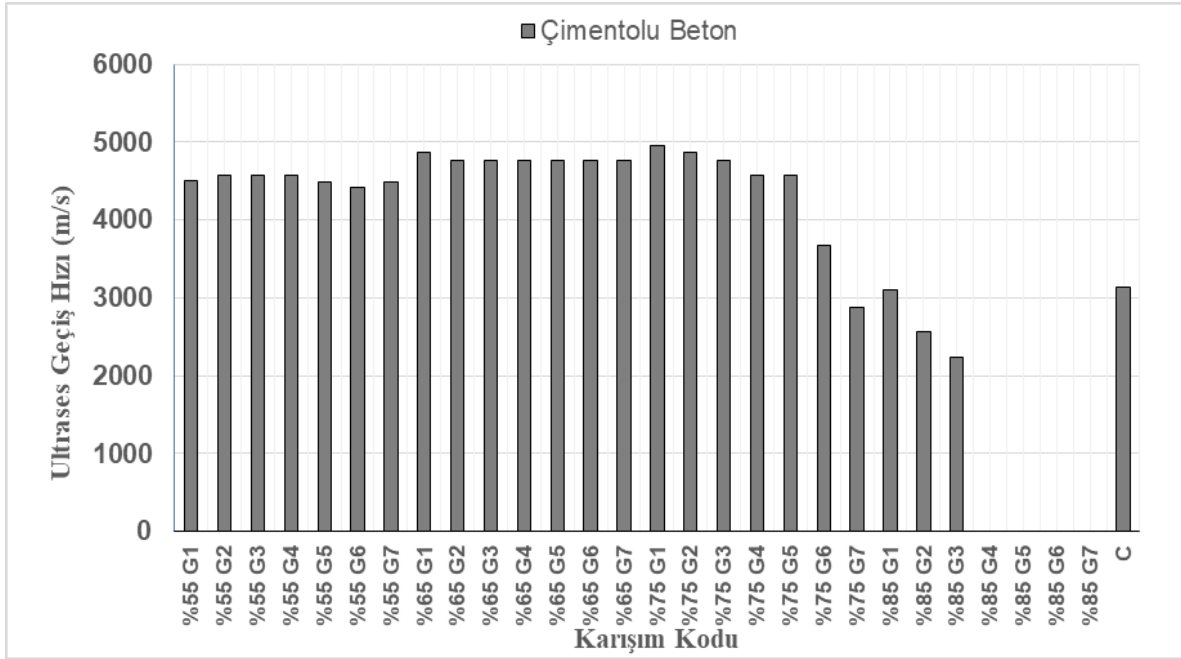
4.1.3. Ultrases geçiş hızı

Çimentolu beton numunelerde, 35 gün sonunda kür havuzundan çıkarılan harç numunelerin yüzey kuru suya doymun halinde ölçülmüş (Resim3.15.) ultrases geçiş hızları Şekil 4.2.'de verilmiştir. Polimer beton numunelerinin oda sıcaklığında ölçülmüş ultrases geçiş hızları Şekil 4.3.'de ve Şekil 4.4.'de verilmiştir.

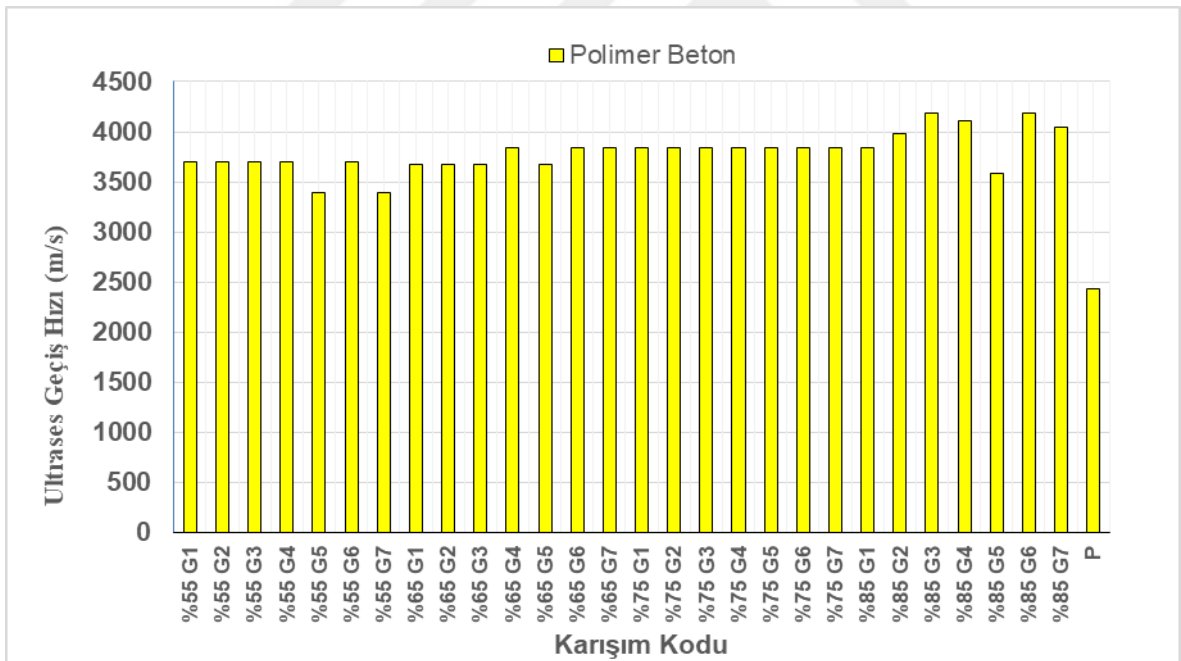


Resim 3.15. Çimento hamurunun ultrases geçiş hızı deneyi esnasındaki fotoğrafı.

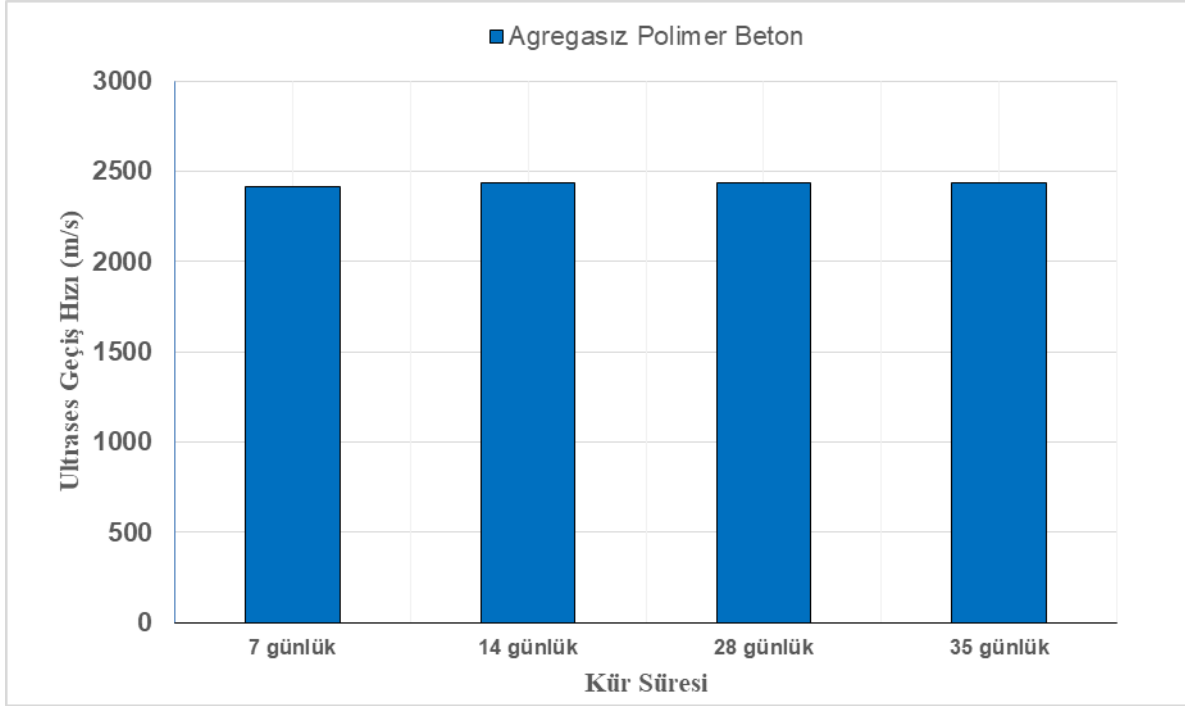
Polyester kaplamalı çimentolu beton numuneler üretilirken öncelikle içerideki çimentolu beton tabakası üretilmiştir. Üretilen çimentolu betonlar kür havuzunda 35 gün boyunca bekletilmiştir. Sonrasında ise polyester reçine ile kaplanmıştır. Bu durumda 35 gün daha bekletilmiştir ve ardından ölçüm alınmıştır. Deney sonunda, 0,5 cm polyester kaplı beton numunelerin ultrases geçiş hızları Şekil 4.5.'de, 1,0 cm polyester kaplı beton numunelerin ultrases geçiş hızları Şekil 4.6'de verilmiştir. Ultrases geçiş hızları, her durum için 3'er numune olacak şekilde ayrı ayrı ölçülmüş ve bu değerlerin ortalaması alınarak bulunmuştur.



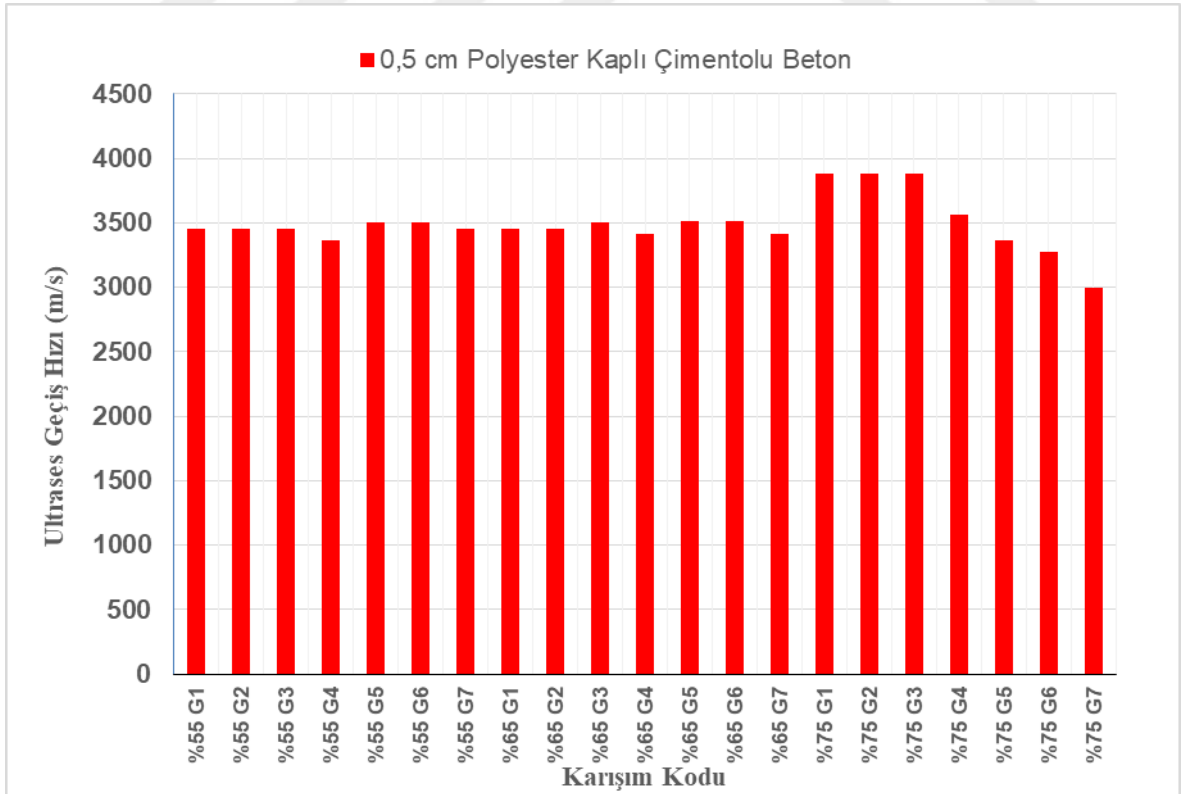
Şekil 4.2. Çiementolu beton numunelerinin ultrases geçiş hızı (m/s) karşılaştırması



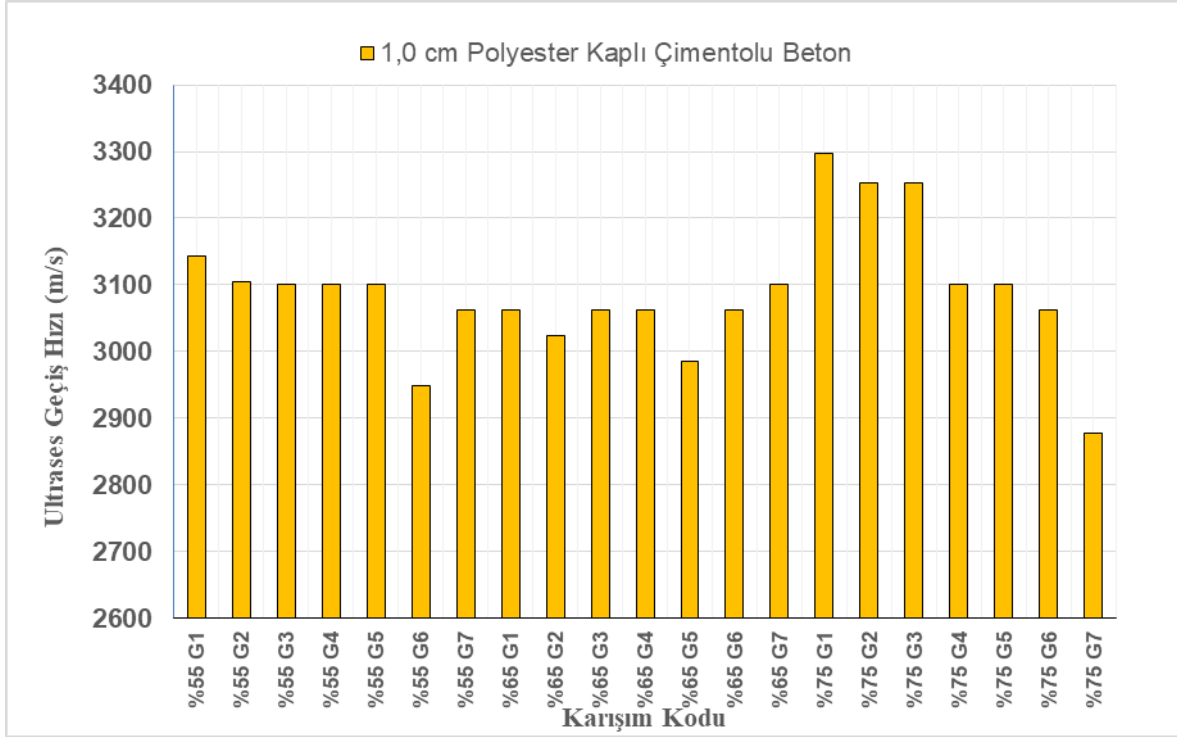
Şekil 4.3. Polimer beton numunelerinin ultrases geçiş hızı (m/s) karşılaştırması



Şekil 4.4. Agregasız polimer beton numunelerinin kür süresine göre ultrases geçiş hızı karşılaştırması



Şekil 4.5. 0,5 cm Polyester kaplı çimentolu beton numunelerinin ultrases geçiş hızı (m/s) karşılaştırması



Şekil 4.6. 1,0 cm Polyester kaplı çimentolu beton numunelerinin ultrases geçiş hızı (m/s) karşılaştırması

4.1.4. Dinamik elastisite modülü

35 günlük çimentolu beton ve polimer beton numunelerinden elde edilen birim hacim ağırlıkları ile ultrases geçiş hızları kullanarak dinamik elastisite modülü değerleri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır. Dinamik elastisite modülü değerleri çimentolu betonlar için Şekil 4.7.'da, polimer betonlar için ise Şekil 4.8.'de verilmiştir.

$$E_d = (V^2 * q)/g \quad (4.1.)$$

Burada;

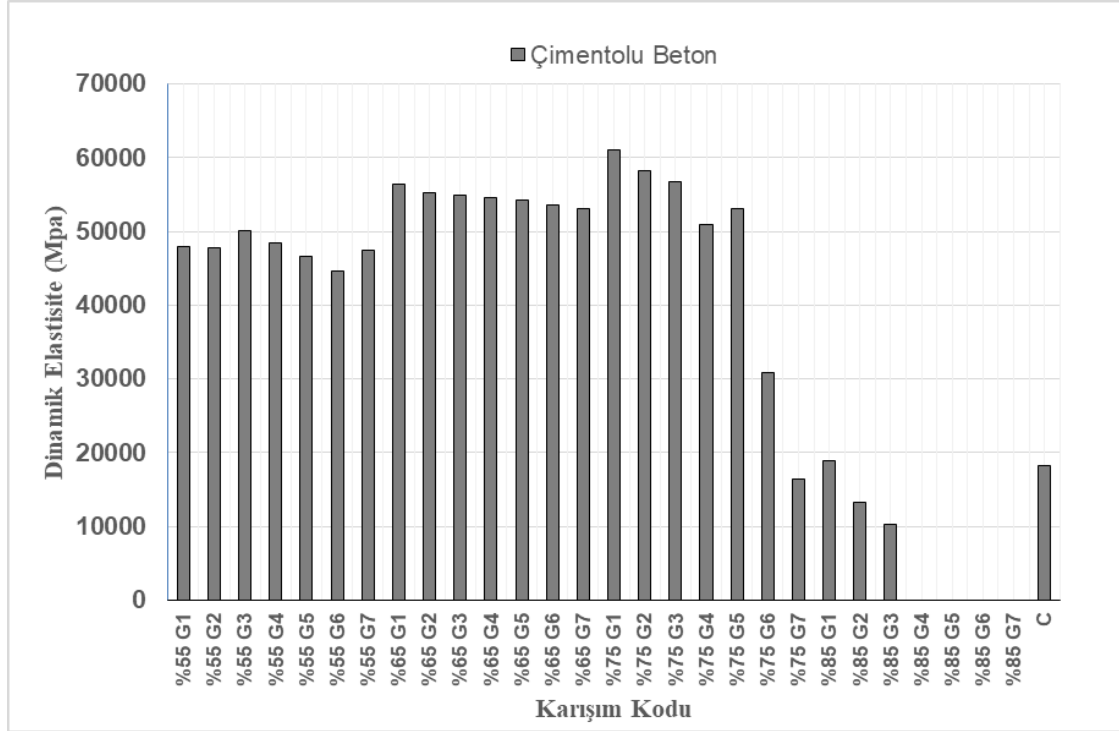
E_d = Dinamik Elastisite Modülü

q = Yoğunluk

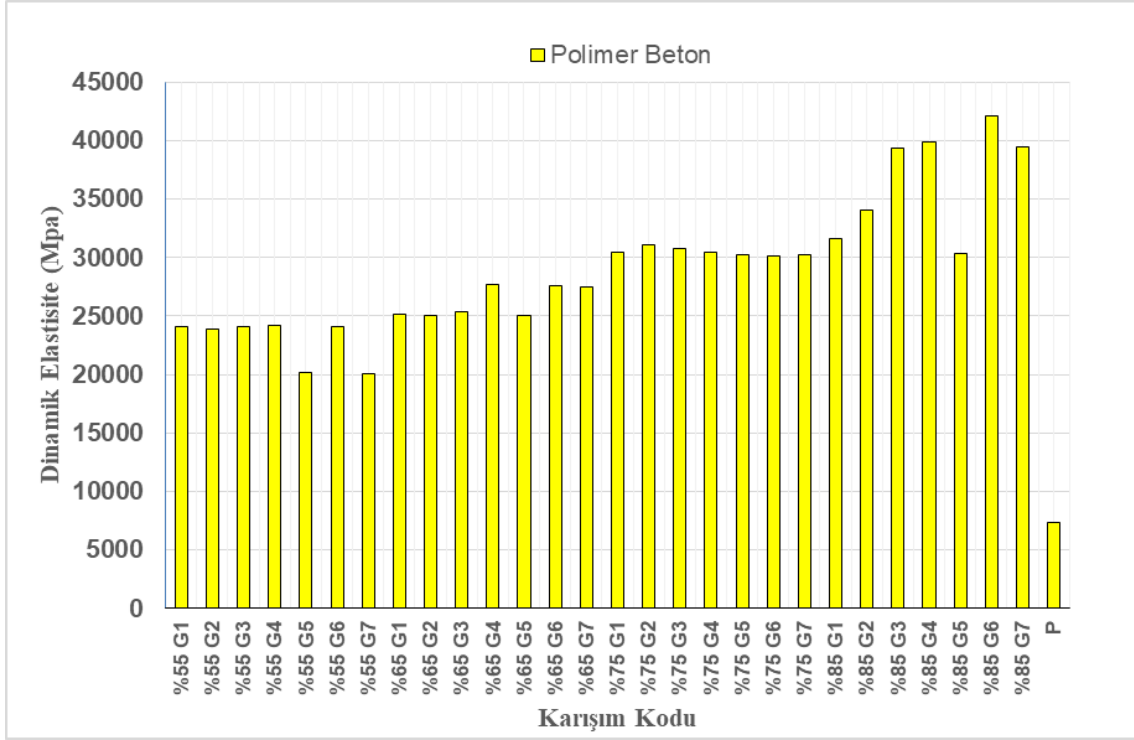
V =Plus hızı,(m/sn)

g = Yer çekimi ivmesi

olarak tanımlanır.



Şekil 4.7. Çimentolu beton numunelerinin dinamik elastisite modülü (MPa) karşılaştırması



Şekil 4.8. Polimer beton numunelerinin dinamik elastisite modülü (MPa) karşılaştırması

4.1.5. Statik elastisite modülü

Deneysel çalışma sonucunda 35 günlük numunelerden elde edilen basınç dayanımları dikkate alınarak statik elastisite modülü değerleri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır. Elde edilen değerler çimentolu beton numuneler için Şekil 4.9.'da, polimer beton numuneler için ise Şekil 4.10'da verilmiştir.

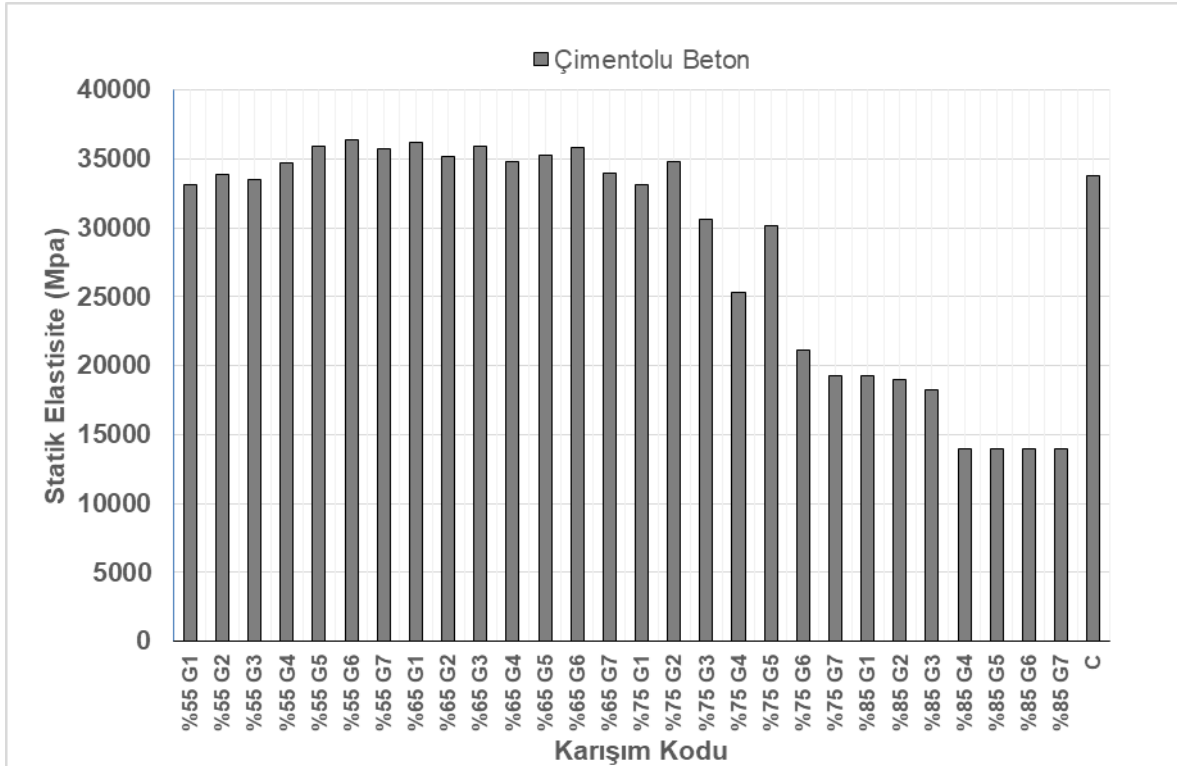
$$E_s = 1400 + 3250 * \sqrt{\sigma_{\text{basınç}}} \quad (4.2.)$$

Burada;

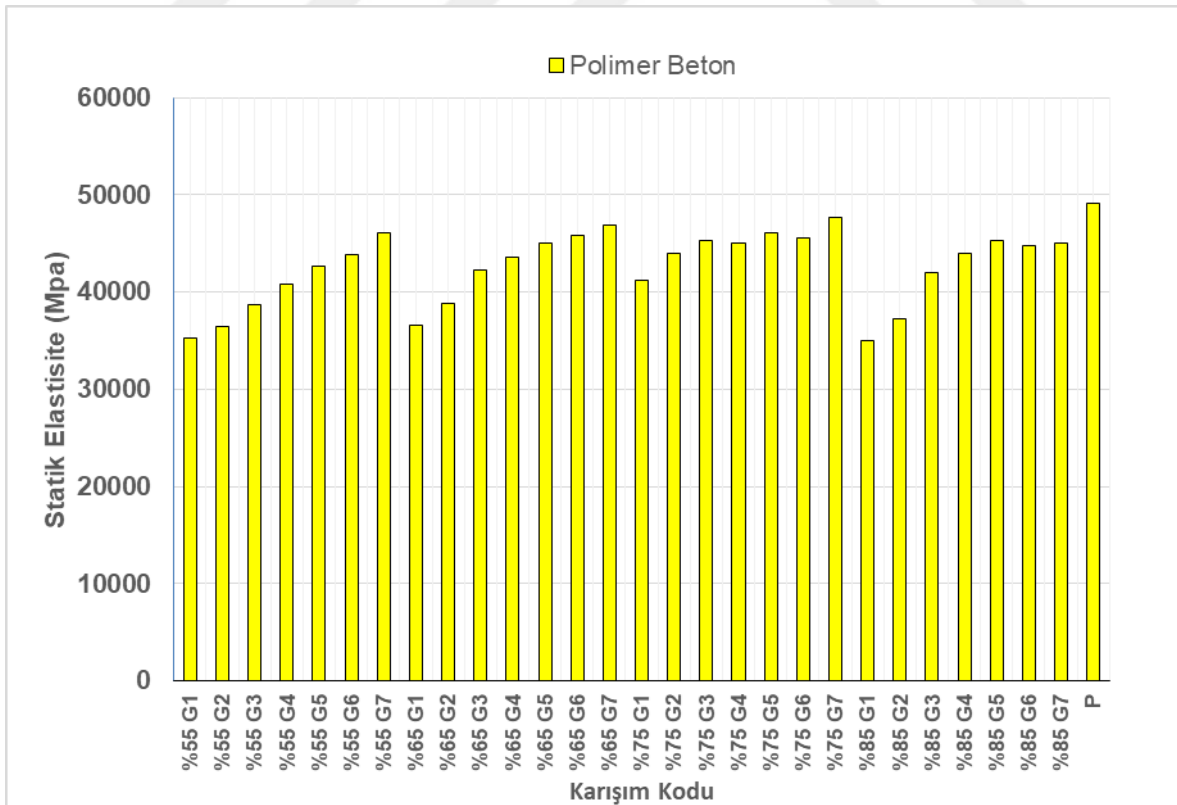
E_s = Statik Elastisite Modülü

$\sigma_{\text{basınç}}$ = Basınç dayanımını (MPa)

olarak tanımlanır.



Şekil 4.9. Çimentolu beton numunelerinin statik elastisite modülü (MPa) karşılaştırması

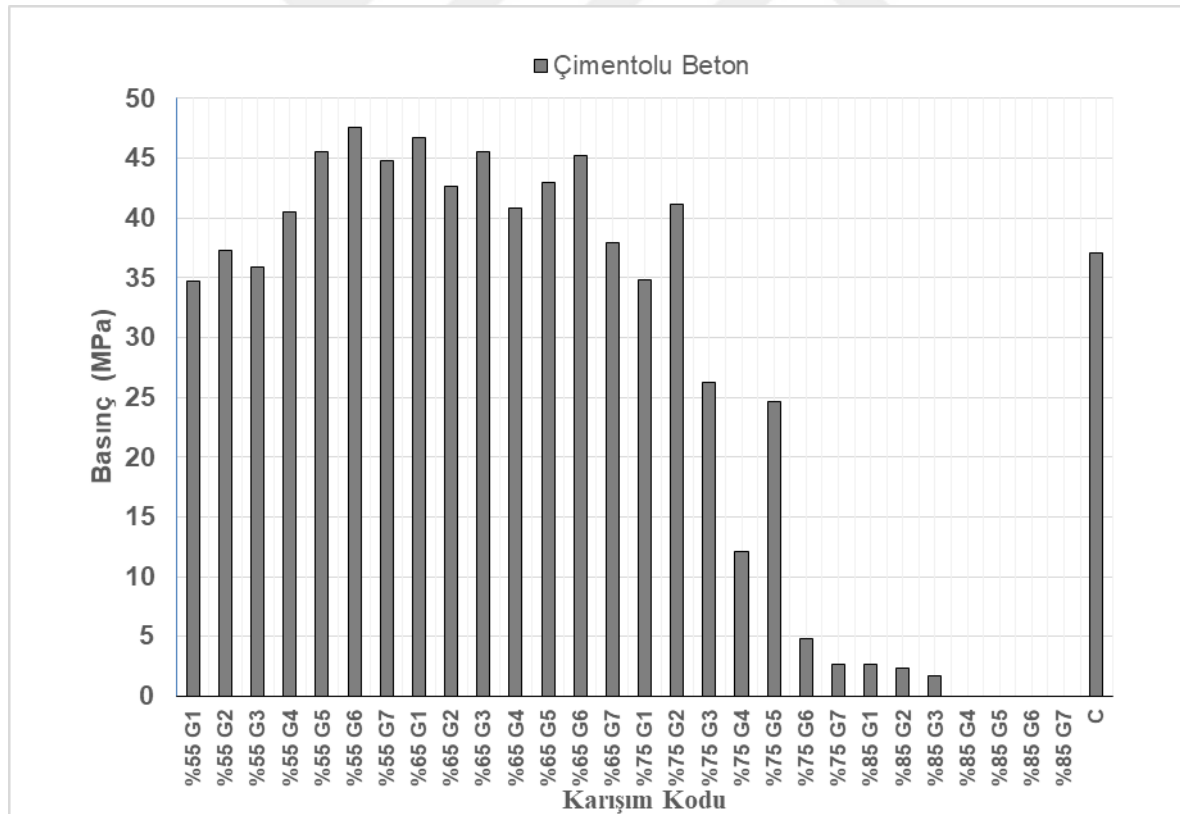


Şekil 4.10. Polimer beton numunelerinin statik elastisite modülü (MPa) karşılaştırması

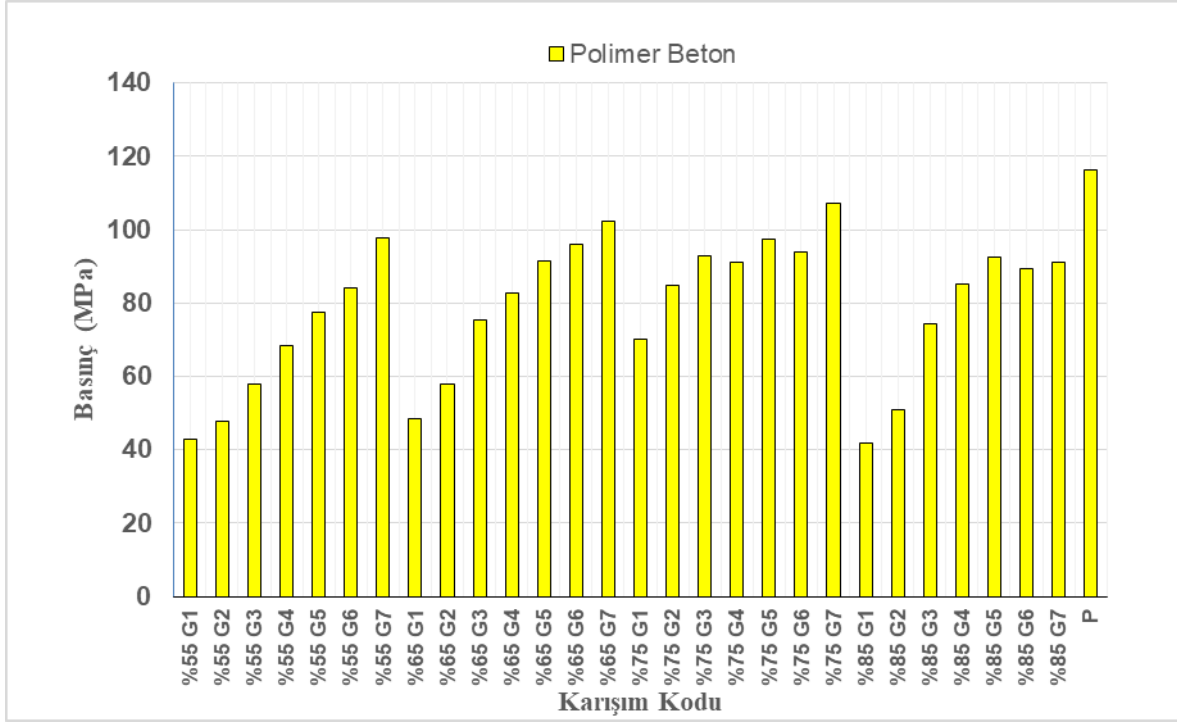
4.1.6. Basınç dayanımı

Çimentolu beton ve polimer beton numunelerin 35 günlük basınç dayanımı sırası ile Şekil 4.11. ve Şekil 4.12. verilmiştir. Kontrol grubu olarak ise 7, 14, 28 ve 35 günlük kür süresine sahip agregasız polimer betonlar ile 35 günlük kür süresine sahip çimento hamuru üretilmiştir. Agregasız polimer betonların kür süresine bağlı olarak değişen basınç dayanımları Şekil 4.13. verilmiştir.

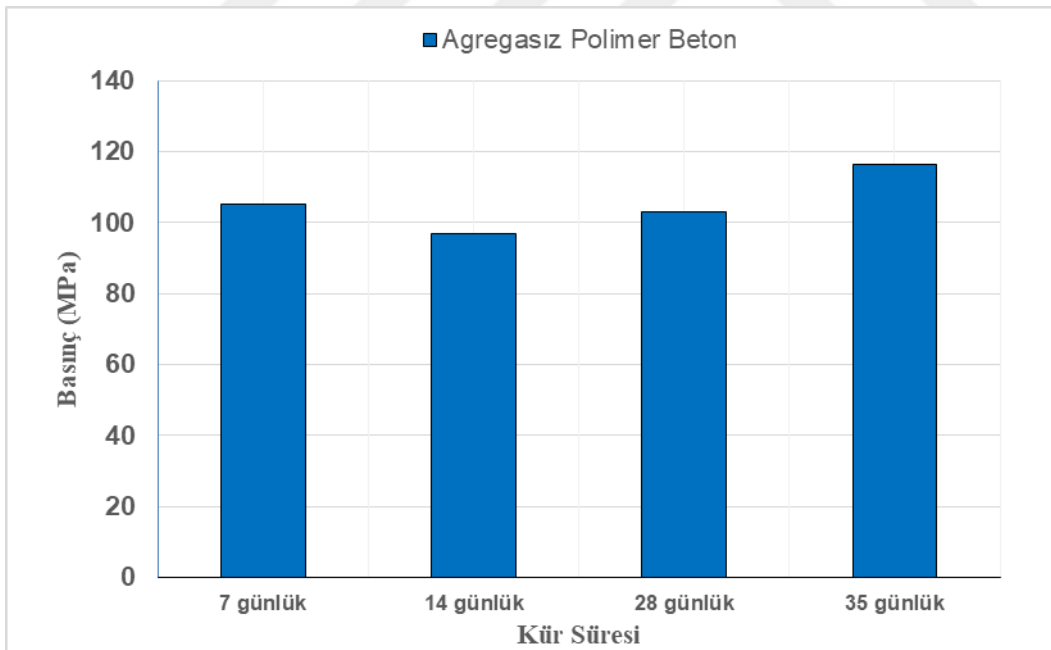
1,0 ve 0,5 cm polyester kaplı çimentolu beton numuneler için öncelikle içteki çimentolu beton tabakası üretilmiştir. Çimentolu beton tabaka 35 günlük kür süresi boyunca kür havuzunda bekletilmiştir. Çimentolu beton tabaka polyester reçine ile kaplanmıştır. Polyester kaplı beton numuneler oda sıcaklığında 35 gün bekletildikten sonra basınç testine tabi tutuldu. Sırasıyla 1,0 cm ve 0,5 cm polyester kaplı beton numunelerin basınç dayanımı, Şekil 4.15. ve Şekil 4.14.'de verilmiştir.



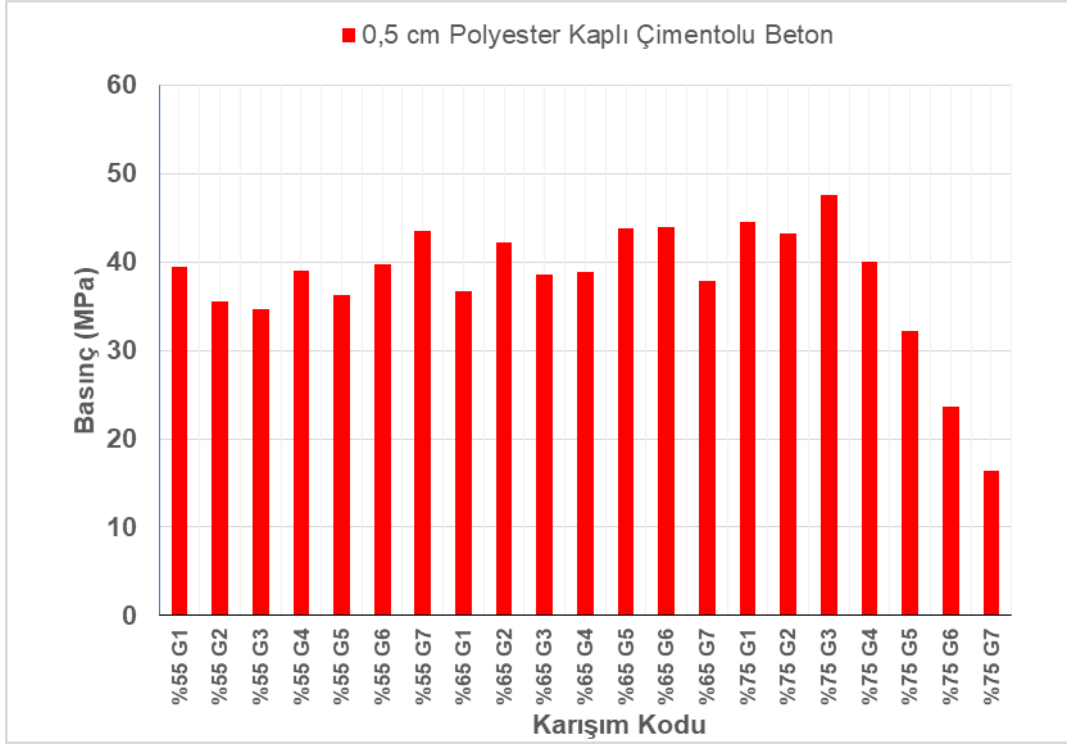
Şekil 4.11. Çimentolu beton eğilme numunelerinin basınç dayanımı (MPa) karşılaştırması



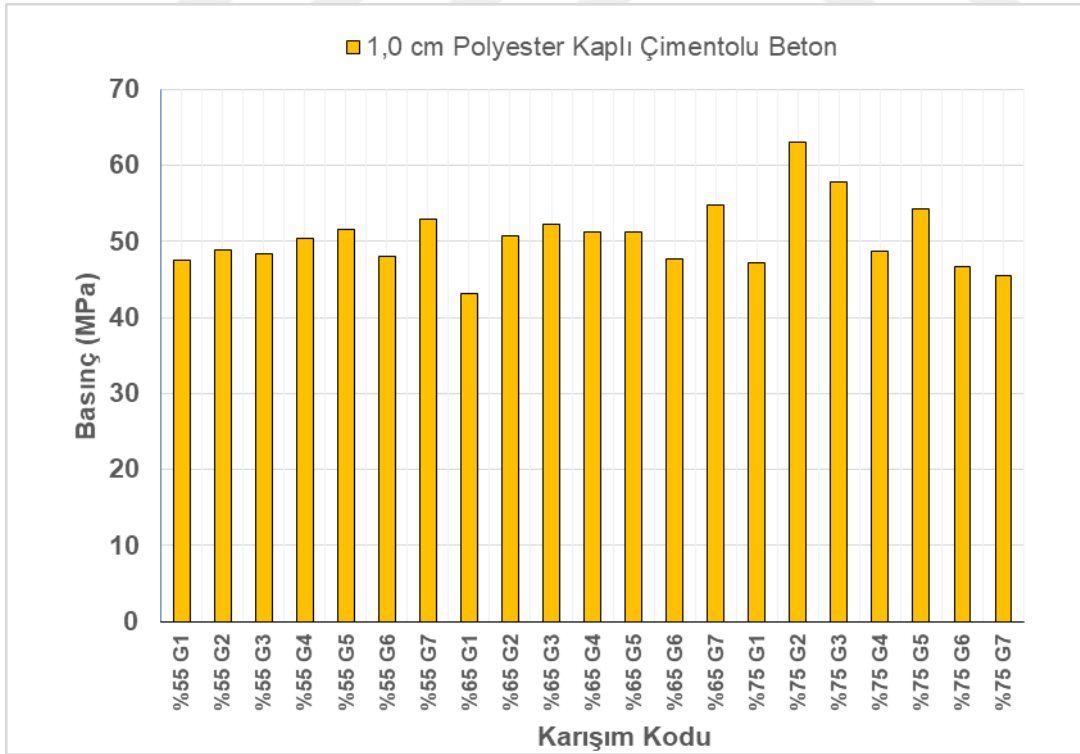
Şekil 4.12. Polimer beton eğilme numunelerinin basınç dayanımı (MPa) karşılaştırması



Şekil 4.13. Agregasız polimer beton eğilme numunelerinin kür süresine göre basınç dayanımı (MPa) karşılaştırması



Şekil 4.14. 0,5 cm Polyester kaplı çimentolu beton eğilme numunelerinin basınç dayanımı (MPa) karşılaştırması

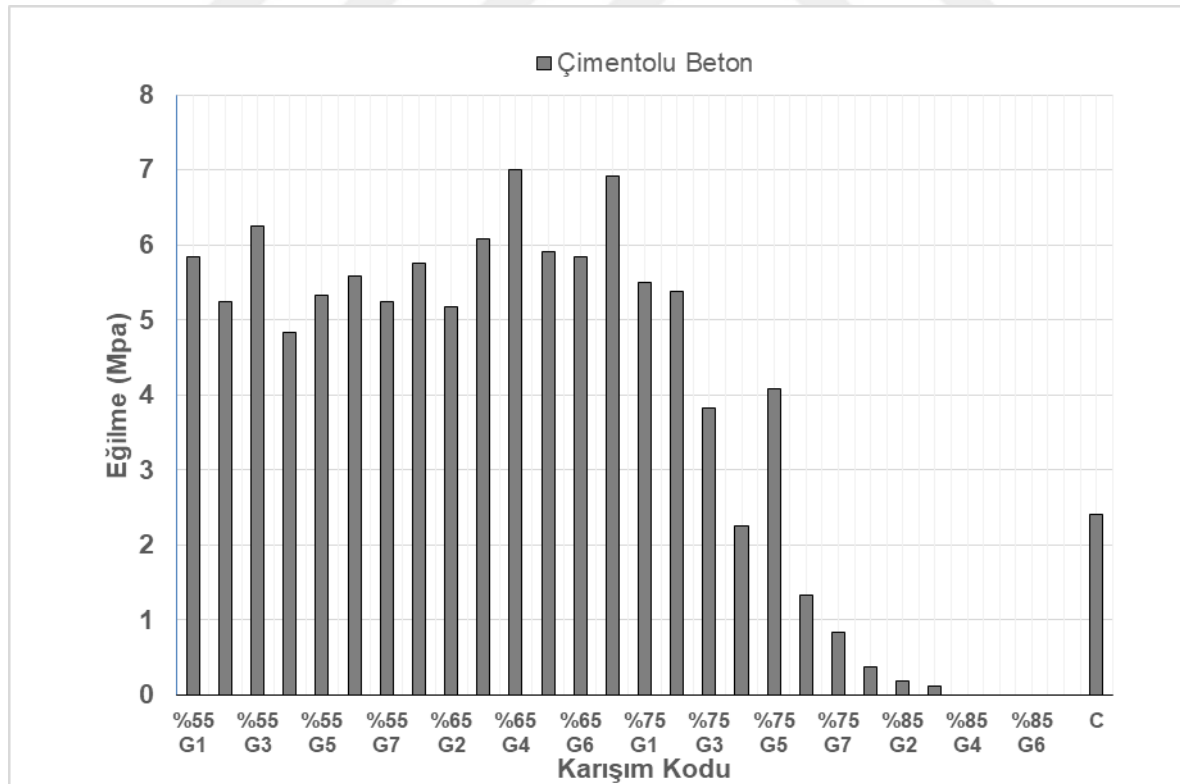


Şekil 4.15. 1,0 cm Polyester kaplı çimentolu beton eğilme numunelerinin basınç dayanımı (MPa) karşılaştırması

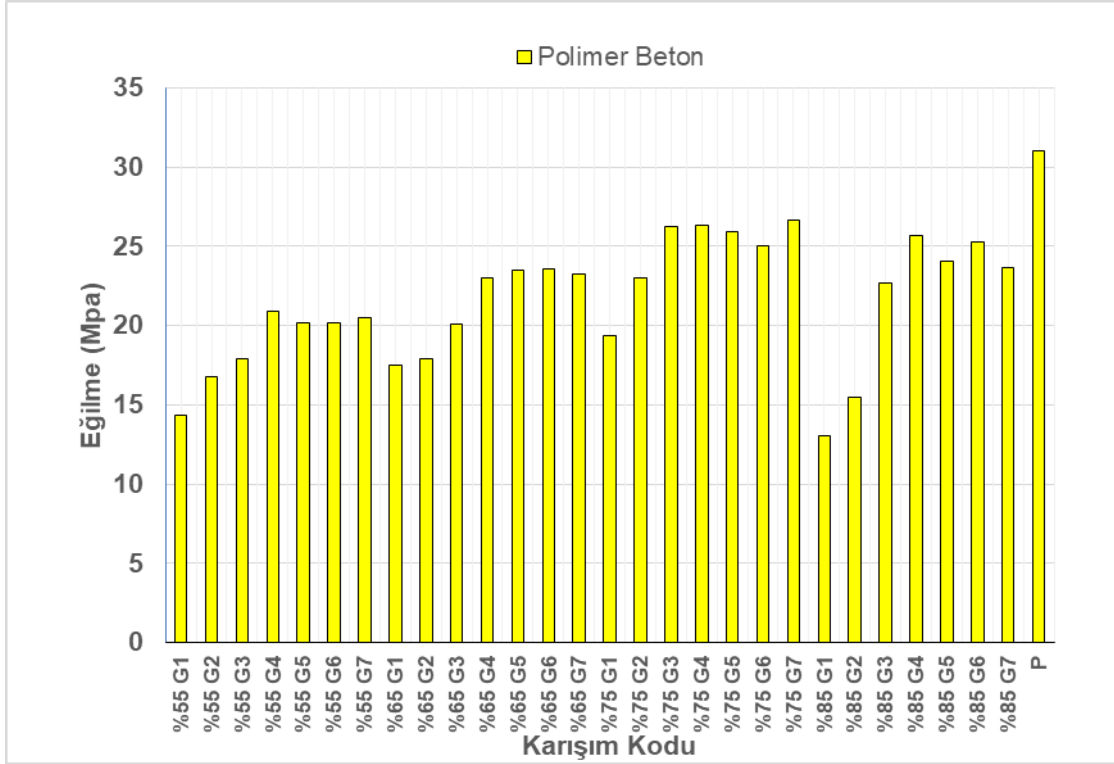
4.1.7. Eğilme dayanımı

Çimentolu beton ve polimer beton numunelerin 35 günlük eğilme dayanımı sırası ile Şekil 4.16. ve Şekil 4.17. verilmiştir. Kontrol grubu olarak ise 7, 14, 28 ve 35 günlük kür süresine sahip agregasız polimer betonlar ile 35 günlük kür süresine sahip çimento hamuru üretilmiştir. Agregasız polimer betonların kür süresine bağlı olarak değişen eğilme dayanımları Şekil 4.18. verilmiştir.

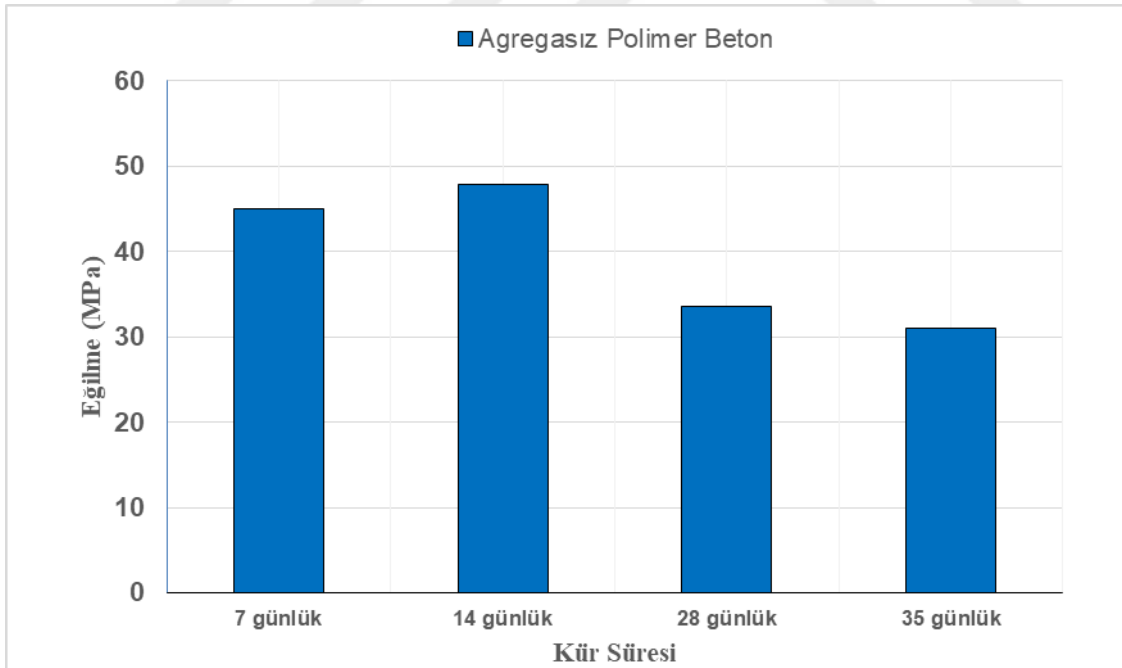
1,0 ve 0,5 cm polyester kaplı çimentolu beton numuneler için öncelikle içteki çimentolu beton tabakası üretilmiştir. Çimentolu beton tabaka 35 günlük kür süresi boyunca kür havuzunda bekletilmiştir. Çimentolu beton tabaka polyester reçine ile kaplanmıştır. Polyester kaplı beton numuneler oda sıcaklığında 35 gün bekletildikten sonra eğilme testine tabi tutuldu. Sırasıyla 1,0 cm ve 0,5 cm polyester kaplı beton numunelerin basınç dayanımı, Şekil 4.20. ve Şekil 4.19.'de verilmiştir.



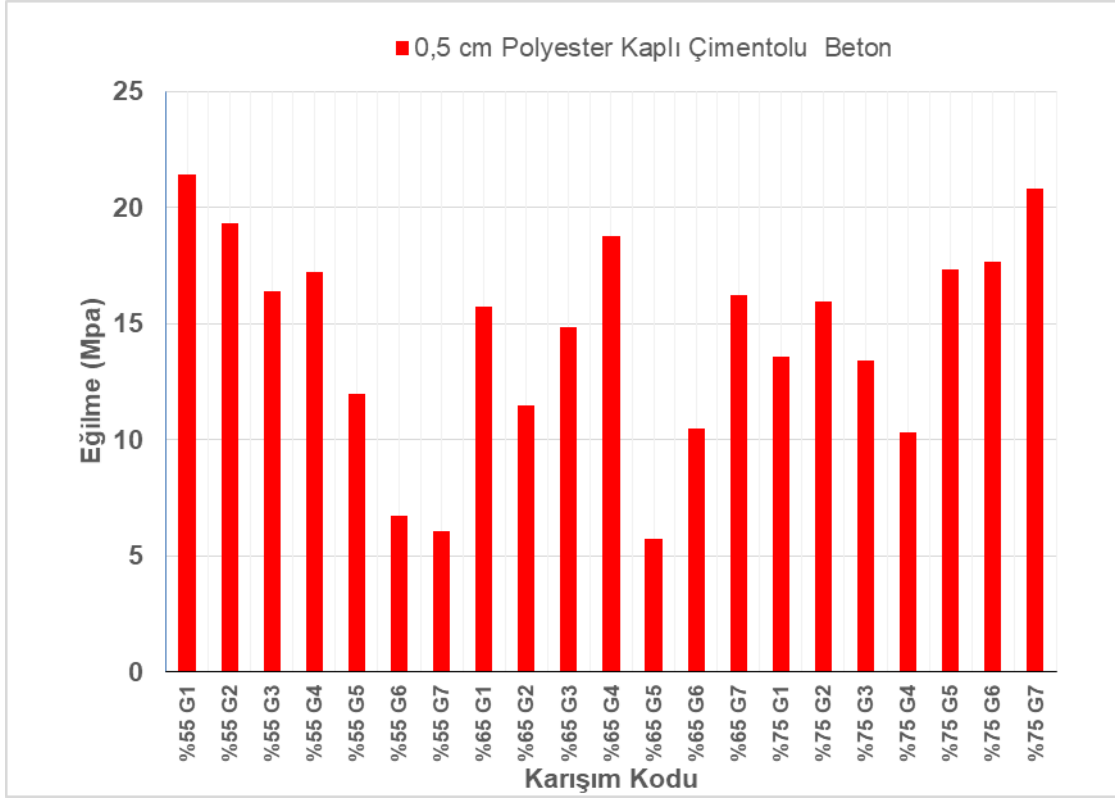
Şekil 4.16. Çimentolu beton numunelerinin eğilme dayanımı (MPa) karşılaştırması



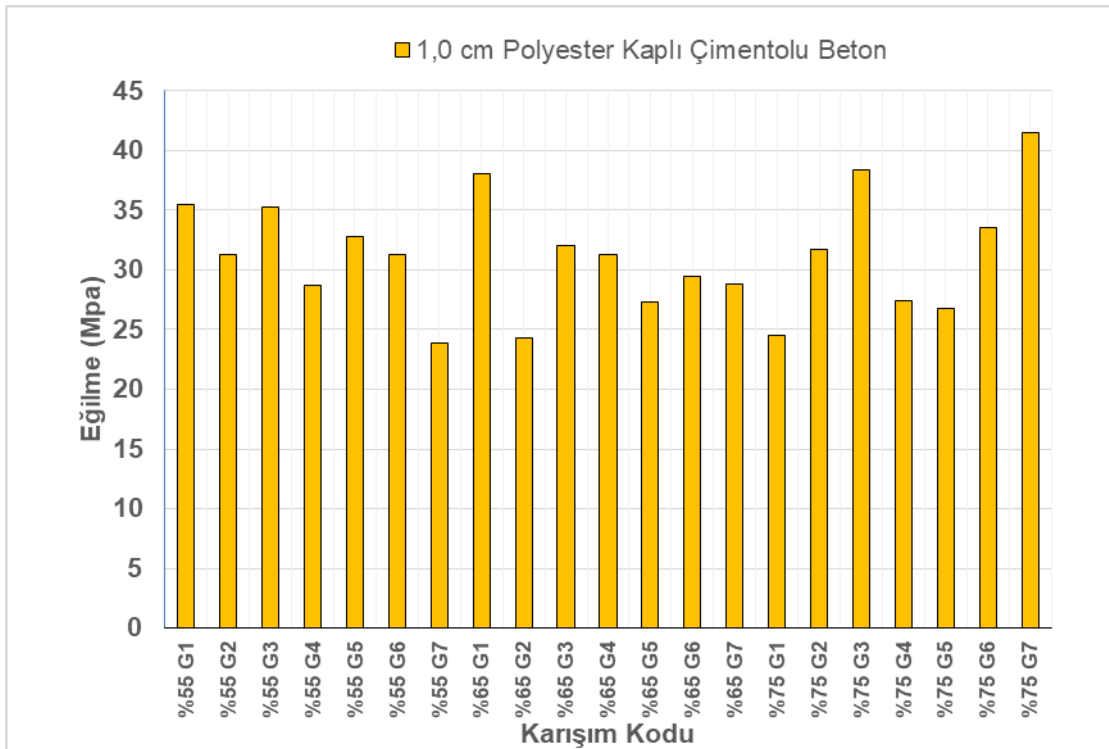
Şekil 4.17. Polimer beton numunelerinin eğilme dayanımı (MPa) karşılaştırması



Şekil 4.18. Agregasız polimer beton numunelerinin kür süresine göre eğilme dayanımı (MPa) karşılaştırması



Şekil 4.19. 0,5 cm Polyester kaplı çimentolu beton numunelerinin eğilme dayanımı (MPa) karşılaştırması



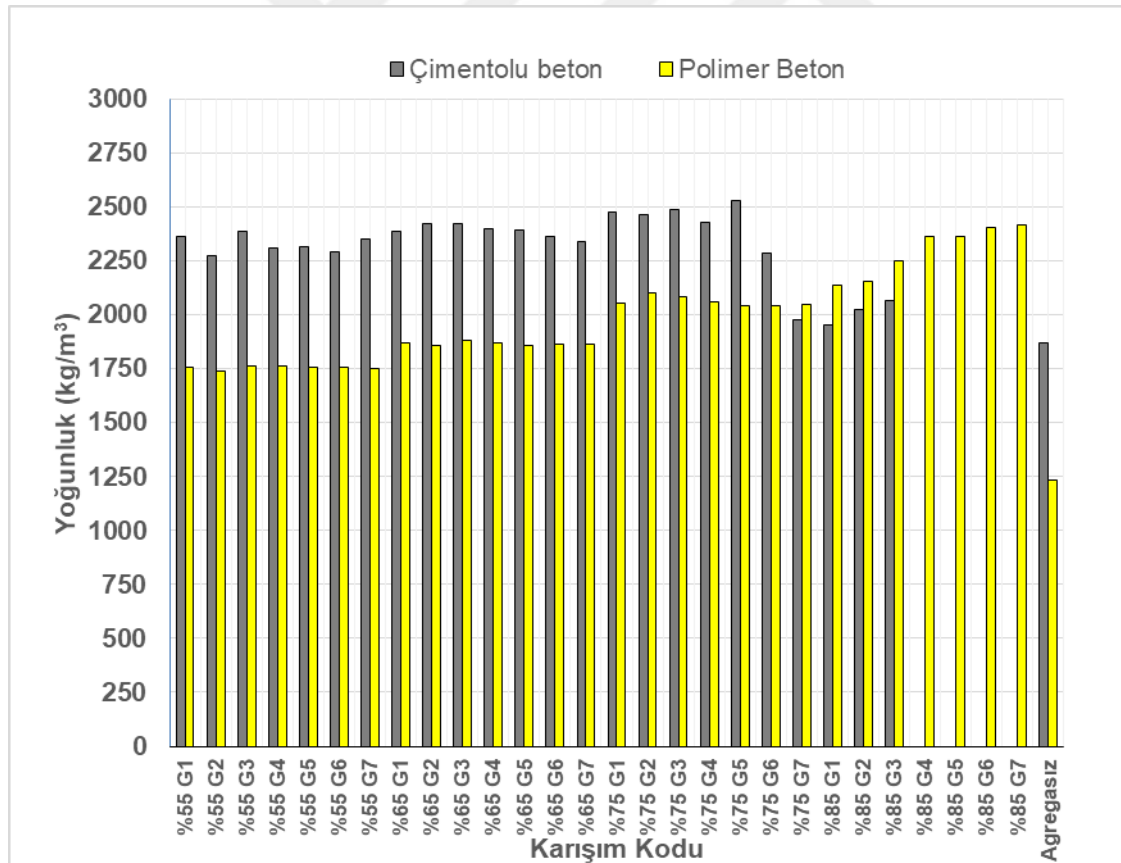
Şekil 4.20. 1,0 cm Polyester kaplı çimentolu beton numunelerinin eğilme dayanımı (MPa) karşılaştırması

4.2. Tartışma

Polimer beton, çimentolu beton ve polimer kaplı betonun mekanik testleri sonuçlarının karşılaştırılması bu bölümde ele alınmaktadır.

4.2.1. Birim hacim ağırlığı incelenmesi

Kür havuzunda 35 gün boyunca bırakılan çimentolu beton numunelerin yüzeyi kuru suya doymun birim hacim ağırlıkları ve 35 gün boyunca oda sıcaklığında (25°C) bekletilen polimer beton numunelerin birim hacim ağırlıkları Şekil 4.21.'de karşılaştırılmıştır. Çimentolu beton numunelerin taze, yüzeyi kuru suya doymun ve 100°C sıcaklıkta etüvde bekletilen birim hacim ağırlıkları ise Şekil 4.22.'de verilmiştir.

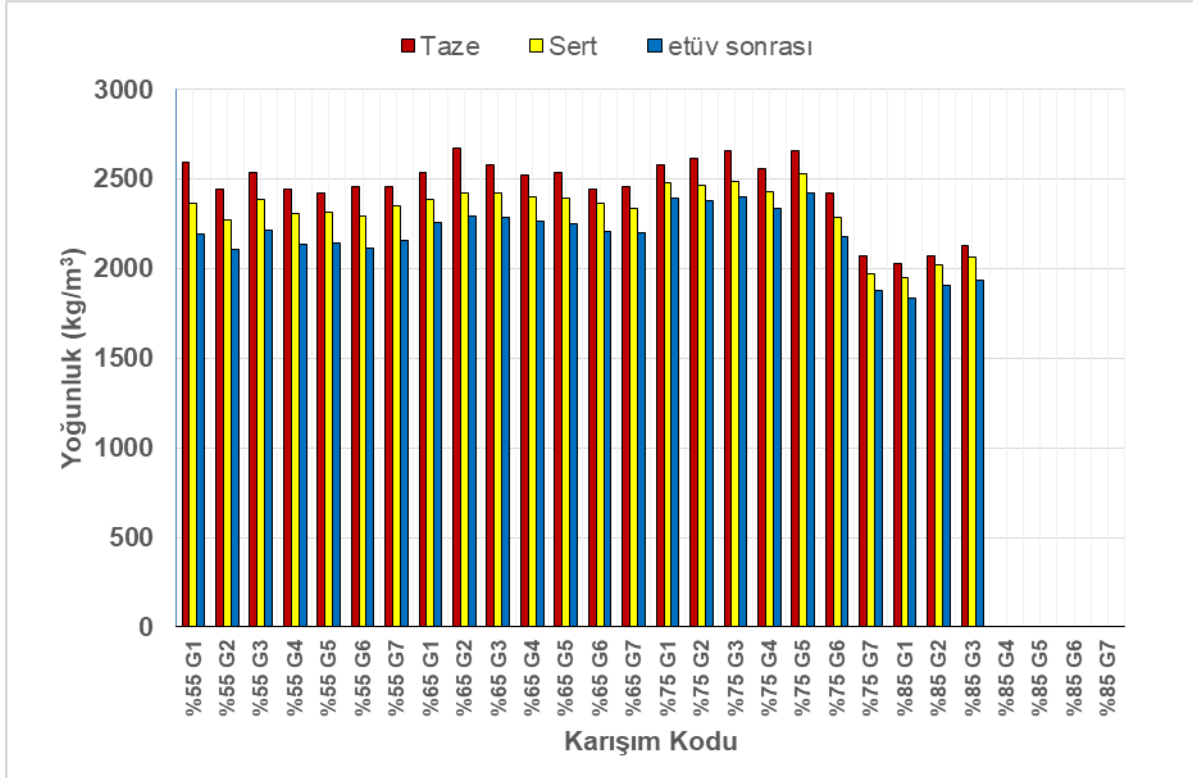


Şekil 4.21. Çimentolu beton ve polimer beton numunelerinin yoğunluk (kg/m³) karşılaştırması

Şekil 4.21. incelendiğinde 35 günlük çimento beton numunelerinin granülometrisindeki elek altı (tava) miktarının artması ile suya doygun yüzeyi kuru ağırlıklarında azalma olduğu görülmektedir. Bu duruma sebep olarak, granülometrilerin içerisinde bulunan elek altının (tava) suyu ilk başta hemen emmesi nedeni ile karılan harcın kuru kalması gösterilebilir. Kuru harç ise, kıvamı daha iyi olan harca oranla kalıba iyi yerleşmemekte ve harç numuneleri içerisinde boşluklar oluşmasına neden olmaktadır. Bu durum elek altının (tava) miktarının artmasından dolayı ağırlıkça agrega oranı %75 ve %85 olan çimentolu beton setlerinin özgül ağırlığında açıkça görülmektedir. Ağırlıkça agrega oranı %75 ve %85 olan çimentolu beton setleri ağırlıkça agrega oranı %55 ve %65 olan çimentolu beton setlerden daha düşük çıkmasına neden olduğu gözlemlenmektedir.

Polimer betonda ise elek altı agrega (tava) miktarının çimentolu betonlarda olduğu gibi olumsuz bir etkisinin olmadığı, hatta çimentolu beton numunelerin aksine elek altının (tava) polimer betonun daha iyi yerleşip daha gözeneksiz olmasına katkı sağladığı gözlemlenmektedir. Elek altı (tava) malzemesinin suyu çok iyi emdiği gözlemlenmiştir. Lakin elek altı (tava) malzemesinin polysteri ememediği yorumu yapılabilir. Bu durum nedeni ile ağırlıkça agrega miktarı fazla olan %85'lik polimer beton setlerinin daha yüksek özgül ağırlığa sahip olduğu gözlemlenmektedir.

Polimer beton ve çimentolu beton birim hacimleri kendi içlerinde kıyaslandığında ağırlıkça agrega oranı %85 olan çimentolu beton numuneler hariç polimer betonun birim hacim ağırlığı çimentolu betondan çok daha az olduğu gözlemlenmektedir. Agregasız polimer beton numunelerinin birim hacim ağırlığının agregalı polimer beton serilerinden daha az olduğu tespit edilmiştir.



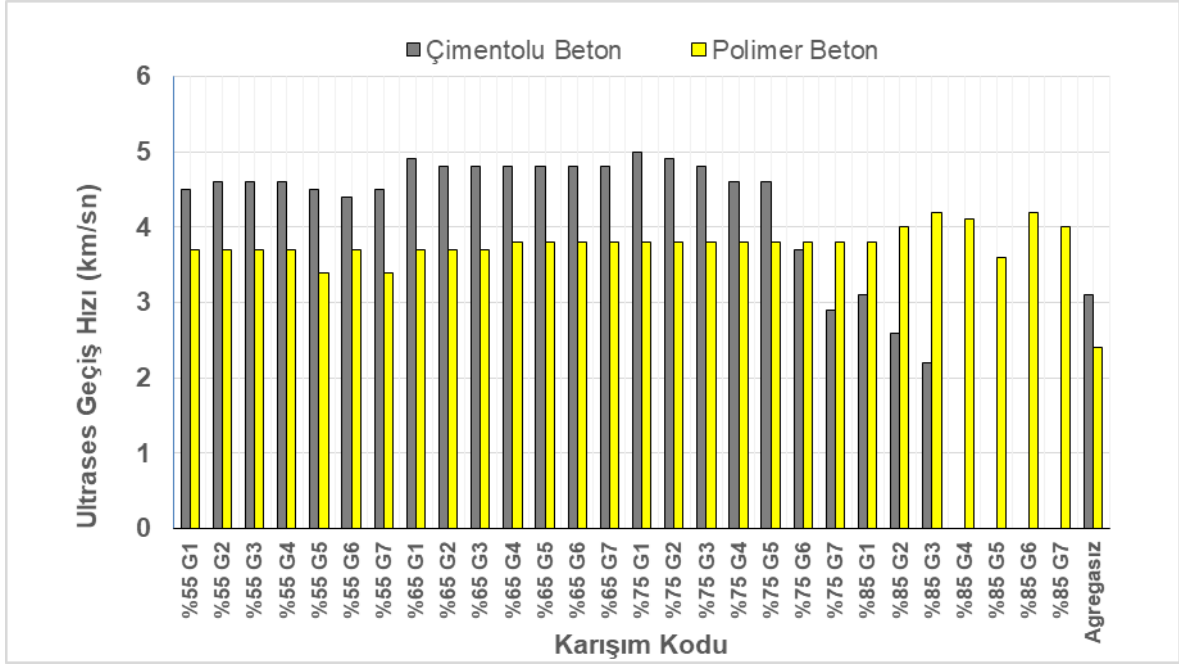
Şekil 4.22. Çimentolu beton numunelerinin taze, sert ve etüv sonrası yoğunluk (kg/m^3) karşılaştırması

Şekil 4.22. incelendiğinde taze birim hacim ağırlığının en yüksek değere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum hidrasyon tepkimesi daha olmadığı için içeriğindeki su miktarının sert ve etüv sonrasına oranla daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Etüv sonrası birim hacim ağırlığının ise suya doymun yüzeyi kuru yani sertleşmiş numunelere oranla daha az olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum ise suya doymun yüzeyi kuru numuneler 100 C'de 24 saat etüvde beklemesi nedeni ile içeriğindeki su miktarını kaybetmesinden kaynaklandığı sonucuna varılabilir.

4.2.2. Ultrases geçiş hızının irdelenmesi

Tez çalışmasındaki ultrases geçiş hızları harç numuneleri kullanılarak bulunmuştur. Çimentolu beton ve polimer beton numunelerinin ultrases geçiş hızlarının Çizelge 4.2.'deki beton kalite sınıfı ışığında incelenmesi Şekil 4.23.'de gösterilmiştir. Ultrases geçiş hızlarının kendi içlerinde karşılaştırılması ise Şekil 4.24.'de verilmiştir.

1,0 cm ve 0,5 cm polyester kaplı çimentolu beton numunelerin ultrases geçiş hızlarının karşılaştırılması Şekil 4.25'te verilmiştir.



Şekil 4.23. Çimentolu beton ve polimer beton numunelerinin ultrases geçiş hızı (km/sn) karşılaştırması

Çizelge 4.2. Ultrases geçiş hızı ile beton kalitesi karşılaştırması [39]

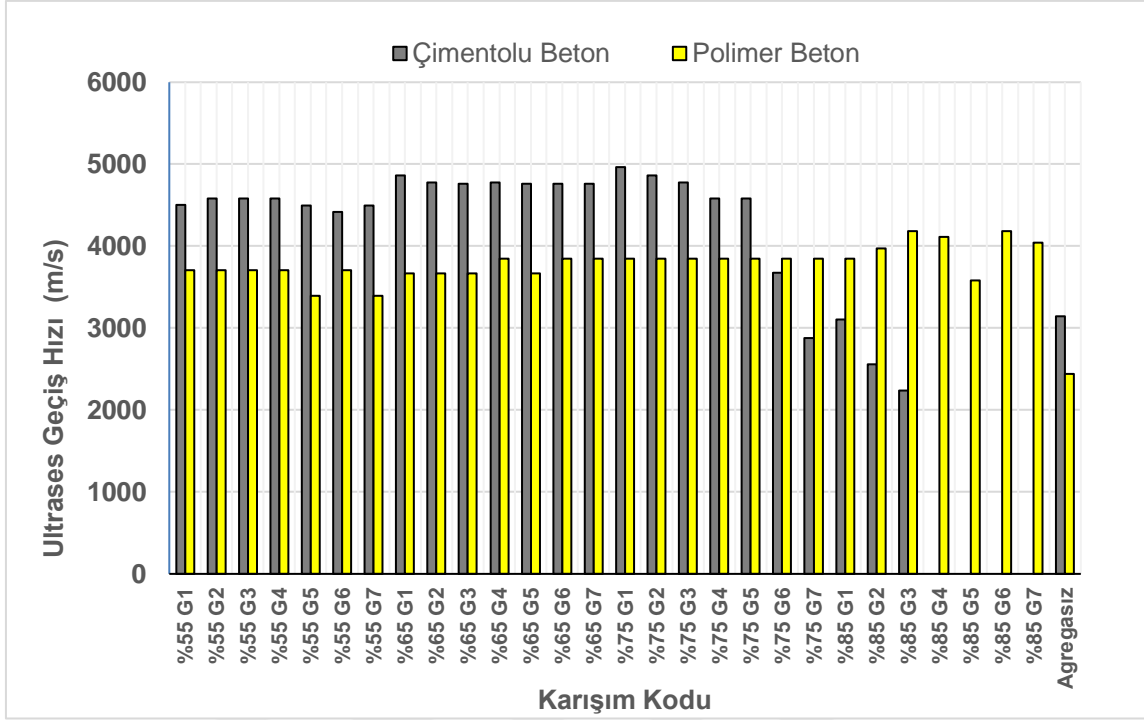
Ses Hızı (V) km/sn	Beton Kalitesi
>4,5	Mükemmel
3,5-4,5	İyi
3,0-3,5	Orta
2,0-3,0	Zayıf
<2	Çok Zayıf

Çizelge 4.2. ışığında Şekil 4.23. incelendiğinde çimentolu beton numunelerin ultrases geçiş hızı, ağırlıkça %75 agrega oranına sahip G7 ile %85 agrega oranına sahip G2 ve G3 numunelerinin ultrases geçiş hızları 3 km/sn'nin altında olduğu gözlemlenmiştir. Bu numunelerin yoğunluklarının düşük olduğu Şekil 4.21.'de de gözlemlenmiştir. Bu durumla uyumlu olarak beton kalitesinin zayıf olduğu tespit edilmiştir. Burada beton kalitesinin zayıf

olma nedeni ile yoğunluğunun düşük olma nedeninin aynı olduğu sonucuna varılabilir. Bu numuneler elek altının (tava) miktarını fazla içerdiği için boşluklu yapıya sahip olduğu düşünülmektedir. Çimentolu betonda ağırlıkça %85 agregaya oranına sahip G1 numunesi orta beton kalitesine sahipken %75 agregaya oranına sahip G6 numunesi iyi beton kalitesine sahip olduğu gözlemlenmektedir. Diğer çimentolu beton numunelerinin ultrases geçiş hızlarının 4,5 km/sn'nin için mükemmel beton kalitesine sahiplerdir.

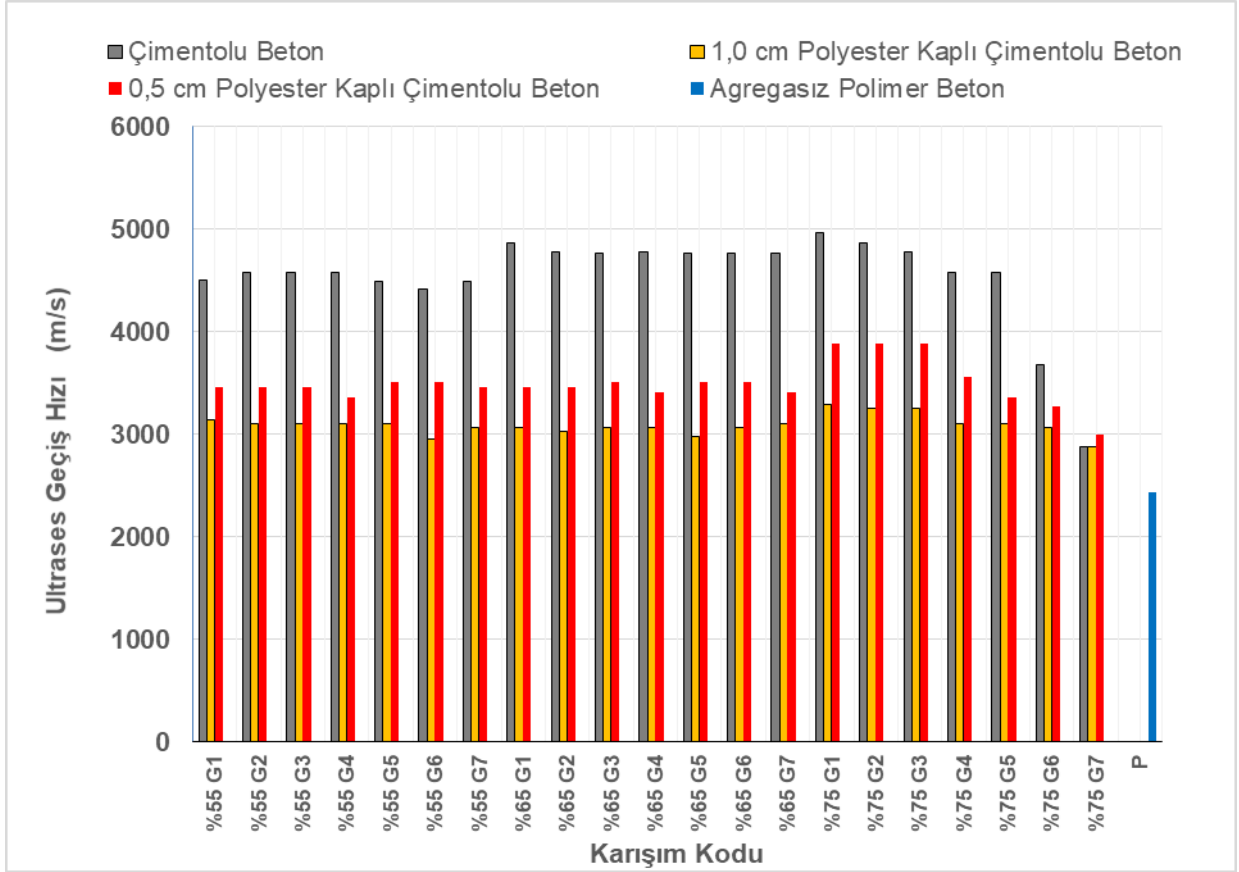
Standartlarda verilen granülometri eğlerine göre kullanılabilir sınıfına giren G2-A, G3, G4-B, G5 ve G6-C eğrileri Çizelge 4.2. ışığında Şekil 4.23. incelendiğinde ağırlıkça agregaya oranı %55 ve %65 olan seri mükemmel sınıfında çıkmaktadır. Ağırlıkça agregaya oranı %75 olan seri de ise G2-A, G3, G4-B, G5 mükemmel sınıfında çıkarken G6'nın iyi sınıfında olduğu gözlemlenmektedir. Ağırlıkça agregaya oranı %85 olan seride ise G2-A ve G3 zayıf sınıfında çıkmaktadır.

Polimer beton için Çizelge 4.2. ışığında Şekil 4.23. incelendiğinde %55 agregaya oranına sahip G7 ile G5 orta sınıfına girerken diğer polimer beton numunelerinin iyi beton sınıfına girmektedir. %65 ve %75 agregaya oranına sahip polimer betonlar ise iyi beton sınıfına girmektedir. %85 agregaya oranına sahip polimer betonlarda G1 ve G5 iyi beton sınıfına girerken diğerleri mükemmel beton sınıfına girmektedir. Lakin polimer betonda %55 agregaya oranına sahip G7 ile G5 Şekil 4.28 ve Şekil 4.31.'de görüldüğü üzere mükemmel çıkan çimentolu beton serilerinden olan bazı numunelere göre dahi iyi eğilme ve basınç dayanımına sahiptir. Buradan yola çıkarak polimer beton numunelerin dayanımı hakkında Çizelge 4.2.'le tutarlı bir yorum yapmak mümkün gözükmemektedir.



Şekil 4.24. Çimentolu beton ve polimer beton numunelerinin ultrases geçiş hızı (m/s) karşılaştırması

Şekil 4.24. incelendiğinde çimentolu beton numunelerin polimer betonlara göre ultrases geçiş hızlarının daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin çimentolu beton numunelerin yoğunluğunun polimer betonlara oranla daha fazla olması ile açıklanabilir. Yoğunluk miktarı ile ultrases geçiş hızı arasında bir ilişki olduğu gözlemlenmektedir. Yoğunluk miktarı arttıkça ultrases geçiş hızı arttığı yorumu yapılabilir. Bu nedenle çimentolu beton numunelerde boşluklu yapıya sahip olduğu düşünülen %85 serisinin ultrases geçiş hızı düşük olduğu gözlemlenmektedir. Polimer betonda ise çimentolu beton numunelere oranla daha az dalgalı bir grafik oluşturmaktadır. Bu durumun ise polimer betonun, çimentolu beton numunelere oranla daha iyi yerleşmesinden ve bu nedenle boşluk probleminin de çimentolu betona oranla daha az olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

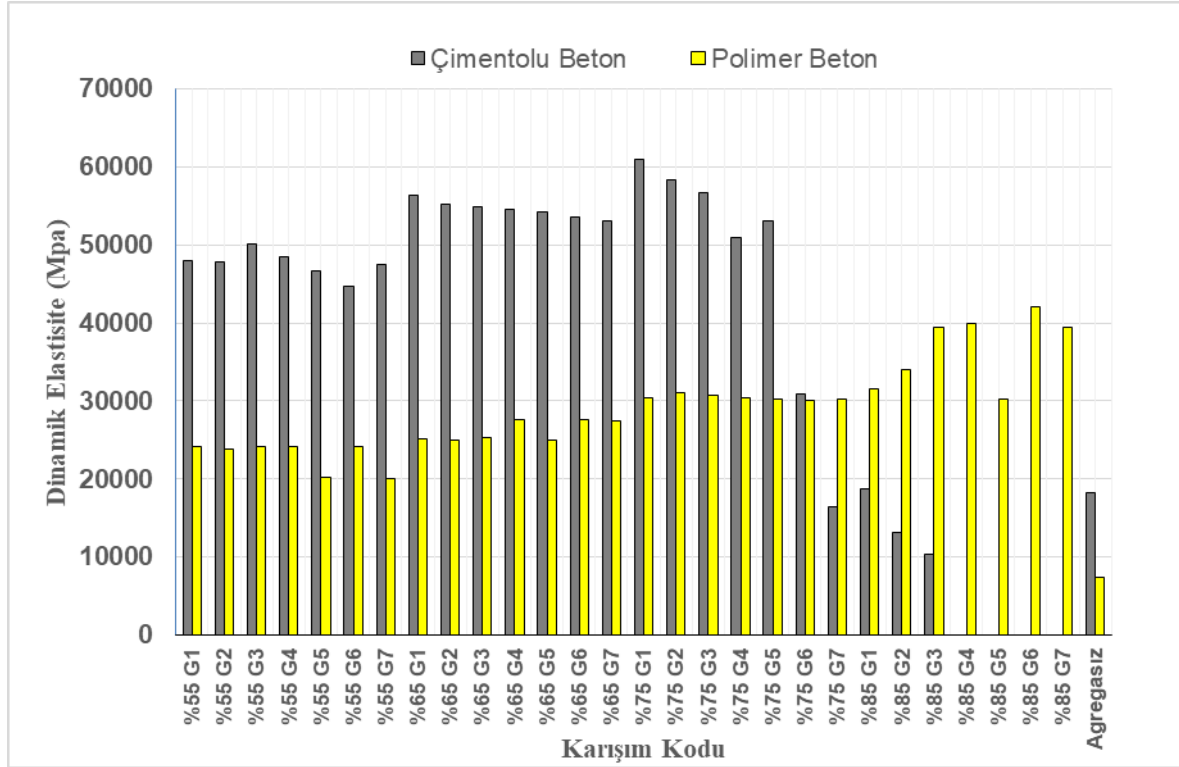


Şekil 4.25. 1,0 cm ve 0,5 cm polyester kaplı çimentolu beton, çimentolu beton ve polimer beton numunelerinin ultrases geçiş hızı (m/s) karşılaştırması

Şekil 4.25. incelendiğinde çimentolu betonun ultrases geçiş hızı 1,0 ve 0,5 cm polyester kaplı çimentolu beton numunelerine göre daha fazla olduğu görülmektedir. 1,0 ve 0,5 cm polyester kaplı çimentolu beton ile çimentolu beton aynı granometriye sahip olsa dahi kaplama malzemesi olan polyesterin yoğunluğu çimentolu betondan daha azdır. Bu nedenle çimentolu beton numunelerin ultrases geçiş hızı daha yüksek çıkmaktadır. 0,5 cm polyester kaplı çimentolu beton numunelerin içeriğinde bulunan çimentolu beton miktarı 1,0 cm polyester kaplı çimentolu beton numunelerden daha fazladır. Dolayısıyla çimentolu betonun yoğunluğu daha yüksek olduğu için 0,5 cm polyester kaplı çimentolu beton numunelerin ultrases geçiş hızı 1,0 cm polyester kaplı çimentolu beton numunelerden daha fazladır. Çimentolu beton numuneleri ile 1,0 ve 0,5 cm polyester kaplı çimentolu beton numuneleri davranışlarının birbirine benzediği görülmektedir. Bu durum polyester kaplı çimentolu beton numunelerinin içerisindeki çimentolu betonların granülometrilerinin aynı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.3. Dinamik elastisite modülü değerlerinin irdelenmesi

Deneysel çalışmada çimentolu beton ve polimer beton numunelerinin 35 günlük birim hacim ağırlıkları ve ultrases geçiş hızları, dikkate alınarak dinamik elastisite modülü değerleri yukarıdaki dinamik elastisite modülü formülü dikkate alınarak hesaplanmıştır. Elde edilen değerler Şekil 4.26.'de verilmiştir.



Şekil 4.26. Çimentolu beton ve polimer beton numunelerinin dinamik elastisite modülü (MPa) karşılaştırması

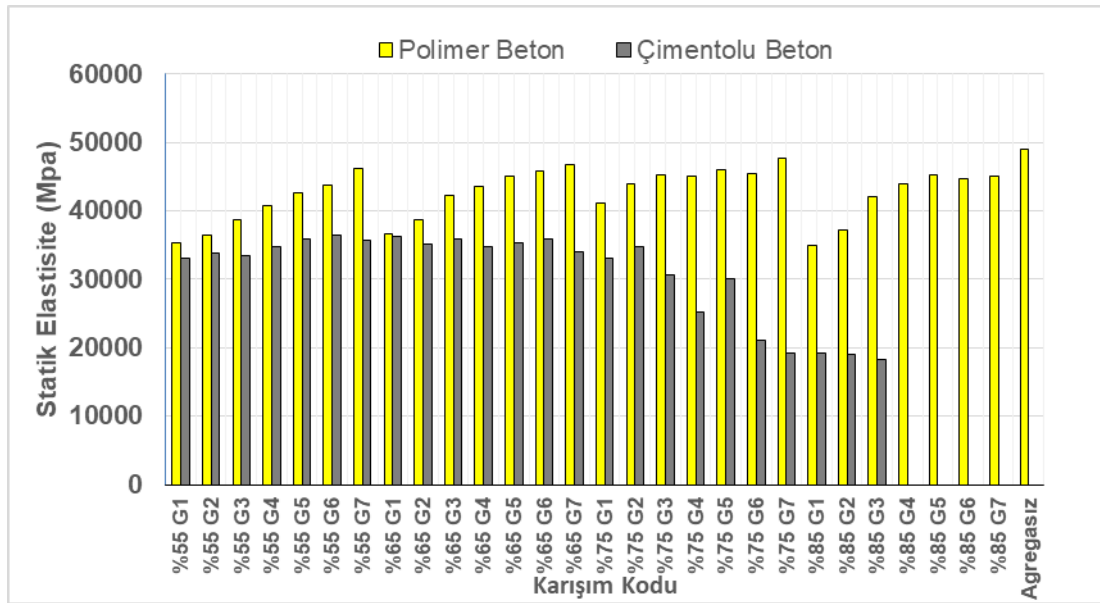
Şekil 4.26.'de görüldüğü üzere çimentolu betonun dinamik elastisite modülü değerleri polimer betondan daha yüksek çıkmaktadır. Bu durumun nedeni çimentolu betonun birim hacim ağırlığının yani yoğunluğunun polimer betondan çok daha fazla olmasıdır. Buna bağlı olarak ultrases geçiş hızı da çimentolu betonda polimer betona kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Bu iki parametreye bağlı olarak, çimentolu betonun dinamik elastisite modülü polimer betonda çok daha fazladır. Bu durum betonda %85 agrega miktarına bağlı olan numunelerde değişmektedir. Bunun nedeni ise çimentolu betonlarda içeriğinde bulunan elek altı (tava) miktarıdır. Çimentolu betonlarda %85 agregaya sahip numunelerin ultrases geçiş hızlarına ve birim hacim oranlarına bağlı olarak ise dinamik elastisite modülü düşük çıkmaktadır.

Polimer betonlarda ise elek altı (tava) miktarı tam tersi bir etkiye neden olduğu için kendi içinde en çok elek altı (tava) miktarına sahip %85 agregalı serinin birim hacim ağırlıkları yüksek ve ultrases geçiş hızları yüksek çıkmıştır. Polimer betonda birim hacim ağırlıkları ve ultrases geçiş hızlarına bağlı olarak en yüksek dinamik elastisite modülü değeri ise %85 agrega oranına sahip seride meydana gelmiştir.

Dinamik elastisite modülü için kullanılan bu formül, çimentolu beton için çıkarılmış bir formüldür. Bu nedenle bu formül literatürde çimentolu beton için çokça kullanılmaktadır. Fakat polimer betonla ilgili yapılan literatür çalışmasında böyle bir formüle rastlanılmamıştır. Bu sebeple bu çalışmada çimentolu beton için kullanılan bu formül polimer beton için de kullanılmıştır.

4.2.4. Statik elastisite modülü değerlerinin irdelenmesi

Deneysel çalışma sonucunda 35 günlük numunelerden elde edilen basınç dayanımları dikkate alınarak statik elastisite modülü değerleri yukarıdaki formül ile hesaplanmıştır. Elde edilen değerler Şekil 4.27’de verilmiştir.



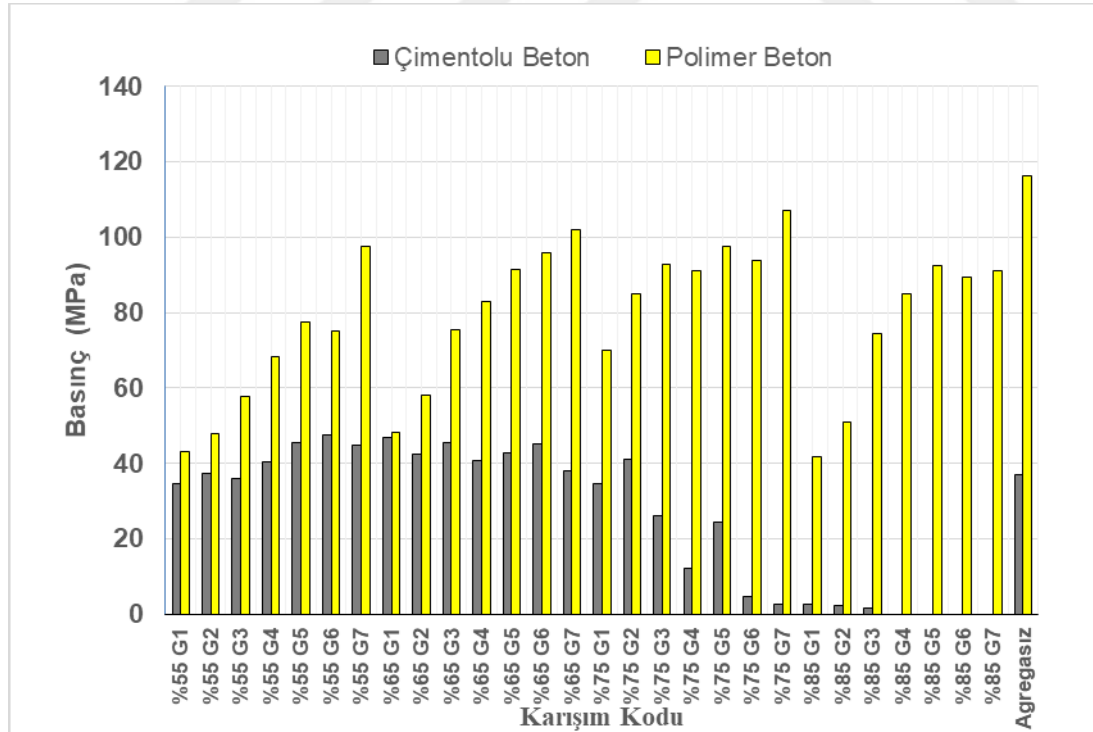
Şekil 4.27. Çimentolu beton ve polimer beton numunelerinin statik elastisite modülü (MPa) karşılaştırması

Şekil 4.27.'da görüldüğü üzere çimentolu betonun statik elastisite modülü değerleri polimer betondan daha düşük çıkmaktadır. Bu durumun nedeni, çimentolu betonun basınç dayanımının polimer betondan çok daha az olmasıdır.

Statik elastisite modülü için kullanılan bu formül çimentolu beton için çıkarılmış bir formüldür. Bu nedenle bu formül literatürde çimentolu beton için çokça kullanılmaktadır. Fakat polimer betonla ilgili yapılan literatür çalışmasında böyle bir formüle rastlanılmamıştır. Bu sebeple bu çalışmada çimentolu beton için kullanılan bu formül polimer beton için de kullanılmıştır.

4.2.5. Basınç dayanım değerlerinin irdelenmesi

Deneysel çalışmalardaki basınç dayanımları harç numuneleri kullanılarak bulunmuştur. Yapılan ölçümler sonucunda 35 günlük numunelerin suya doymun yüzey kuru halde elde edilen çimentolu beton basınç dayanımları ile 35 günlük oda sıcaklığında bekletilmiş polimer beton basınç dayanımı karşılaştırılması Şekil 4.28'da verilmiştir.

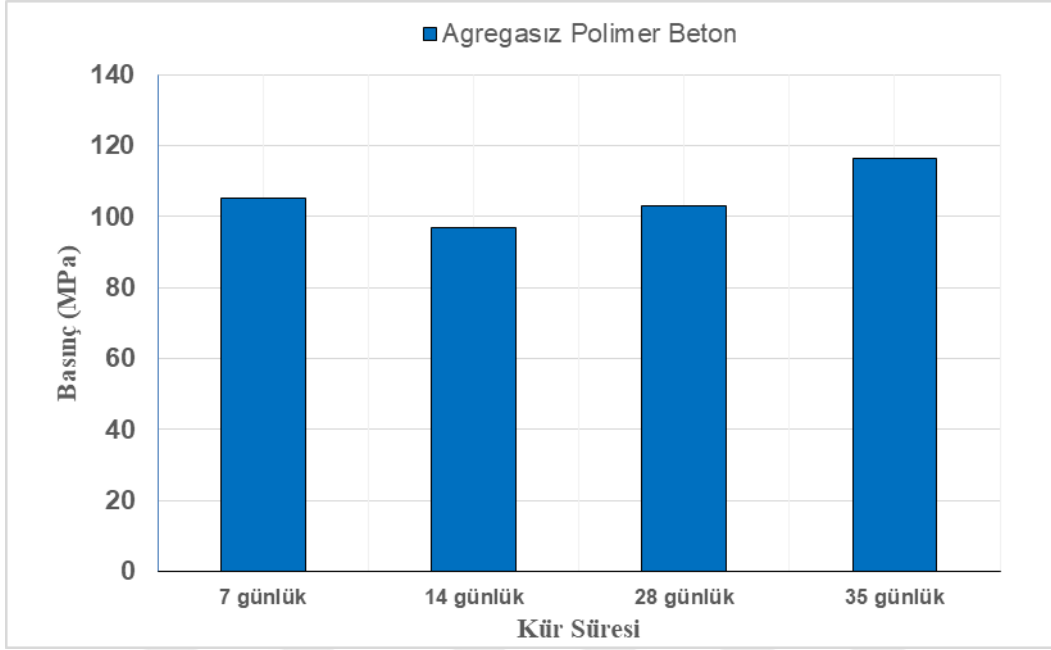


Şekil 4.28. Çimentolu beton ve polimer beton eğilme numunelerinin basınç dayanımı (MPa) karşılaştırması

Şekil 4.28. incelendiğinde polimer betonun basınç dayanımının çimentolu betonun basınç dayanımından çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle polimer betonda %75 ve %85 agregaya oranına sahip setlerin neredeyse agregasız polimer beton kadar basınç dayanımı sergilediği görülmektedir. Bu durum ışığında %25 hatta %15 polyester kullanarak yüksek basınç dayanımı elde edilebildiği gözlemlenmektedir. Elek altı (tava) miktarının etkisi basınç dayanımında da görülmektedir. Çimentolu beton numunelerde %55 agregalı G7 numunesinde basınç dayanımı %55 agregaya oranına sahip diğer numunelere oranla ortalama bir basınç dayanımına sahipken %65 ve %75 agregalı çimentolu betonlarda G7 numunelerinin basınç dayanımı düşük çıkmaktadır. Bu durumun nedeni G7 numunelerinin diğer numunelere göre daha fazla elek altı (tava) miktarına sahip olmasıdır. Ağırlıkça en çok agregaya, dolayısıyla en çok elek altı (tava) miktarına sahip olan %85 agregalı çimentolu betonların boşluklu yapısı nedeni ile çok düşük basınç dayanımına sahip olduğu gözlemlenmektedir. Hatta %85 agregalı çimentolu betonlarda G3 serisinden sonra kalıptan sağlam çıkamadığı görülürken polimer betonda bu durum tam tersidir. Polimer betonda elek altı (tava) miktarı fazla olan serilerin basınç dayanımı değerlerinin diğer numunelere göre çok daha iyi çıktığı görülmektedir. Bu nedenle polimer betonun basınç dayanımı ile elek altı (tava) miktarı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu bile söylenebilir.

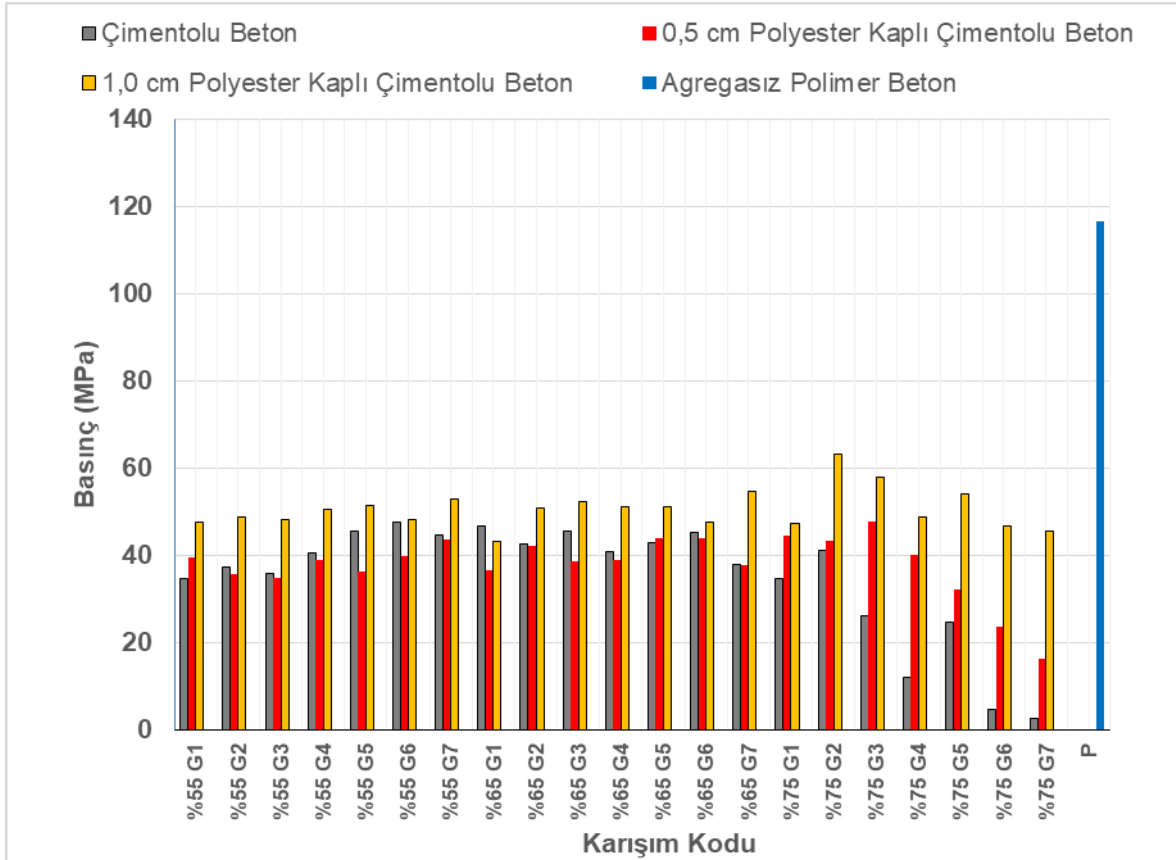
Çimentolu beton için standartlarda verilen granülometri eğlerine göre kullanılabilir sınıfına giren G2-A, G3, G4-B, G5 ve G6-C incelendiğinde ağırlıkça agregaya oranı %55 olan seride en yüksek basınç dayanımı G6 olduğu gözlemlenmektedir. Ağırlıkça agregaya oranı %65 olan seride en yüksek basınç dayanımı 46,76 Mpa değerinde olan G3 iken hemen ardından en yüksek basınç dayanımına sahip granülometri 45,53 Mpa ile G3 olduğu gözlemlenmektedir. Ağırlıkça agregaya oranı %75 olan seride en yüksek basınç dayanımı G2 olduğu gözlemlenmektedir.

Polimer beton için standartlarda verilen granülometri eğlerine göre kullanılabilir sınıfına giren G2-A, G3, G4-B, G5 ve G6-C incelendiğinde ağırlıkça %55, %65, %75 ve %85 agregaya oranlarında en yüksek basınç dayanımına G7 granülometrisi sahip olduğu gözlemlenmektedir. Bu nedenle basınç dayanımı göz önüne alındığında standartlarda verilen granülometri eğrileri polimer beton için kullanılabilir sınıfını oluşturmamaktadır.



Şekil 4.29. Agregasız polimer beton eğilme numunelerinin kür süresine göre basınç dayanımı (MPa) karşılaştırması

Şekil 4.29.'de görüldüğü üzere polimer betonun zamanla basınç dayanımı artmaktadır. Bu durumun nedeni polimer içerisindeki polimerizasyon tepkimesinin 35 gün sonra dahi devam ettiği ve bu tepkime sonlanana kadar basınç dayanımı artışı meydana geldiği sonucuna ulaşılabilir.

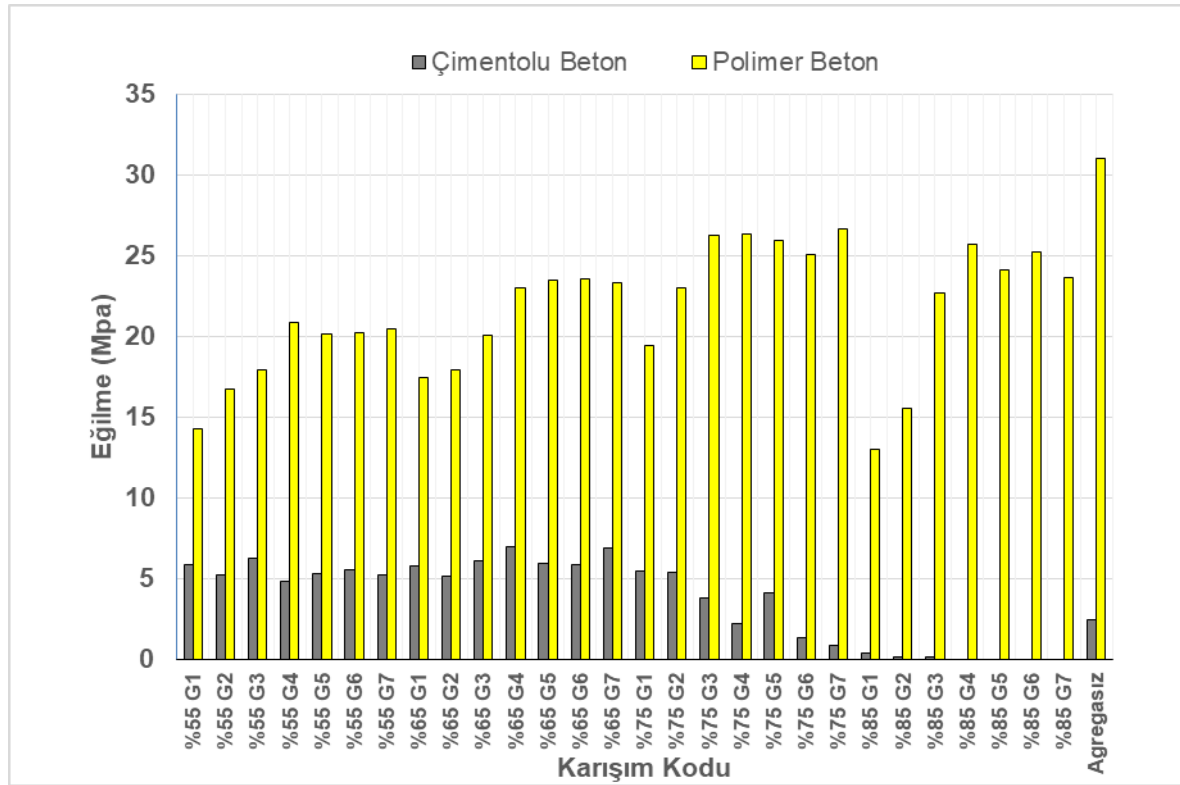


Şekil 4.30. 1,0 cm ve 0,5 cm polyester kaplı çimentolu beton, çimentolu beton ve polimer beton eğilme numunelerinin basınç dayanımı (MPa) karşılaştırması

Şekil 4.30.'de görüldüğü üzere polimer beton basınç dayanımı değerleri diğer numune setlerine göre çok daha yüksek dayanıma sahiptir. Bu nedenle 1,0 cm polyester kaplı beton numuneler, çimentolu betondan ve daha az polyesterle kaplı olan 0,5 cm polyester kaplı betondan daha yüksek basınç dayanımına sahip olduğu görülmektedir. Lakin 1,0 cm polyester kaplı beton numunelerin ekonomik maliyeti kaplamasız çimentolu beton numunelere göre artış göstermesine rağmen basınç dayanımı aynı oranda artış göstermemiştir. 0,5 cm polyester kaplı beton numunelerin basınç dayanımı ağırlıkça %75 agrega oranına sahip beton numunelere kadar kaplamasız çimentolu betonla benzer basınç dayanımları sergilemiştir. Ağırlıkça %75 agrega oranına sahip çimentolu beton düşük basınç dayanımına sahip olduğu gözlemlenirken ağırlıkça %75 agrega oranına sahip 0,5 cm polyester kaplı betonların daha iyi basınç dayanımı sergilediği görülmektedir. Buradan yola çıkarak polyester kaplamanın düşük basınç dayanımlı betonların basınç dayanımını iyileştirdiği sonucuna varılabilir.

4.2.6. Eğilme dayanım değerlerinin irdelenmesi

Deneysel çalışmalardaki eğilme dayanımı değerlendirmesinde harç numuneleri kullanılarak bulunmuştur. 35 günlük çimentolu beton harç numunelerinin suya doygun yüzey kuru basınç dayanımları ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda çimentolu beton basınç dayanımları 35 günlük oda sıcaklığında bekletilmiş polimer beton basınç dayanımı ile karşılaştırılması Şekil 4.31.'da verilmiştir.



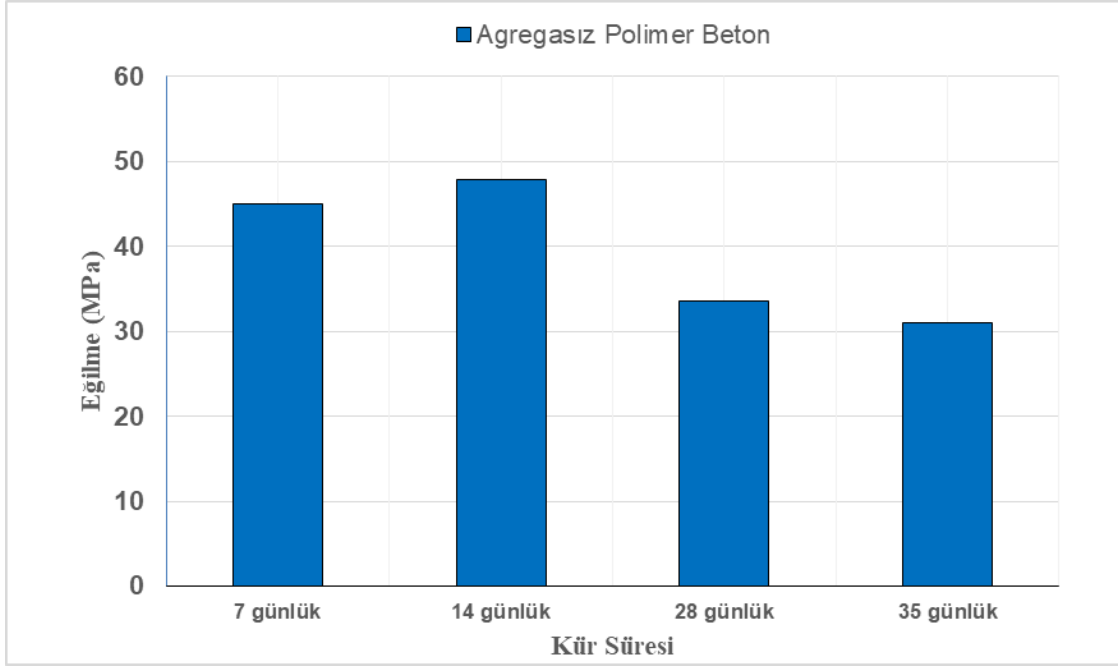
Şekil 4.31. Çimentolu beton ve polimer beton numunelerinin eğilme dayanımı (MPa) karşılaştırması

Şekil 4.31. incelendiğinde polimer betonun eğilme dayanımı çimentolu beton dayanımından çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle %75 ve %85 agregara oranına sahip polimer beton setlerinin neredeyse agregasız polimer beton kadar eğilme dayanım sergilediği görülmektedir. Bu durum ışığında %25 hatta %15 polyester kullanarak yüksek eğilme dayanımı elde edilebildiği gözlemlenmektedir. Elek altı (tava) miktarının etkisi eğilme dayanımında da görülmektedir. Çimentolu beton numunelerde yüksek miktarda elek altı (tava) bulunun G7 ve G6 numunelerinde ağırlıkça %55 ve %65 agregara oranlarına sahip numuneler diğer granülometriye sahip numunelere oranla daha iyi bir eğilme dayanımına sahiptir. Fakat çimentolu beton G7 ve G6 numuneleri ağırlıkça %75 ve %85 agregara oranına

sahip numunelerde ise diğer granülometriye sahip numunelere oranla düşük eğilme dayanımı sergiledikleri görülmektedir. Ağırlıkça en çok agregaya, dolayısı ile en çok elek altı (tava) miktarına sahip olan %85 agregalı çimentolu betonların boşluklu yapısı nedeni ile çok düşük eğilme dayanımına sahip olduğu gözlemlenmektedir. Hatta %85 agregalı çimentolu betonlarda G3 serisinden sonra kalıptan sağlam çıkamadığı görülürken polimer betonda bu durum tam tersidir. Polimer betonda elekaltı(tava) miktarı fazla olan serilerin eğilme dayanımı diğer numunelere göre çok daha iyi çıktığı görülmektedir. Bu nedenle polimer betonun eğilme dayanımı ile elekaltı(tava) miktarı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu söylenebilir.

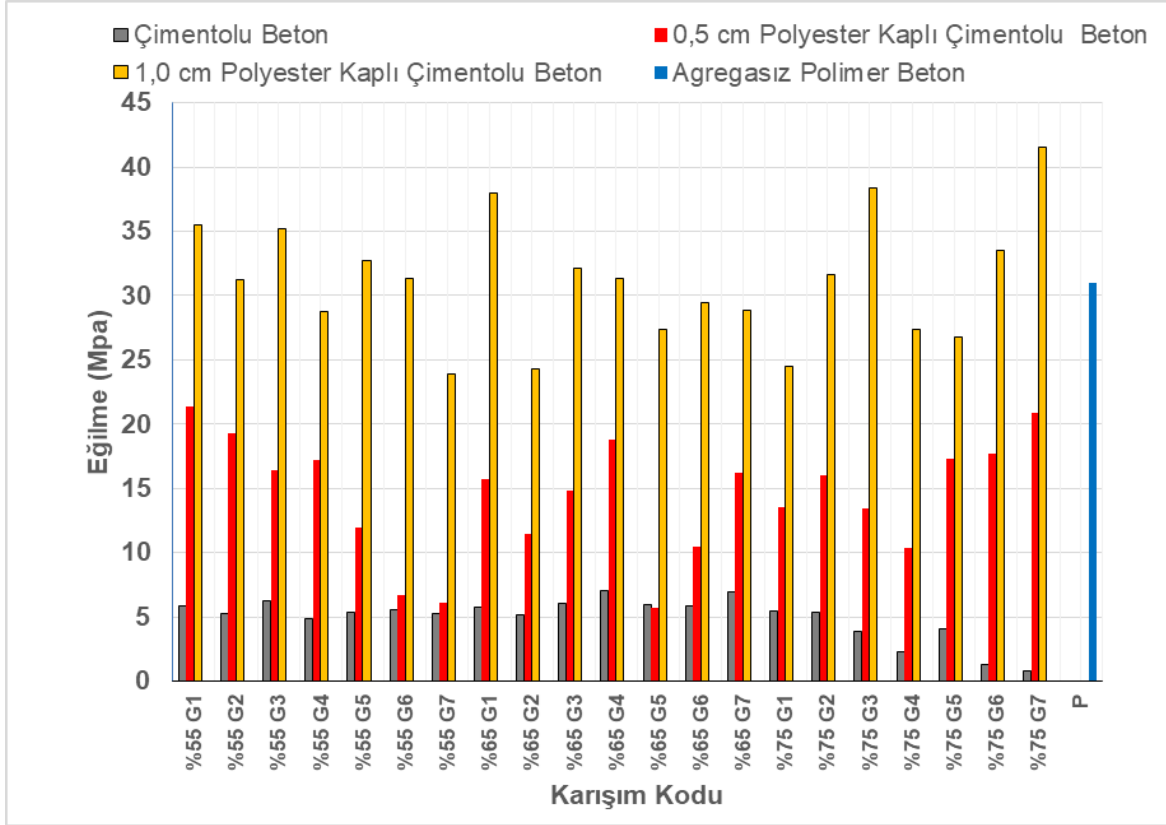
Çimentolu beton için standartlarda verilen granülometri eğlerine göre kullanılabilir sınıfına giren G2-A, G3, G4-B, G5 ve G6-C incelendiğinde ağırlıkça agregası oranı %55 olan seride en yüksek eğilme dayanımı 5,83 Mpa ile G1 iken hemen ardından en yüksek eğilme dayanımına sahip granülometri 5,58 Mpa ile G6 olduğu gözlemlenmektedir. Ağırlıkça agregası oranı %65 olan seride en yüksek eğilme dayanımı 6,91 Mpa değerinde olan G7 iken hemen ardından en yüksek eğilme dayanımına sahip granülometri 6,08 Mpa ile G3 olduğu gözlemlenmektedir. Ağırlıkça agregası oranı %75 olan seride en yüksek eğilme dayanımı G3 olduğu gözlemlenmektedir.

Polimer beton için standartlarda verilen granülometri eğlerine göre kullanılabilir sınıfına giren G2-A, G3, G4-B, G5 ve G6-C incelendiğinde ağırlıkça agregası oranı %55 olan seride en yüksek eğilme dayanımı G4 olduğu gözlemlenmektedir. Ağırlıkça agregası oranı %65 olan seride en yüksek eğilme dayanımı G6 olduğu gözlemlenmektedir. Ağırlıkça agregası oranı %75 olan seride en yüksek eğilme dayanımı 26,61 Mpa değerinde olan G7 iken hemen ardından en yüksek eğilme dayanımına sahip granülometri 26,32 Mpa ile G4 olduğu gözlemlenmektedir. Ağırlıkça agregası oranı %85 olan seride en yüksek eğilme dayanımı G4 olduğu gözlemlenmektedir. Bu nedenle eğilme dayanımı göz önüne alındığında standartlarda verilen granülometri eğrileri polimer beton için de kullanılabilir sınıfını oluşturmaktadır.



Şekil 4.32. Agregasız polimer beton numunelerinin kür süresine göre eğilme dayanımı (MPa) karşılaştırması

Şekil 4.32.'de görüldüğü üzere polimer betonda zamanla eğilme dayanımı düşmektedir. Bu durumun nedeni polimer içerisindeki polimerizasyon tepkimesinin 35 gün sonra dahi devam ettiği ve bu tepkime sonlanana kadar eğilme dayanımında düşüş meydana geldiği sonucuna ulaşılabilir.



Şekil 4.33. 1,0 cm ve 0,5 cm polyester kaplı çimentolu beton, çimentolu beton ve polimer beton eğilme dayanımı (MPa) karşılaştırması

Şekil 4.33. incelendiğinde en düşük eğilme dayanımına çimentolu beton numunelerin sahip olduğu görülmektedir. 0,5 cm ve 1,0 cm polyester kaplı çimentolu beton numunelerin çimentolu beton numunelerinden daha iyi eğilme dayanımına sahip olmasından yola çıkarak çimentolu beton numunelerin polyester ile kaplanmasının çimentolu beton numunelerinde eğilme dayanımlarını iyileştirdiği söylenebilir. Kaplama malzemesi olarak polyester miktarı daha fazla olan 1,0 cm polyester kaplı çimentolu beton numunelerin eğilme dayanımı 0,5 cm polyester kaplı çimentolu beton numunelere göre çok daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Plastik miktarının eğilme mukavemetine yüksek oranda katkı sağladığı görülmektedir. Ancak 0,5 cm polyester kaplamalı çimentolu betonlarının %65 G5, %55 G7 ve %55 G6 eğilme mukavemeti değerlerinin çimento esaslı beton ile hemen hemen aynı olduğu görülmektedir.

Agregasız polimer beton kirişlerin çimentolu beton kirişlere göre daha fazla eğilme dayanımına sahip olduğu görülmektedir. 1 cm polyester kaplı betonların %55 G1, %55 G3, %55 G5, %65 G1, %75 G3 ve %75 G7 numunelerinde eğilme dayanımı, agregasız polimer betonun eğilme dayanımından daha yüksektir. 1 cm polyester kaplı betonların %55

G2, %55 G4, %55 G6, %65 G3, %65 G4, %75 G2 ve %75 G6 numunelerinin eğilme dayanımlarının ise agregasız polimer betonun eğilme dayanımına yakın olduğu görülmektedir.



5. SONUÇ

Agregasız polimer betonda zamanla basınç dayanımı artarken eğilme dayanımında azalmalar meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu durumun nedeni polimer içerisindeki polimerizasyon tepkimesinin 35 gün sonra dahi devam ettiği ve bu tepkime sonlanana kadar basınç dayanımı artışı ve eğilme dayanımında ise azalışlar meydana geldiği sonucuna ulaşılabilir.

Eğilme ve basınç dayanımında %75 agrega oranına sahip polimer beton setlerinin neredeyse agregasız polimer beton kadar basınç dayanımı sergilediği görülmektedir. Bu durum ışığında %25 hatta %15 polyester kullanarak yüksek eğilme dayanımı elde edilebileceği çıkarımı yapılabilir. Polyesterin çok az kullanılması buna bağlı olarak da agrega miktarının çok fazla kullanılmasıyla %85 agregalı polimer betonun çok ekonomik olduğu görülmektedir. Çünkü agregasız polimer betonda reçine miktarı %100 olmasına rağmen %85 agregalı polimer betonda reçine miktarı %15'dir. Bu nedenle %100 polyester ve %15 polyester reçine içeren polimer betonların eğilme ve basınç dayanımları birbirlerine yakın olması bu ekonomikliğini göstermektedir. Polimer betonda elek altı (tava) miktarı fazla olan serilerin basınç dayanımı diğer numunelere göre çok daha iyi çıktığı görülmektedir. Elek altı (tava) miktarının artmasının polimer betonun basınç ve eğilme dayanımına olumlu katkı sağladığı gözlemlenmiştir. Lakin bu durum çimentolu beton için tam tersidir. Çimentolu betonda elek altı (tava) miktarı arttıkça basınç ve eğilme dayanımında azalmalar meydana gelmiştir.

Polimer beton çimentolu betona oranla daha hafiftir. Çimentolu beton ise daha ağır ve boşluklu bir yapıya sahiptir. Polimer beton eğilme ve basınç dayanımları çimentolu betondan çok daha yüksek olduğu yapılan deneyler sonucunda gözlemlenmiştir. Polimer beton bu avantajlarının yanında ısıl eğilme direnci 70 derece olduğu için çimentolu betona oranla yangına karşı daha dayanıksızdır. Ekonomik açıdan bakacak olursak çimentolu betonun polimer betona göre daha ekonomik olduğu bilinmektedir. Lakin polimer beton eğilme ve basınç dayanımı deneylerinde ağırlıkça %85 agregaya sahip olan serilerde dahi çimentolu betondan daha iyi bir mekanik dayanıma sahip olduğu gözlemlenmiştir. Buradan yola çıkarak polimer betonun içeriğindeki polyester miktarını az tutarak üretilecek her hangi bir yapı elemanı, çimentolu betonla üretilecek aynı yapı elemanına oranla daha küçük kesitlere sahip olabilir. Yapı elemanlarının kesit boyutları küçüleceği için ekonomik açıdan polimer betonun çimentolu beton kadar uygun hale gelebileceği söylenebilir. Ayrıca polimer betonla

üretilecek olan yapı elemanı çimentolu betona nazaran çok daha hafiftir. Çimentolu beton ile üretilecek bir yapı elemanında kullanılacak olan çelik de göz önüne alındığında, polimer beton ile üretilecek olan yapı elemanına çelik kullanılmadığı takdirde hem daha ekonomik çözüm üretilmiş olacak hem de çelik madenin daha az kullanımını sağlayacaktır. Çimentolu beton üretiminde kullanılması gereken temiz su polimer üretiminde kullanılmasına gerek olmadığı için temiz su tasarrufu da sağlanacağı düşünülmektedir.

Polyester kaplı çimentolu beton numuneleri incelediğimizde ise polyester miktarı fazla olan 1,0 cm polyester kaplı çimentolu beton numunelerde, polyesterin çimentolu betonun eğilme ve basınç dayanımını iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Hatta 1,0 cm polyester kaplı betonların %55 G1, %55 G3, %55 G5, %65 G1, %75 G3 ve %75 G7 numunelerinde eğilme dayanımı, agregasız polimer betonun eğilme dayanımından daha yüksektir. 1,0 cm polyester kaplı betonların %55 G2, %55 G4, %55 G6, %65 G3, %65 G4, %75 G2 ve %75 G6 numunelerinin eğilme dayanımlarının ise agregasız polimer betonun eğilme dayanımına yakın olduğu görülmektedir.

Polyester kaplamanın düşük dayanımlı betonlarda agregasız polimer betonun eğilme dayanımı kadar eğilme dayanımını artırdığı gözlemlenmiştir. Buradan yola çıkarak yapı onarımında düşük dayanıma sahip çimentolu beton kirişlerin eğilme dayanımlarını agregasız polimer beton kadar arttırılabileceği sonucuna ulaşılabilir. Ayrıca polyester kaplı çimentolu betonlar yüksek eğilme dayanımı gereken yapı elemanları olarak kullanılabilirdiği sonucuna ulaşılabilir. Bu avantajlarının yanı sıra polyesterin yangına karşı çimentolu betona oranla daha dayanıksız olduğu gerçeğini de göz ardı etmemek gerekir.

Günümüz polyester malzemeleri göz önüne alındığında ateşe karşı dayanımı yüksek polyester malzemeler mevcuttur. Lakin ekonomik sebeplerden dolayı çimentolu betonla kıyaslandığında çok daha maliyetli oldukları bir gerçektir. Mevcut avantajları ve dezavantajları göz önüne alındığında özel yapılar ve özel yapı elemanları üretiminde polyester kullanımı tercih edilebilir görünse de standart yapı elemanı üretiminde polyester kullanımı gerek ekonomik sebeplerden dolayı gerekse yangına karşı dayanımının az olması nedeni ile çok da mümkün görünmemektedir.

KAYNAKLAR

1. Salami, E. (2009). Çelik liflerin farklı dayanıma sahip betonların mekanik özelliklerine etkisinin deneysel olarak incelenmesi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*.
2. Erdoğan, Y. T. (2015). *Beton* Ankara: ODTÜ.
3. Popovics S. (1979). Concrete making materials. *Hemisphere Publishing Corporation, Washington, McGraw-Hill Book Co.*, 1.
4. Nicklau R. G. (1985). Werkzeugemaschinengestelle aus metliacrylatharzbeton. *Fortschr. Ber.*, VDI Reilie 2, VDI Verlag., Dusseldorf, n. 94.
5. Scliulz H. (1986). Reactionsiiarzbetoi ink werkzeugmaschinenbau industrie anzeiger n. 21. v. 14, p. 41-42.
6. Saçak, M. (2012). Polimer kimyası. Gazi Kitapevi
7. Okay, O. (2007). Polimerik malzemelerin bu günü ve yarını. İTÜ Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, 80626 Maslak, İstanbul
8. Uppal, N., Pappu, A., Patidar, R. and Gowri, S. V. (2019). Synthesis and characterization of short sisal fibre polyester composites. *Bull Mater Sci* 42, 132.
9. Ataabadi, S., Zare, A., Rahmani, H., Sedaghatdoost, A., and Mirzaei, E. (2021). Lightweight dense polymer concrete exposed to chemical condition and various temperatures: An experimental investigation. *Journal of Building Engineering*, Volume 34, 101878, ISSN 2352-7102.
10. Subrahmanyam, V. B., Krishna, V. S. G., Kumar, J. R., and Devireddy, R. B. S. (2019). Experimental and micromechanical thermalcharacteristics of jute fiber reinforced polyester composites. *Materials Today: Proceedings*, Volume 18, Part 1, Pages 350-356, ISSN 2214-7853.
11. Selvam, S. V., Sivaraja, M., Raja, K., and Amarapathi, D. G. (2018). Behavioral study of soft clay reinforced with randomly distributed polyester fibers. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)* , Volume 9, Issue 5, pp. 135–143,
12. Sakthivel, S., Melese, B., Edae, A., Abedom, F., Mekonnen, S., and Solomon, E. (2020). Garment waste recycled cotton/polyester thermal and acoustic properties of air-laid nonwovens. *Advances in Materials Science and Engineering*, Article ID 8304525, 8 pages.

13. Rostami, R., Zarrebini, M., Mandegari, M., Mostofinejad, D., and Abtahi, M. S. (2020). A review on performance of polyester fibers in alkaline and cementitious composites environments. *Construction and Building Materials*, Volume 241, 117998, ISSN 0950-0618.
14. Kamble, Z., and Behera, B. K. (2021). Fabrication and performance evaluation of waste cotton and polyester fiber-reinforced green composites for building and construction applications. *Polymer Composites*. 42: 3025– 3037.
15. Dissanayake, K. G. D., Weerasinghe, U. D., Thebuwanage, M. L., and Bandara, N. A. A. U. (2021). An environmentally friendly sound insulation material from post-industrial textile waste and natural rubber. *Journal of Building Engineering*, Volume 33, 101606, ISSN 2352-7102.
16. Aly, M. N., Seddeq, S. H., Elnagar, K., and Hamouda, T. (2021). Acoustic and thermal performance of sustainable fiber reinforced thermoplastic composite panels for insulation in buildings. *Journal of Building Engineering*, Volume 40, 102747, ISSN 2352-7102.
17. Ciampi, G., Spanodimitriou, Y., Scorpio, M., Rosato, A., and Sibilio, S. (2021). Energy performance of pvc-coated polyester fabric as novel material for the building envelope: Model validation and a refurbishment case study. *Journal of Building Engineering*, Volume 41, 2021, 102437, ISSN 2352-7102.
18. Orhan, R., Aydoğmuş, E., Topuz, S., and Arslanoğlu, H. (2021). Investigation of thermo-mechanical characteristics of borax reinforced polyester composites, *Journal of Building Engineering*, Volume 42, 103051, ISSN 2352-7102.
19. Bourguiba, A., Touati, K., Sebaibi, N., Boutouil, M., and Khadraoui, F. (2020). Recycled duvets for building thermal insulation, *Journal of Building Engineering*, Volume 31, 101378, ISSN 2352-7102.
20. Lagos, E., Manuel, S., Vaca, P., and Luis, J. (2022). Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster reforzada con fibra natural de totora (*schoenoplectus californicus*) y su posible aplicación en la industria. *Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica*, Trabajo.
21. Shan, Y., Liang, J., Tong, H., Yuan, J., and Zhao, J. (2022). Effect of different fibers on small-strain dynamic properties of microbially induced calcite precipitation–fiber combined reinforced calcareous sand. *Construction and Building Materials*, Volume 322, 126343, ISSN 0950-0618.

22. Wang, Y., Shou, D., Shang, S., Chiu, K., and Jiang, S. (2022). Development of ZrC/T-shaped ZnO whisker coated dual-mode Janus fabric for thermal management, *Solar Energy*, Volume 233, Pages 196-203, ISSN 0038-092X.
23. Abu-Jdayil, B., Al Abdallah, H., Mlhem, A., Alkhatib, S., El Sayah, A., Hussein, H., Althabahi, A., and AlAydarooos, A. (2022). Utilization of polyurethane foam dust in development of thermal insulation composite. *Buildings*, 12, 126.
24. Kou, C., Chen, Z., Kang, A., Zhang, M., and Wang, R. (2022). Rheological behaviors of asphalt binders reinforced by various fibers. *Construction and Building Materials*, Volume 323, 2022, 126626, ISSN 0950-0618.
25. Mouandhoime, O. Z., Lebrun, G., and Brouillette, F. (2022). Dispersion of flame-retardant powdered phosphorylated kraft pulp fibers in polyester resin and their effect on the flammability of glass-reinforced composites. *Journal of Applied Polymer Science*, Volume 139, Issue 22.
26. Akın, H. M., and Polat, R. (2022). The effect of vehicle waste tires on the mechanical, hardness and stress strain properties of polyester-based polymer concretes. *Construction and Building Materials*, Volume 325, 126741, ISSN 0950-0618.
27. Garrido, M., Sousa, M. J., Correia, R. J., and Cabral-Fonseca, S. (2022). Prediction of long-term performance and definition of a moisture conversion factor for the durability design of pultruded GFRP profiles under hygrothermal exposure. *Construction and Building Materials*, Volume 326, 126856, ISSN 0950-0618.
28. Rossi, F., Cardinali, M., Giuseppe, D. A., Castellani, B., and Nicolini, A. (2022). Outdoor thermal comfort improvement with advanced solar awnings: Subjective and objective survey. *Building and Environment*, Volume 215, 108967, ISSN 0360-1323.
29. Ataabadi, S., Zare, A., Rahmani, H., and Sedaghatdoost, A. (2021). Microstructural characterization and mechanical properties of lightweight polymer concrete exposed to elevated temperatures. *Construction and Building Materials*, Volume 311, 2021, 125293, ISSN 0950-0618.
30. Oliveira F. C. T., Dezen S. G. B. and Possan E. (2020). Use of concrete fine fraction waste as a replacement of Portland cement. *Journal of Cleaner Production*, Volume 273, 123126, ISSN 0959-6526.
31. Osuská L. and Hela R. (2020). Impact of different aggregate types and its composition on resulting concrete properties representing the water impermeability

- level of concrete for the construction of white boxes. *Civil Engineering and Architecture*, 8(2), 39 - 45.
32. Cominato V., Canteras B. F., Gachet A. L. and Lintz C. C. R. (2022). The effect of granulometry of natural and recycled coarse aggregate on permeable concrete properties. *Materials Today: Proceedings*, Volume 65, Part 2, 2022, Pages 1711-1718, ISSN 2214-7853.
33. Pernikova R. (2018). Shape characteristics and granulometry of recycled silicon carbide waste. *Materials Science Forum*, Cilt 928, s. 273–276.
34. Santos F. F., Santos A. L. F., Santos S. N. J., Pereira N. H. M., Almeida G. V., Melo C. M. F., Oliveira A. H. and Risso O. S. S. (2017). Estudo da variação granulométrica de agregado sintético para fabricação de placas pré-moldadas de concreto não estrutural. *Revistamateria*, sayfa 23, n. 1.
35. TS ISO 3310-1, Deney elekleri - Teknik özellikler ve deneyler - Bölüm 1: Metal tel örgülü deney elekleri 2019.
36. TS ISO 3310-2, Deney elekleri - Teknik özellikler ve deneyler - Bölüm 2: Delikli metal plakalı deney elekleri 2015.
37. TS EN 933-10, Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 10: İnce malzeme tayini - İnce dolgu malzemelerinin tane büyüklüğüne göre sınıflandırılması (hava jetiyle eleme) 2010.
38. TS 706 EN 12620+A1, Beton agregaları 2009.
39. Ateş, E. (2006). Epoksi ve polyester reçineli polimer betonda granülometri ve bağlayıcı oranları değişimiyle eğilme dayanımı optimizasyonu. *Makine Tasarım ve İmalat Dergisi*, Cilt 8, Sayı 1,
40. Boytek Resins, Gelcoats, pigment pastes “BRE 320K CASTIN”
41. TS EN 12390-1, Beton – Sertleşmiş Beton Deneyleri – Bölüm 1: Deney Numunesi ve Kalıplarının Şekil, Boyut ve Diğer Özellikleri, 2021.
42. TS EN 12390-3, Beton – Sertleşmiş Beton Deneyleri – Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, 2019.
43. TS EN 12390-5, Beton – Sertleşmiş Beton Deneyleri – Bölüm 5: Deney Numunelerinde Eğilme Dayanımının Tayini, 2019.

DİZİN

A	Elek · 1, 2, 9, 10, 11, 41, 44, 47, 48, 50, 53, 54, 58, 63	Ö	Özgül · 41
Agrega · 1, 2, 6, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 25, 26, 29, 34, 35, 37, 38, 39, 41, 43, 44, 47, 48, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58	F	P	Polyester · 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 21, 25, 27, 29, 30, 34, 36, 37, 39, 41, 42, 46, 50, 52, 53, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63
Ağırlık · 2, 4, 9, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 30, 40, 41, 43, 44, 47, 48, 50, 52, 53, 54, 58	G	R	Reçine · 2, 4, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 20, 27, 34, 7, 58, 63
B	H	S	Seri · 15, 18, 22, 41, 44, 45, 48, 50, 54, 58 Standart · 1, 9, 10, 23, 44, 50, 54, 59
Basınç · 1, 2, 4, 8, 9, 18, 19, 20, 22, 25, 32, 34, 35, 36, 37, 44, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 58, 59, 63	Harç · 2, 14, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 26, 41, 42, 49, 53	Ş	Şematik · 23
C	İ	T	Taze · 2, 17, 22, 25, 40, 42 Test · 4, 6, 7, 8, 18, 19, 20, 22, 23, 34, 37, 40u
CEM · 2, 9, 14	İdeal · 10	U	Ultras · 2, 9, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48
Ç	K		
Çizelge · 10, 11, 13, 15, 16, 25, 42, 43, 44	Kaplama · 2, 9, 14, 15, 21, 27, 46, 52, 56, 59 Kompozit · 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10		
D	L		
Dağılım · 10 Deney · 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 14, 21, 22, 23, 24, 27, 32, 47, 48, 49, 53, 58, 60, 63	Laboratuvar · 11, 16		
E	N		
Elastisite · 3, 9, 21, 25, 30, 31, 32, 33, 47, 48, 49	Nem · 5, 12		
	O		
	Oranı · 2, 3, 6, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19		

Y

Yüzey · 2, 21, 22, 25, 26,
40, 41, 42, 49, 53

Yük · 22, 23





TEKNOVERSITE

