

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**PVC KATKILARIN BETONUN MEKANİK VE FİZİKSEL**  
**ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Pınar ERKUŞ**

**HAZİRAN 2013**  
**GÜMÜŞHANE**



**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**PVC KATKILARIN BETONUN MEKANİK VE FİZİKSEL**  
**ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Pınar ERKUŞ**

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**“İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı”**

**Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 06.06.2013**

**Tezin Sözlü Savunma Tarihi: 26.06.2013**

**HAZİRAN 2013**



KABUL ve ONAY



Yrd.Doç.Dr. Hakan BOLAT danışmanlığında **Pınar ERKUŞ** tarafından hazırlanan “**PVC KATKILARIN BETONUN MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**” isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.

Başkan(Danışman)

(Yrd.Doç.Dr. Hakan BOLAT)

Üye

(Yrd.Doç.Dr. Mustafa ÇULLU)

Üye

(Yrd.Doç.Dr. Alaaddin VURÁL)

ONAY

Bu tez ...../...../..... tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Temel BAYRAK  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**ÖZET**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**PVC KATKILARIN BETONUN MEKANİK VE FİZİKSEL**  
**ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

**Pınar ERKUŞ**

Gümüşhane Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hakan BOLAT

2013, 60 sayfa

Günümüz dünyasında polimer ürünlerin tüketimi ve kullanımının artarak devam etmesi paralelinde kirliliğinde tehlikeli boyutlara ulaşmasını sağlamıştır. Birçok tehlikeli atık gibi polimerlerde beton üretiminde farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Betonun enerji yutma kapasitesini, aşınma ve eğilme dayanımını, hafifliğini ve su geçirimsizliğini arttırmak bunlardan başlıcalarıdır. Bu tür katkılar bilimsel çalışmalarda çoğunlukla belirli oranlarda katılarak kullanılmaktadır. Ancak atıkların en büyük problemi boyutlarının düzensiz olmasıdır. Dolayısıyla atıkların betonda sadece düzenli oranlarda kullanılması, üzerinde yapılan testlerin sonuçlarının da düzenli olması anlamına gelmemektedir.

Bu çalışmada PVC katkılı betonların katkısız (referans) betonlara göre mekanik ve fiziksel özelliklerindeki değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için çalışmada tüm

agrega hacminin %10, %20 ve %30 oranlarında PVC toz ve granüller katılarak normal ve yüksek dayanımlı betonlar üretilmiştir. Betonlar üzerinde çökme, kuru ve doygun birim hacim ağırlık, basınç, kapiler su emme, ultrasonik ses geçiş hızı ve yüzey sertliği testleri yapılmıştır. PVC katkı oranı arttıkça betonların fiziksel ve mekanik özelliklerinde önemli değişimler tespit edilmiştir. Referans betona göre %10,%20 ve %30 Toz PVC katkıli betonlarda birim hacim ağırlık sırasıyla ~%4, %8 ve %13 daha düşük çıkmıştır. Granül PVC katkıli betonlarda bu oranlar yarısı kadardır. Basınç dayanımların da da aynı paralelde düşüşler görülmüştür. PVC oranı arttıkça Kapiler su emme miktarlarının azaldığı görülmüştür. Bu azalma Toz PVC katkıli betonlarda ~%50, Granül PVC katkıli betonlarda ~%10-35 arasındadır. Aşınma miktarlarına bakıldığında genel olarak azalmalar görülmektedir. Bu azalma yüksek dayanımlı Toz ve Granül PVC katkıli betonlarda %27 ile %77 arasındadır. Genel olarak PVC katkı oranı arttıkça aşınma direncinde azalma olmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Aşınma, Atık, Beton, Beton basınç dayanımı, Birim hacim ağırlık, Hafif beton, Kapilarite, Katkı oranı, PVC

**ABSTRACT**  
**MS THESIS**

**THE EFFECTS OF MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF**  
**CONCRETE WITH PVC ADDITIVES**

**Pınar ERKUŞ**

Gümüşhane University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Civil Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Hakan BOLAT

2013, 60 pages

In today's world, the use of polymer products will continue to increase in line with consumption and pollution has to reach dangerous levels. Many hazardous waste are used for different purposes such as the production of polymers, concrete. Mainly improve the energy absorption capacity, abrasion and bending strength, lightweight and permeability of concrete. This additives mostly uses some proportion in scientific studies. However, the biggest problem of waste is irregular sizes. So that the use of waste of just regular rates in concrete, the results of tests does not mean regular.

In this study aim, to determine mechanical and physical properties between reinforced concrete with PVC additives (PVCRC) and pure concrete (reference). For this study, the normal and high strength concrete produced with the 10%, 20% and 30% PVC powder and granules additives its volume of all aggregate. The slump, dry and saturated unit weight, compressive strength, capillary water absorption, ultrasonic pulse velocity and surface

hardness were tested on concretes. The significant changes determined of physical and mechanical properties of concrete increasingly rate of PVC additives. The 10%, 20% and 30% PVCRC unit weight respectively 4%, 8% and 13% was less according to reference. Granules PVC reinforced concrete is about half that rate. Compressive strengths were also same decreases. PVC ratio increases in capillary water absorption were decrease. This decrease ~50% of Powder PVCRC and ~10-35% of Granule PVCRC. In generally abrasion amounts reduces was determined respectively about 77% to 27%.

**Key Words:** Abrasion, Waste, Concrete, Concrete compressive strength, Unit weight, Lightweight concrete, Capillarity, Additive rate, PVC



## TEŞEKKÜR

Toz ve Granül PVC Malzemenin beton katkısı olarak kullanılmasını konu alan bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Ana Bilim Dalında, Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

PVC ürünlerin beton üretimine katılmasıyla çevresel ve ekonomik anlamda katkı sağlayacağına inandığım bu çalışmanın planlanmasından yazımına kadar geçen her aşamada desteğini ve yardımını esirgemeyen değerli hocam ve danışmanım Yrd. Doç. Dr. Hakan BOLAT' a,

Katkılarını esirgemeyerek yardımcı olan değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÇULLU ve Yrd. Doç. Dr. Alaaddin VURAL'a,

İnşaat Mühendisliği Laboratuvarının tüm imkânlarını kullanmama müsaade eden Bölüm Başkanı Doç. Dr. Ahmet ÇAVDAR'a,

Bu çalışma kapsamında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Haydar ERTAŞ, Ertan TUNCER, Recep KAYAOĞLU ve Özcan HANBAY'a,

Tüm eğitim ve öğrenimim süresince maddi manevi yardım, destek ve dualarını esirgemeyen saygıdeğer anne ve babama, çok kıymetli kardeşlerime ve Levent BUYRUK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Pınar ERKUŞ  
Gümüşhane, 2013

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

ÖZET .....	III
ABSTRACT .....	V
TEŞEKKÜR .....	VII
İÇİNDEKİLER .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
TABLolar DİZİNİ .....	XI
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	XII
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Plastikler ve Genel Özellikleri .....	2
1.3. Plastiklerin Kullanım Alanları .....	4
1.4. Plastiklerin Geri Dönüşümü .....	6
1.5. Plastik atıkların inşaat sektöründeki yeri .....	8
1.6. Polimer Katkılı Beton Araştırmaları .....	8
2. MATERYAL-METOT .....	14
2.1. Materyal .....	14
2.1.1. Agrega .....	14
2.1.2. Çimento .....	15
2.1.3. Betonda kullanılan PVC malzeme .....	16
2.2. Metot .....	17
2.2.1. DeneY Örneklerinin Hazırlanması .....	17
2.2.2. Taze Beton Özelliklerinin Tayini .....	18
2.2.3. Sertleşmiş Beton DeneYleri .....	19
2.2.3.1. Beton Test Çekici İle Yaklaşık Basınç Dayanımı Belirleme DeneYi .....	21
2.2.3.2. Ultrasonik Ses Geçiş Hızı DeneYi .....	22
2.2.3.4. Kapiler Su Emme DeneYi .....	23
2.2.3.5. Aşınma DeneYi .....	25
3. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	26
3.1. Taze Beton DeneYleri .....	26
3.1.1. Taze Betonun Fiziksel Özellikleri .....	26
3.2. Sertleşmiş Beton DeneYleri .....	28

3.2.1.	Sertleşmiş Betonun Fiziksel Özellikleri.....	28
3.2.	Beton Test Çekici Deneyi .....	29
3.3.	Ultrasonik Ses Geçiş Hızı Deneyi.....	32
3.4.	Tek Eksenli Tahribatlı Yöntemle Beton Basınç Dayanımının Belirlenmesi	34
3.5.	Kapiler Su Emme Deneyi .....	37
3.6.	Aşınma Deneyi.....	39
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	41
5.	KAYNAKLAR .....	45
	ÖZGEÇMİŞ	

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1.1.	Beton içerisine katılan Atık PVC ve PET çeşitleri.....	13
Şekil 2.1.	Beton Üretiminde Kullanılan Kireçtaşının Petrografik Tanımlaması .....	14
Şekil 2.2.	Çalışmada kullanılan agreganın granülometri eğrisi .....	15
Şekil 2.3.	Çalışmada kullanılan Toz ve Granül PVC malzeme .....	16
Şekil 2.4.	Taze beton Çökme deneyi ve kür havuzuna yerleştirilmesi .....	19
Şekil 2.5.	Sertleşmiş beton çeşitleri .....	20
Şekil 2.6.	Beton yüzeylerinin başlıklanması ve kırılması.....	20
Şekil 2.7.	Beton çekici geri tepme değerleri ile basınç dayanımı ilişkisi .....	21
Şekil 2.8.	Beton test çekicinin beton numuneye uygulanışı .....	22
Şekil 2.9.	Beton test çekici ve Ultrasonik ses geçiş hızı ölçümlerinin yapılması.....	23
Şekil 2.10.	Kapiler su emme deneyinin yapılması.....	24
Şekil 2.11.	Aşındırma cihazı ve aşınan beton numune .....	25
Şekil 3.1.	7 günlük Betonların Schmidth çekici ile belirlenen yaklaşık basınç dayanımı	30
Şekil 3.2.	28 günlük Betonların Schmidth çekici ile belirlenen yaklaşık basınç dayanımı .....	31
Şekil 3.3.	28 günlük betonların USPV deneyi ile belirlenen yaklaşık basınç dayanımları .....	33
Şekil 3.4.	7 günlük betonların Tek Eksenli yöntem ile belirlenen basınç dayanımları ....	35
Şekil 3.5.	28 günlük betonların Tek Eksenli yöntem ile belirlenen basınç dayanımları ..	36
Şekil 3.6.	Toz katkılı Normal Dayanımlı betonların kapiler su emme grafiği .....	37
Şekil 3.7.	Granül katkılı Normal Dayanımlı betonların kapiler su emme grafiği.....	38
Şekil 3.8.	Toz katkılı Yüksek Dayanımlı betonların kapiler su emme grafiği .....	38
Şekil 3.9.	Granül katkılı Yüksek Dayanımlı betonların kapiler su emme grafiği.....	39
Şekil 3.10.	Toz ve Granül PVC katkılı betonların Aşınma Direnci sonuçları .....	40

## TABLULAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1.1.	Plastiklerin kodlamaları özellikleri ve kullanım alanları ..... 5
Tablo 2.2.	Çimentonun fiziksel kimyasal ve mekanik özellikleri ..... 16
Tablo 2.3.	PVC Malzemenin Özellikleri ..... 17
Tablo 2.4.	Betonların 1m <sup>3</sup> karışım tasarımları ..... 18
Tablo 2.5.	Ultrasonik ses geçiş hızı ile beton kalitesinin belirlenmesi ..... 23
Tablo 3.1.	Taze beton numunelerinin BHA ve Çökme deneyi sonuçları..... 27
Tablo 3.2.	Sertleşmiş betonun fiziksel özellikleri ..... 28
Tablo 3.3.	7 ve 28 günlük Beton numunelerinin geri tepme değerlerine göre yaklaşık basınç dayanımı sonuçları ..... 30
Tablo 3.4.	28 günlük beton numunelerinin USPV deney sonuçları ..... 33
Tablo 3.5.	7 ve 28 günlük betonların tek eksenli yöntem ile basınç dayanımları .... 35

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Su ile temas eden alan (cm <sup>2</sup> )
GPN	: Granül PVC Katkılı Normal Dayanımlı Beton
GPN10	:%10 Granül PVC Katkılı Normal Dayanımlı Beton
GPN20	:%20 Granül PVC Katkılı Normal Dayanımlı Beton
GPN30	: %30 Granül PVC Katkılı Normal Dayanımlı Beton
GPY	:Granül PVC Katkılı Yüksek Dayanımlı Beton
GPY10	:%10 Granül PVC Katkılı Yüksek Dayanımlı Beton
GPY20	: %20 Granül PVC Katkılı Yüksek Dayanımlı Beton
GPY30	: %30 Granül PVC Katkılı Yüksek Dayanımlı Beton
K	:Kapilarite katsayısı (cm <sup>2</sup> /s),
L	:Numune boyunu (km)
NDB	: Normal Dayanımlı Beton
P	:Porozite(%)
P10	:%10 katkılı PVC
P20	:%20 katkılı PVC
P30	:%30 katkılı PVC
PNB	: PVC Katkılı Normal Dayanımlı Beton
PVC	: Polivinil Klorür (PVC)'dür.
PYB	: PVC Katkılı Yüksek Dayanımlı Beton
Q	:Emilen su miktarı (cm <sup>3</sup> )'dır
R	: Referans Beton
RN	:Normal Dayanımlı Referans Beton
RNB	:Normal Dayanımlı Referans Beton
RY	:Yüksek Dayanımlı Referans Beton
t	:Zaman (s)
TPN	:Toz PVC Katkılı Normal Dayanımlı Beton
TPN10	:%10 Toz PVC Katkılı Normal Dayanımlı Beton
TPN20	:%20 Toz PVC Katkılı Normal Dayanımlı Beton
TPN30	:%30 Toz PVC Katkılı Normal Dayanımlı Beton
TPY	:Toz PVC Katkılı Yüksek Dayanımlı Beton

TPY10	:%10 Toz PVC Katkılı Yüksek Dayanımlı Beton
TPY20	: %20 Toz PVC Katkılı Yüksek Dayanımlı Beton
TPY30	:%30 Toz PVC Katkılı Yüksek Dayanımlı Beton
TSA	: Tespit Sınırının Altında
USPV	: Ultrasonik ses geçiş hızı (km/sn)
V	:Ses geçiş hızı (km/sn)
$V_N$	: Numunenin hacmi ( $\text{dm}^3$ )
$W_{DA}$	:Numunenin doygun ağırlığı( $\text{kg}/\text{dm}^3$ )
$W_{KA}$	:Numunenin kuru ağırlığı( $\text{kg}/\text{dm}^3$ )
YDB	:Yüksek Dayanımlı Beton
$\sigma_{USPV}$	:Beton basınç dayanımı (MPa)

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Artan çevresel endişeler ve ekonomik gereklilik, dünyadaki tüm endüstrilerin ürettiği atıklarını geri kazanabilecek uygun teknikleri geliştirmesini zorunlu kılmaktadır. Genelde termoplastik esaslı polimerler tekrar tekrar kullanıma uygun malzemeler olup bizim kıt ve kıymetli doğal kaynaklara bağımlılığımızı azaltabilecek malzemeler arasındadır. Bugün dünya, en çok sorunlu plastik türü olan PVC atıkları ile karşı karşıyadır. PVC kısa kullanım ömürlü örneğin ambalaj (yağ şişeleri, blister paketler), mobilya (masa, sandalye, koltuk), sentetik deri, kredi kartları ve uzun ömürlü kullanım örneğin inşaat sektöründe ( kapı, pencere, oluk, boru, lambri, panjur, marley, muşamba vs.) alanlarında kullanılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde 1960'lardan beri kullanılan PVC'ler artık ömürleri dolduğundan, çöp alanlarına geldikçe PVC atık sorunu derinden hissedilmeye başlanmıştır. Türkiye'de ise, 1980'lerden sonra yaygın kullanılan uzun ömürlü PVC'ler kısa bir süre sonra kullanım ömürlerini tamamlayıp çöplüklere geri dönecek ve tehlikeli sorunlar yaratacaktır. Son yıllarda, özellikle gelişmekte olan Türkiye gibi ülkelerde PVC'nin inşaat sektöründe çok yaygın kullanılmaması, ileride Türkiye'de geri dönüşümü pek olmayan ve çevreye oldukça zararlı PVC dağlarının büyümesine neden olacaktır.

İnşaat sektöründe son yıllarda görülen büyük ivmelenme sektörde kullanılacak yapı malzemelerinin teknik yönden üstün parametre ve değerlere sahip olmalarının gerekliliği, birçok yeni yapı malzemelerinin kullanımına ve uygulanmasına zemin hazırlamaktadır. Bilindiği gibi inşaa edilen konutlarda kullanılan malzemenin hafifliği binanın ölü ağırlığının düşük bir değerde olmasına direkt bir etkidir. Bu nedenle düşük birim hacim ağırlık değerine sahip hafif betonlar, yük taşıyıcı ağır yapı elemanlarının kullanımının neden olduğu kesit daralmalarının önlenmesi ve temele iletilen yüklerin azalması göz önüne alındığında, yapı üzerinde önemli faydalar sağlamaktadır

Geri dönüşümlü atık plastikler; PET plastikler, HDPE plastikler, PVC plastikler, LDPE plastikler, Polipropilen plastikler ve Polistren plastikler olmak üzere altı grupta



toplanır. Bunların, yoğunlukları ve en yüksek kullanılabilir sıcaklıkları birbirinden farklıdır. Atık plastikler; parçalanarak lifli hale getirilip, çimento yerine ya da çimentoya ilave olarak yüksek fırın cürufu, pomza, kalker, bazalt ve kuvars ile ayrı ayrı ve belirli oranlarda karıştırılarak; plastik özellikli harç veya hafif beton olarak kullanılmaktadır

Plastik katkılı hafif betonlar, depreme dayanıklı yapı tasarımında; yapının ölü yükünü azaltmakta, deprem anında sismik riski en alt seviyeye düşürmekte ve bu sayede enerji israfını ve çevre kirliliğini ortadan kaldırmaktadır. Bununla birlikte; yapı onarımlarında, su yapılarında, ulaşım yapılarında, köprü panellerinde, bariyerlerde, demiryolu bağlantılarında, çeşitli yeraltı borularında ve buna benzer alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

## **1.2. Plastikler ve Genel Özellikleri**

Plastikler, petrol ve doğal gaz gibi doğal kaynaklardan elde edilen hidrokarbonların kullanımı ile üretilmektedir. Bir başka deyişle, monomerlerin kimyasal bağlarındaki değişiklik ile polimerlere dönüşmesi sonucunda plastikler elde edilmektedir. Plastiklerin özelliklerini, polimer molekülün yapısı ve büyüklüğü belirler. Plastikler, termoplastikler ve termosetler olmak üzere iki temel tipte karşımıza çıkar. Termoplastikler, ısıtılınca yumuşarlar ve soğutulduklarında tekrar sertleşirler. Termosetler ise bir defa kalıplandıktan sonra asla yumuşamazlar. Plastikler toz, granül, flake ve çözelti şeklinde olabilir. Katı maddelerin ısı ve basınçla muamele edilmesi sonucunda günlük hayatımızda yakından tanıdığımız birçok ürün üretilir (Alp, 2003).

Çeşitli tipte plastikler, oyuncaktan elektrikli aletlere, tıbbi cihazlardan ambalaja ve uzay yolculuklarına kadar modern yaşamın çeşitli alanlarında kullanılmaktadır. Plastikler; dayanıklı, hafif ve emniyetli kullanıma sahip olup, çok çeşitli şekillere sokulabilirler, fiyat avantajına sahiptirler ve yaşam boyu değerlendirildiklerinde kaynak tasarrufu sağlarlar. Kullanım amacına bağlı olarak katılan katkı maddeleri, plastiklere değişik özellikler kazandırır. Plastiklerde kullanılan katkı maddeleri; dolgu ve güçlendirme maddeleri, kararlılık sağlayıcılar ve oksitlenmeyi önleyiciler, plastikleştiriciler, alevlenmeyi geciktiriciler, renklendiriciler, yağlayıcılar, kaydırıcılar, katalizörler, statik elektriklenmeyi önleyiciler, köpürtücüler olarak gruplandırılmaktadırlar.

Günümüzde plastikler, ahşap, kâğıt, metal, cam, pamuk, yün, ipek ve kauçuk gibi pek çok doğal ürünün yerini almış ve insan hayatının vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Plastiklerin çeşitli şekillerde işlenebilme özelliğinin yanında maliyet avantajları da teknolojik gelişmelerin çoğunda hayati öneme sahip olmalarını sağlamıştır. Örnek olarak, elektrik ve elektronik sanayinde plastiklerin kullanılmasının başlıca nedenleri; daha iyi tasarımlara imkân verebilmeleri, olağanüstü yalıtım özelliğine sahip olmaları, parçaların mümkün olan en küçük 2 boyutta imal edilebilmesi, montaj kolaylığı, uygun ve hafif bir depolama ortamı sağlamasıdır (Alp, 2003).

Plastikler çöpe atıldığı zaman çürümeden, paslanmadan, çözünmeden ve biyolojik olarak bozulmadan doğada uzun yıllar kalmaktadır. Bazı plastikler, doğada 700 yıl bozulmadan kalabilmekte, suyun ve toprağın kirlenmesine neden olmaktadır. Sulardaki canlılara zarar vermekte ve hatta ölümlerine neden olmaktadır. Plastikler, yüksek molekül ağırlıklı organik moleküllerden ya da polimerlerden oluşmaktadır. Organik moleküller ve polimerler, birbirine kimyasal olarak bağlı birimlerin yinelenmesiyle ortaya çıkan zincir yapılarıdır. Plastik, istenilen biçimi alabilen anlamına gelen yunanca “plastikos” sözcüğünden gelir (Sevencan ve Vaizoğlu, 2007).

Benzer moleküllerin polimer zincirleri oluşturacak biçimde bağlanması anlamına gelen polimerizasyon işlemi ile polimer sanayi hızla gelişmiş ve 1927’de Selüloz Asetat ve Polivinil Klorür, 1928’de Polimetilmetakrilat, 1929’da üre-formaldehit reçineleri elde edilmiştir. Bunları daha sonra 1932’de Polietilen, 1934’te naylon, Poliakrilonitril, Stiren-akrilonitril ve Polivinil Asetat, 1937’de Poliüretan, 1939’da teflon ticareti adıyla tanınan Politetrafloroetilen, 1941’de Polietilen Tereftalat ve orlon ticari adıyla tanınan Poliakrilonitril fiber takip etmiştir. İkinci Dünya Savaşı plastik endüstrisinin gelişiminde en önemli etkenlerden birisi olmuştur. Polivinil Klorür’ün önemi bu yıllarda ortaya çıkmış ve özellikle müzik sektöründe çok ilgi görmüştür. 1950’lerde ise müzik plakları üretiminde Polivinil Klorürün kullanılması, PVC tüketiminin önünü açmıştır. Otomotiv sektöründe plastik kullanımı 1950’lerde başlamıştır (Kıralp vd, 2007).

Bütün plastikler polimerizasyon ürünüdür. Plastik yapımının ön işlemi bunların monomerlere çevrilmesidir. Etilen gazı en yaygın olarak kullanılan monomerlerden birisidir. Sıcaklık, basınç ve birçok kimyasalın etkisiyle plastik üretiminin ikinci evresi

başlamaktadır. Buna polimerizasyon denmektedir. Monomerler, zincir oluşturacak biçimde birbirine bağlanmakta ve rezinleri oluşturmaktadır. Etilen polietilen'e, propilen polipropilen'e, stiren polistiren'e dönüşmektedir. Böylece, polimer veya plastikler meydana gelmektedir. Polimerizasyon süreci belirli aşamalarda durdurularak belirli özelliklere sahip rezinlerin elde edilmesi mümkün olabilmektedir. Yüksek yoğunluklu olanlar taşıması kolay kapların yapımında, düşük yoğunluklular ise film vb. yapımında kullanılmaktadır. Polimerizasyon ürünleri doğrudan kullanılabilirdiği gibi katkı maddeleri ile esneklik, dayanıklılık, ısıya ve ultraviyole ışınlarına dayanma gibi özellikleri artırılmakta ve bunlardan değişik ürünlerin imalatında yararlanılmaktadır. Katkı maddeleri aracılığıyla plastiklerin renkleri de değiştirilmektedir. Bu katkı maddeleri plastiklerin %1'lik miktarını oluşturmaktadır. Ancak bazı plastik tiplerinde renklendiriciler ~%10'lara varabilmektedir. Bazı plastiklerin içerisine ~%40 oranında plastizerler katılmaktadır. Ancak bu katkı maddelerinin çoğu ağır metaller ve toksik kimyasallar içermektedir (Sevencan ve Vaizoğlu,2007).

Plastikler kömürden, selülozdan elde edilebilir. Ancak en yaygın üretimi petrolden yapılmaktadır. Dünyada üretilen petrolün~%4 kadarı plastik üretiminde, geri kalanı ise taşıt araçlarında, fabrikalarda ve enerji santrallerinde yakıt olarak kullanılarak doğayı kirletmektedir. Bu ~%4 petrolden elde edilen plastiğin ~%75-80 kadarı dayanıklı ürünlerde (buzdolabı, çamaşır makinesi, TV, otomobil, ev ve bahçe mobilyaları) kullanılmakta, dolayısıyla genel olarak çöp ve çevre sorunu yaratmamaktadır. Üretilen plastiğin ~%20-25 kadarı ambalaj sektöründe kullanılmakta; bunun da ~%50 kadarı dayanıklı ambalajları oluşturmakta (plastik variller, bidonlar, çöp kutuları), geri kalan kısmı da çöp olarak atılmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1997).








### **1.3. Plastiklerin Kullanım Alanları**

Plastik sektörü, özellikle 20. yüzyılın ilk çeyreğinden sonra çok çeşitli dallarda, çok çeşitli amaçlarla kullanım alanı bulmuş olan ve bu alanı giderek genişletmeye devam eden bir sektör konumundadır. Dünya plastik tüketimini yönlendiren sektörlerin başında ambalaj sanayi ~% 29 ile birinci sırada olup, bunu ~% 24 ile inşaat sanayi izlemektedir. Bunun dışında; otomotiv sanayi ~%9, elektrik sanayi ~%8, mobilya sanayi ~%7, ev eşyaları

sanayi~%5, tarım sanayi ~%2 ve diğer sanayi dalları toplamı ~%16'sını oluşturmaktadır (DPT Raporu,2004).

Plastik malzeme pek çok yapı türünde kullanım yeri bulan ortak bir üründür. Örneğin; kamu binalarında, konutlarda, işyerlerinde, fabrikalarda, bürolarda, sosyal tesislerde, hastanelerde vb. binalarda, köprü, viyadük gibi mühendislik yapılarında değişik görevler yüklenerek kullanılırlar. Plastik malzemeler yapılarda kullanılan seri parçalarda düşük maliyetli oluşları, hafif oluşlarından dolayı enerji tasarrufu sağlamaları, çok çeşitli kullanım alanlarına sahip olmaları ve yüksek yalıtım kapasiteleri nedeniyle bu sektörde tercih edilmektedirler. İnşaat sektöründe en çok kullanılan plastik malzemeler, poliklorit vinil ve pvc' dir. Bu malzemeleri polietilen, poliüretan ve polisiterin izlemektedir. Birçok binanın boruları, pencereleri, çatıları, zeminleri, kabloları, iletim elemanları ve yalıtımları plastik esaslı olduğundan Avrupa'da inşaat sektörü yılda 5 milyon tondan fazla plastik kullanmaktadır. Bina yapım sürecinin her aşamasında kullanılacak olan bir plastik ürün mutlaka bulunmaktadır. Tablo 1.1'de bu plastiklerin kodlamaları özellikleri ve kullanım alanları verilmiştir. Kodlamalar, plastik malzemelerin kolay teşhis edileceği ve görüleceği yerlere yapılmalıdır (Sevencan ve Vaizoğlu, 2007).

Tablo 1.1. Plastiklerin kodlamaları özellikleri ve kullanım alanları

Dönüşüm No	Kısaltma	Polimer ismi	Kullanımı
 PET	PET	Polietilen Teraftalat	Polyester fiberler, film, elyaf, köpük şişe, katı cisim
 HDPE	YYPE	Yüksek yoğunluklu polietilen	Taşınmaya elverişli kapların yapımı, çeşitli şişeler, çantalar, oyun alanı malzemeleri
 V	PVC	Polivinil klorür	Çit ve parmaklık malzemeleri, yiyecek dışı şişeler
 LDPE	DYPE	Düşük yoğunluklu polietilen	Sera örtüsü, film, ambalaj, elektrik sanayi
 PP	PP	Polipropilen	Plastik şişe, elektrik sanayi, mutfak eşyası
 PS	PS	Polistiren	Oyuncak, video kasetler, tepsiler, yalıtım malzemeleri
 Diğer	Diğer	Akrilik, polikarbonat, naylon dahil diğer plastikler	

#### 1.4. Plastiklerin Geri Dönüşümü

Katı atıklardan plastiklerin geri kazanılması günümüz çevre konularının en aktif olanlarından birisidir ve bu konuda batı ülkelerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların kapsamında özellikle şişe uygulamaları nedeniyle PVC'nin giderek önem kazanan ayrı bir yeri bulunmaktadır. Katı atıklar içerisinde yer alan plastiklerin diğer bir bölümünü oluşturan film halindeki plastik atıklarda da ayırma işlemi söz konusudur. Bunun için iri parçalar halinde kesilen atıklar önce titreşimli banttıan sonra bir mıknatıstan geçirilmekte; daha sonra çöktürme tankına gönderilmektedir. Böylece, kirleticilerden temizlendikten sonra malzeme ayırma işlemine geçilmektedir. Bunun için de genellikle flotasyon ve hidrosiklon yöntemleri kullanılmaktadır. Elde edilen ürünler kurutulduktan sonra paketlenerek pazarlanmaktadır(Savaşçı vd, 2003).

Plastik artıklarının üretim ve varlık süresi, farklı plastik parçalarından oluştuğu için genellikle plastiklerin nasıl üretildiği ile anlaşılabilir. Bu bilgiler olmadan geri kazanım için uygun yöntemler ekonomik olarak seçilemez (Alter, 2005).

Diğer bir yandan, biriktirilen plastik şişelerin en yaygın görülen çeşitleri Polietilen Teraftalat ve Polivinil Klorür'dür. Geri kazanılan PET'in içerisindeki PVC'nin varlığı PVC'nin bozulması esnasında mikro moleküller sayesinde gelişen hidroklorik asidin zincir bölünmesi nedeniyle çok tehlikelidir. PVC'nin ortama saldığı bu hidroklorik asidin çevreye olan zararları yüksektir. Geri kazanılmış PET mutlaka PVC'den arındırılmış olmalıdır. 100 ppm miktarında PVC, PET'in bozulmasına ve renginin atmasına neden olabilmektedir(Singh, 1998, Paci ve La Mantia, 1999).

PVC'nin geri dönüştürme işleminde başlıca problem ham PVC'nin yüksek oranlarda klor içermesi (polimer ağırlığının~%56'sı) ve istenilen materyal kalitesinin elde edilebilmesi için polimere fazla oranda tehlikeli katkı maddelerinin eklenmesi demektir. Katkı maddelerinin ağırlığı PVC ürün ağırlığının ~%60'ını oluşturabilmektedir. Tüm plastikler içinde PVC en çok katkı maddesi içeren plastiktir (Yarman, 2007).

Geri kazanılamayan ve her sene milyonlarca tona ulaşarak yoğunlaşan plastik dağların yaratacağı sonuçlar ortadadır. Bu atıkların yararlı hale getirilmesi hem ekonomik

olarak hem de çevre kirlenmesi açısından çok önemlidir. Plastik genellikle ambalaj malzemesi olarak kullanılır ve çöpe gider. Diğer bir deyişle çöp dağlarının 1/3'ü paketlenme malzemesinden kaynaklanır. Plastikler, sonsuza dek çöp olarak kalır, yani hiç bir zaman doğaya geri dönmez. Günümüzde geri kazanılmış plastikten çöp torbasının yanı sıra bahçe çitleri, çiçek saksıları gibi uzun ömürlü tüketim malzemeleri yapılır. Plastik malzemeler, ucuzluk, dayanım, kolay işlenebilme, hafiflik ve temizlik gibi avantajları ile kullanımı oldukça yaygın olan malzemelerdir. Plastikler, ambalaj ve paketlenme sanayi uygulamalarında kullanım ömürlerinin kısa olmasından dolayı, üretildikten çok kısa bir süre sonra katı atık problemi oluşturmakta, doğa koşullarında parçalanmama ve bozunmadan kalma gibi dezavantajlara sahiptir. Toplam plastik atıklar içerisinde en büyük pay % 40 ile ambalaj atıklarındadır ve bunların büyük çoğunluğu evsel atıklar içerisinde bulunmaktadır. Bunun yanında plastikler, paketlenme ve ambalaj miktarını azaltmaktadır. Yani 1 kg plastik malzemeyle 27 kg sıvı ambalajlamak mümkün iken aynı miktarda sıvı için 1,5 kg alüminyum, 4 kg çelik veya 13–14 kg kadar cam malzemeye ihtiyaç vardır. Bu da doğal kaynakların korunması, tasarruf edilmesi anlamına gelmektedir. Kâğıtla karşılaştırıldığında, plastik malzeme aynı işi görecek 24 kâğıt malzemedenden çok daha az toplam üretim enerjisi gerektirir. Genellikle plastik atıklar, tüketiciler tarafından kullanım sonrası veya endüstride üretimi esnasında oluşur. Ekonomik öneme sahip yaklaşık 50 tip plastik mevcuttur. Toplam plastik tüketiminin yaklaşık~%60'ını PE, PET, PP, PS ve PVC gibi geleneksel polimerler kapsar (URL-1, 2007).

80'lerin sonlarında toplum tarafından kabullenilmesini sağlamak ve devletin PVC üretimini ve kullanımını sınırlandırmasını engellemek için PVC geri dönüşümü endüstri tarafından teşvik edilmekteydi. Genel olarak toplum ve karar alıcı merciler PVC kaynaklı çevresel problemlere geri dönüşümün teknik bir çözüm olduğunu kabul etmekte. Bu durum özellikle gelişmiş geri dönüşüm politikalarına sahip Danimarka, Almanya, Hollanda ve Amerika gibi ülkelerde mevcuttur. Gerçekte, Greenpeace dünyanın başlıca PVC tüketim alanlarında geri dönüşümün tüketimine oranının yüzde birden daha düşük miktarlarda olduğunu bulmuştur. Bağımsız bir araştırmaya göre PVC atıklarının ~%75-80'inin orta ve uzun vadede geri dönüşümün bir alternatif bile olamayacağı belirtilmiştir. Bu yüz binlerce ton PVC'nin yakın bir gelecekte büyüyen bir bertaraf problemi yaratmaya doğru ilerlediğini anlamına gelmektedir. Greenpeace'in, PVC endüstrisinin önde gelen kuruluşlarını PVC'nin geri dönüştürülebilir olduğuna inandırma çabaları, bu plastik madde

üzerinde yapılan testlerde söz konusu olayın imkânsız olduğunu kanıtladığı için sonuç vermemiştir. Bunun nedeni, toplama işleminin zor ve pahalı olması ve geri dönüştürülmüş ürün piyasasının direkt ucuz olan orijinal PVC ürün piyasasına göre daha küçük bir piyasa olmasıdır (Yarman, 2007).

### **1.5. Plastik atıkların inşaat sektöründeki yeri**

Son yıllarda dünyadaki çeşitli betonarme yapılarda meydana gelen hızlı hasar oluşumu önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu tipteki yapı fiziği sorunlarını çözmek adına özellikle agresif ortamlarda bulunan betonarme yapılarda, harçların fiziksel ve mekanik özelliklerini performans açısından geliştirme ihtiyacı doğmuştur. Harçların dayanıklılık (durabilite) özelliklerini geliştirme yöntemlerinin başında, polimer kullanımı tüm dünyada yaygınlaşmıştır. Polimer katkılı harçlarda çimento ve polimerin beraber kullanılması ile normal harçlara göre, bazı özelliklerde daha iyi sonuçlar elde edilebilmektedir (Ceran, 2008).

İnşaat sektöründe son yıllarda görülen büyük ivmelenme, sektörde kullanılacak yapı malzemelerinin teknik yönden üstün parametre ve değerlere sahip olmalarının gerekliliği, birçok yeni yapı malzemelerinin kullanımına ve uygulanmasına zemin hazırlamaktadır. Bilindiği gibi inşaa edilen konutlarda kullanılan malzemenin hafifliği binanın ölü ağırlığının düşük bir değerde olmasına direkt bir etkidir. Bu nedenle düşük birim hacim ağırlık değerine sahip hafif betonlar, yük taşıyıcı ağır yapı elemanlarının kullanımının neden olduğu kesit daralmalarının önlenmesi ve temele iletilen yüklerin azalması göz önüne alındığında, yapı üzerinde önemli faydalar sağlamaktadır (Uğur, 2012).

### **1.6. Polimer Katkılı Beton Araştırmaları**

Normal betonların sakıncalı yönlerini giderebilmek, daha ekonomik ve kullanışlı betonlar elde etmek için, içinde bulunduğumuz yüzyılda yeni betonlar üretme yoluna gidilmiştir. Bunun için özellikle değişik agregalar ve katkı maddeleri eklenerek karışım oranlarını değiştirip, yalnızca normal agrega ve çimento kullanılmasıyla yapım tekniğinde

değişiklik yaparak, ya da bu yöntemlerden bir kaçını birlikte kullanılarak özel betonlar üretilmiştir (Baradan, 1991 ve Şahin, 2007).

Özel amaçlı betonların başında hafif betonlar gelir. Birim ağırlığı normal betonlardan belirli şekilde küçük olan betonlara hafif beton denilmektedir. Hafif betonların elde edilmesi için kullanılan malzeme ve yonteme bağı olarak, hafif beton yoğunluğu 300-1850 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmekte ve bu yoğunluk değerlerine karşılık gelen dayanım değerleri ise, genellikle 0,3-70 MPa ve bazen de 90 MPa değerlerine ulaşabilmektedir (Uğur, 2012).

Hafif betonun dolgu ve yalıtım elemanı olarak kullanılmasında başarılı sonuçların elde edilmesiyle, bugün artık yalıtım görevine ek olarak taşıyıcı özelliği olan elemanlarda da kullanılmaya başlanmıştır (Açikel, 1995).

Taşıyıcı hafif betonlar; duvar, panel ve blokların yapımında, çatı katı döşemelerinde, köprü açıklıklarında, ön yapımlı beton ünitelerinde kullanılır. Özellikle deprem bölgelerindeki yapıların oluşturulmasında daha çok hafif betonlar tercih edilmektedir (Sarı vd, 2005).

Hafif agregalarla üretilen betonların ısı iletkenlikleri düşük, ateşe dayanıklılığı yüksek ve donma-çözölmeye karşı da dayanıklılıkları da fazladır (Hüsem, 1995).

Bu özellikler göz önünde tutulursa özellikle deprem bölgelerinde hafif betonun kullanılması depremin yapı üzerindeki etkisini azaltacağından, güven ve ekonomi yönünden önemli bir üstünlük sağlayacaktır (Gül ve Geçten, 1993).

Plastik kökenli birçok atık ve katkı beton araştırmalarında kullanılarak genellikle polimer katkıli beton diye adlandırılmaktadır. Araştırmacılar bu plastik katkıları düzenli, düzensiz ve çeşitli boyutlarda beton içine değişik oranlarda katarak araştırmalarda bulunmuşlardır. Beton içine katılan plastik kökenli atık PET ve PVC çeşitleri Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



PET (Polyethylene terephthalate) şişesi atıklarından elde edilen hafif agregadan üretilen betonun özelliklerinin incelendiği bir araştırmada, ince agreganın yerine hafif agrega olarak belirli oranlarda atık PET agregası kullanıldığında betonun bazı özelliklerinin iyileştiği belirlenmiştir (Choi vd., 2005).

Hafif beton üretiminde, bilinen malzemelerden farklı olarak, atık plastik kırıklarının da hafif agrega olarak kullanılmasının mümkün olduğunu düşünülmektedir. Böylece hafif betonu daha ekonomik yoldan elde etme olanağı sağlanmış olacaktır. Son yıllarda, plastik atıkların kırılarak hafif beton agregası olarak kullanıldığı görülmektedir. Hafif beton agregası olarak kullanılan plastik atıklar, Polipropilen, Polietilen, Polietilen tereftalat ve Polistiren'dir (Akçaözoğlu, 2008).

Pelisser vd.'e (2011) göre betonun mekanik özelliklerini arttırmak için; karşım hesabında agrega yerine %10 geri dönüştürülmüş lastik katılarak elde edilmiş beton ile bağlayıcı olarak alkali reaksiyondan geçirilmiş lastik ve silis dumanı katılarak oluşturulmuş numuneler karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda; basınç mukavemeti, elastik modülü ve yoğunluk gibi kavramlar karşılaştırılmıştır. Özellikle basınç mukavemetinde kontrol betonuna göre ki bu da 48 MPa çıkmıştır, %14'lük bir mukavemet düşüşü söz konusu olmuştur. Elastisite modülünde %49'lük bir düşüş gözlenmiş ve ayrıca agrega ile değiştirilmiş lastik katkılı betonun yoğunluğunun %13, bağlayıcı modifikasyonlu betonun da yoğunluğu %9 azaltmıştır (Gönen vd., 2012).

Plastik tozlarının ve kırıklarının beton katkısı veya agregası olarak kullanılması yeni bir uygulamadır. Shulman, (1996) yaptığı bir çalışmada mikronize Polistren köpük parçalarını hafif beton katkısı olarak kullanmış ve patent almıştır.

Malloy ve vd.'nin,(2001) bildirdiğine göre, Schroeder, (1994) yaptığı bir çalışmada yüksek yoğunluklu Polietilenle bir kısım ince agregayı yer değiştirerek hafif beton karışımı elde etmiştir. Yüksek yoğunluklu Polietilen granülleri içeren betonun, daha düşük basınç dayanımına sahip olduğu ancak tokluk değerinin daha fazla olduğunu görmüştür.

Akçaözoğlu, (2008) atık PET şişe kırıklarıyla yaptığı hafif harç üretimi çalışmasında elde ettiği sonuçlar şöyledir: Hem kumlu hem de kumsuz karışımlarda,

çimentolu ve cürüflu numunelerin taşıyıcı hafif beton sınıfına girdiği görülmüştür. PET/bağlayıcı oranının 0,50'den 0,60'a çıkması; numunelerin basınç dayanımlarını düşürmemiş, eğilme dayanımlarını ise bir miktar düşürmüş, rötreyi azaltmıştır. Cürüflu numuneler, uçucu küllü olanlara göre daha yüksek basınç ve eğilme dayanımları göstermiştir. Su/Bağlayıcı oranının 0,50'den 0,45'e düşmesi, harçların dayanım, rötre ve karbonatlaşma gibi özelliklerini olumlu yönde etkilemiştir. Deney sonuçları, atık PET şişe kırıklarının depreme dayanıklı yapı üretimi için taşıyıcı hafif beton yapımında agrega olarak kullanılabilme potansiyelinin olduğunu göstermiştir. Ayrıca, atık PET şişe kırıkları ile yüksek fırın cürufu ve uçucu kül gibi endüstriyel atıkların beton üretiminde kullanılmasının; doğal kaynak kullanımının azaltılması, atıkların güvenli bir şekilde yok edilmesi, çevre kirliliğinin önlenmesi ve enerji tasarrufu açılarından avantaj sağlayacağı düşünülmektedir.

Zainab vd.'nin, (2008) yaptıkları çalışmada; beton karışımına agrega yeri özelliklerini inceleyerek plastik katkılı betonların plastik oranı arttıkça çökme değerlerinde %68,3-%88,33-%95,33 oranlarında bir azalışın, taze ve kuru yoğunluklarında yaşla beraber plastik oranının artmasıyla bir azalma ve basınç dayanımlarında da düşüş olduğunu tespit etmişlerdir. Bu mukavemet düşüklüğünün sebebi olarak betonda bulunan mikro çatlakların varlığı ve atık plastiğin hidrofobik yapıda olması sebebiyle plastik ve çimento hamurunun iyi yapışmaması nedeniyle mukavemeti düşürdüğü sonucuna varmaktadırlar.

Kou vd.'nin, (2009) yaptıkları çalışmada; kazınmış pvc boru atıklarını betona agrega yerine hacimce %5-15-30-45 oranlarında karıştırarak taze ve sertleşmiş beton üzerindeki etkileri araştırmışlardır. Bu çalışmada; atık malzemenin betonun ağırlığını %2-6 arasında azaltmaktadır. PVC oranı arttıkça işlenebilirlik, yoğunluk ve basınç dayanımları düşmüştür. Basınç dayanımlarındaki düşmeler P5 %9,1 - P15 %18,6 - P30 %21,8 - P45 %47,3 daha az çıkmıştır. Bunun sebebi PVC parçacıklarının etrafını çevreleyen çimentonun daha düşük elastisite modülüne sahip olması nedeniyle çatlaklara neden olduğu ve bu çatlakların dayanımı düşürdüğü, PVC ve çimentonun daha düşük yapışma gücüne sahip olduğu, PVC'lerin granül olarak daha büyük partikül yapıda olması, ve tamamen doygun durumda olan agreganın PVC çevrelerinde su kanallarını oluşturarak zayıf bir bağ oluşturması dayanımı düşürmektedir. Düşük basınç dayanımına sahip betonların elastisite modülünün düşük olduğu bilinmelidir. Çalışmada bu görüşü

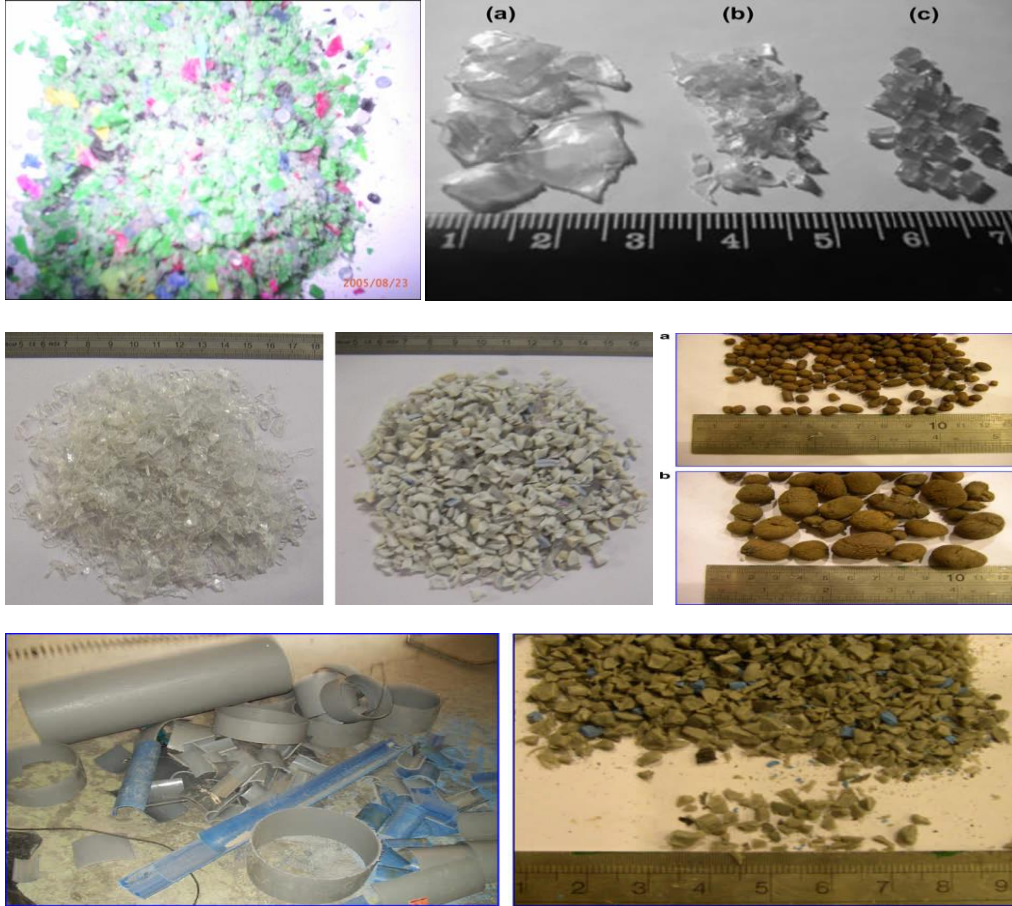
kanıtlamaktadır. PVC oranı arttıkça elastisite modülü azalmaktadır. Bu azalma P5 %6,1- P15 %13,8 – P30 %18,9 – P45 %60,2 şeklindedir. Poisson oranı PVC miktarına bağlı olarak artış göstermiştir buda yüksek süneklilik anlamı taşımaktadır denilebilir. Kuruma büzülmesi pvc oranı arttıkça azalma göstermiştir. Bu azalma P5 %18,1 - P15 %31,6 -P30 %48,7-P45 %72,2 dir. Bu azalma betonun su kaybının bir sonucu indüklenmiş kılcal çekme kuvvetiyle oluşur. PVC'nin geçirimsiz olduğu varsayılırsa betonun toplam su emme miktarı azaltılmış olur.

Frigione, (2010) yaptığı çalışmada; betonda ince agregaya ağırlığının yerine %5 oranında atık PET kullanarak beton üzerindeki etkilerine bakmıştır. Vardığı sonuçlar yüksek yoğunluklu polietilen içeren çeşitli plastik atıkların bitümlü bağlayıcı özellik gösterdiğinden yüksek kalıcı deformasyonlara karşı daha iyi direnç gösterdiğini PET' lerle yapılan liflerle oluşturulan lif takviyeli betonlarda plastik büzülme çatlağının azaltıldığı, 28 günlük basınç dayanımlarında %25, s/ç oranının %15, yarmada çekme dayanımının ise %19 azalttığı görülmüştür.

Hannawi vd.'nin, (2010) yaptıkları çalışmada iki tip atık PET ve PC' lerin %3-10-20-50 oranlarında ince agregaya yerine betona konularak beton üzerindeki fiziksel ve kimyasal etkileri araştırılmış ve şu sonuçlara ulaşılmıştır. Plastik agregaya içeriği arttıkça PC 'de kuru yoğunluk %24, PET'de ise %19 azaldığı görülmüştür. Çalışmada %3'lük değişim oranında porozite ve su emme miktarında pek bir fark olmamasına rağmen oran arttıkça bu değişimler görülmüş porozite ve su emme miktarlarında artmıştır. Basınç dayanımlarında da azalmalar olmuştur PET3 %9,8 – PET10 %30,5 - PET20 %47,1 – PET50 %69 azalma, PC3 %6,8 – PC10 %27,2 - PET20 %46,1 – PET50 %63,9 azalmıştır. Buna sebep olarak plastik agregaya ile matris arasındaki oluşan zayıf bağ gösterilebilir. Elastisite modülü azalmıştır. Eğilme dayanımında PET10-20 için %9,6 ve %17,9 azalma PC 50 'de ise %32,8 lik bir azalma vardır.

Ferreira vd.'nin, (2012) yaptıkları çalışmada geri dönüştürülmüş plastikleri betonda agregaya yerine kullanarak mekanik performansına bakmışlardır. Kullanılan plastiklerin şekli, büyüklüğü, parçacıkların bileşenleri ve pürüzlülüğü karışımın kıvamı üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu, işlenebilirliği ve taze betonun yoğunluğunda düştüğü görülmüştür. Geniş hacimli plastik katkılı betonlarda basınç dayanımı daha düşük

çıkıştır. Yarmada çekme dayanımı plastik boyutuna bağlı olarak boyut büyüdükçe dayanım azalmaktadır. Plastik kullanımı aşınma direncini arttırmaktadır.



Şekil 1.1. Beton içerisine katılan Atık PVC ve PET çeşitleri

Bu çalışmada PVC katkılı betonların katkısız (referans) betonlara göre mekanik ve fiziksel özelliklerindeki değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu tür katkıları bilimsel çalışmalarda çoğunlukla belirli oranlarda katılarak kullanılmaktadır. Ancak atıkların en büyük problemi boyutlarının düzensiz olmasıdır. Dolayısıyla betona düzenli oranlarda atık takviyesinin yapılması, üzerinde yapılan testlerin sonuçlarının da düzenli olması anlamına gelmemektedir. Bunun için çalışmada tüm agrega hacminin %10 - %20 ve %30 oranlarında toz ve granül PVC katılarak normal ve yüksek dayanımlı betonlar üretilmiştir. Betonlar üzerinde çökme, kuru ve doymuş birim hacim ağırlık, basınç, kapiler su emme, ultrasonik ses geçiş hızı ve yüzey sertliği testleri ile aşınma deneyi yapılmıştır. PVC katkı oranı arttıkça ve boyutunun da etkisiyle betonların fiziksel ve mekanik özelliklerinde önemli değişimler tespit edilmiştir.

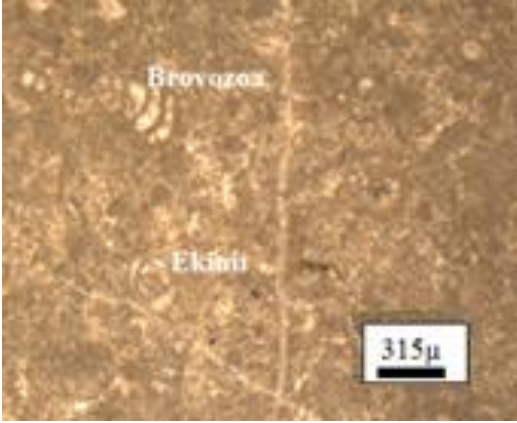
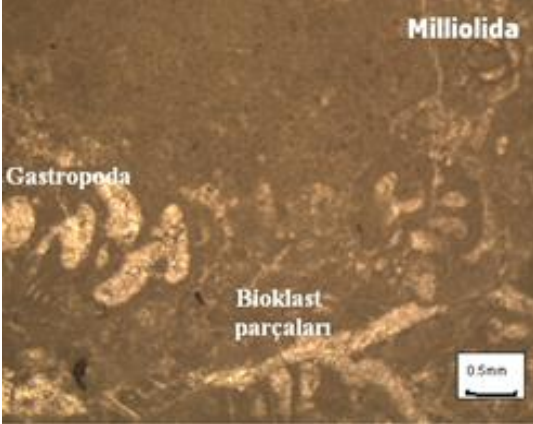
## 2. MATERYAL-METOT

Bu çalışmada, granül ve toz PVC katkıların beton özelliklerine etkileri çeşitli deneylerle araştırılmıştır.

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Agregas

Beton örneklerinde (0 - 4, 4 - 11,2, 11,2 - 22,4) agregas gruplarından, beton santrallerinde normal ve yüksek dayanımlı beton üretiminde kullanılan Gümüşhane yöresine ait kireçtaşı agregası kullanılmıştır. Agregaların petrografik özellikleri belirlenerek (Folk 1974 ve Dunham 1962) Şekil 2.1' de ve özellikleri Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

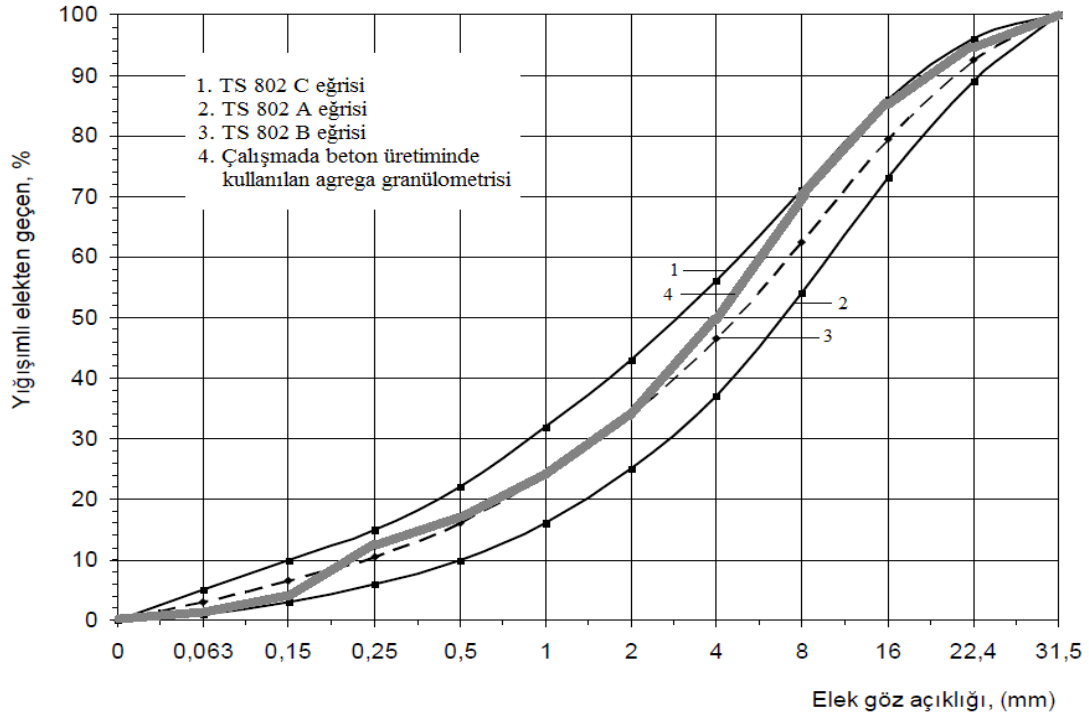
	<p><b>Kayaç adı:</b> Biomikrit (Folk 1974), Waketaşı (Dunham 1962)</p> <p><b>Biyoklast:</b> bentik foraminifer, mollusca kavkı, ekinit plakaları (%15).</p> <p><b>Ortokem:</b> Mikrit (%10)</p> <p><b>Ortam:</b> Sığ denizel</p>
	<p><b>Kayaç adı:</b> İntrabiosparit (Folk 1962), İstiftaşı (Dunham 1962)</p> <p><b>Allokemler:</b> Gasropoda, Milonidea</p> <p><b>Ortokem:</b> Sparitik çimento</p> <p><b>Ortam:</b> Sığ deniz düşük enerjili ortam</p> <p><b>Biyoklast:</b> ekinit, bryozoa, bivalve kavkı, foraminifer, pelletler texttularia sp. Parçaları</p>

Şekil 2.1. Beton Üretiminde Kullanılan Kireçtaşının Petrografik Tanımlaması

Tablo 2.1. Beton üretiminde kullanılan Kireçtaşı'nın Kimyasal özellikleri

KİREÇ TAŞI	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O	MgO	CaO	CaCO <sub>3</sub>	MgCO <sub>3</sub>	Sum
	%	%	%	%	%	%	%	%
	2,95	0,43	0,46	-	-	73,93	22,24	100,01

Agregaların elek analizi yapılarak agrega granülometrisi belirlenmiş ve TS 802'de belirtilen granülometri eğrileriyle karşılaştırılması Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Çalışmada kullanılan agreganın granülometri eğrisi

### 2.1.2. Çimento

Çalışmada bağlayıcı malzeme olarak da Trabzon Aşkale Çimento Fabrikası'ndan temin edilen CEM II/A-M (P-LL) 42,5 R (TS EN 197-1) sınıfı çimento kullanılmış ve çimento malzemesine ait özellikler Tablo 2.2' de belirtilmiştir.

Tablo 2.2. Çimentonun fiziksel kimyasal ve mekanik özellikleri

Kimyasal Analizler		Fiziksel Testler	
SiO <sub>2</sub>	18.59	İncelik (45 µ elek üstü%)	8,58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.69	Özgül Ağırlık ( gr/cm <sup>3</sup> )	3,05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.04	Özgül Yüzey (cm <sup>2</sup> /gr)	4145
CaO	60.34	Priz Başlangıcı (saat-dk)	2sa-33dk
MgO	1.92	Priz Sonu (saat-dk)	3sa-18dk
SO <sub>3</sub>	2.89	Hacim Genleşmesi (mm)	0,7
Kızdırma Kaybı	7.19	Su İhtiyacı %	29,9
Na <sub>2</sub> O	0.11	Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	
K <sub>2</sub> O	0.64		
Cl	0.0189		
Ölçülemeyen	0.57		
Toplam	100		
s.CaO	0.38	2.Gün	23,9
Katkı %	17.87	28.Gün	51,1

### 2.1.3. Betonda kullanılan PVC malzeme

Beton karışımında kullanılan kimyasal formülü; CH<sub>2</sub>=CHCl olan granül ve toz PVC malzemeler Şekil 2.3' de özellikleri ise Tablo 2.3' de belirtilmiştir.



Şekil 2.3. Çalışmada kullanılan Toz ve Granül PVC malzeme

Tablo 3.3. PVC Malzemenin Özellikleri

Özellik	Birim	Standart Değerler	Çalışmada Kullanılan PVC'nin Değerleri
Özgül Kütle	Kg / dm <sup>3</sup>	1,4	1,4
Isı İletkenliği	Kcal / kg / °C	0,110– 0,135	0,122
Su Emiciliği	%	0,4 – 1,0	0,7
Gerilmede Elastisite Modülü	Kg /cm <sup>2</sup>	30- 197	113
Çekme Dayanımı	Kg /cm <sup>2</sup>	70,3 -2450	1225
Uzama	5 cm de %	185–430	270
Soğuk Bükme Sıcaklığı	°C	(-57) – (-18)	(-57) – (-18)
Soğuk Eğme Sıcaklığı	°C	(-40) – (-20)	(-40) – (-20)
Hacimsel Direnç	Ω-cm	1-700 x 10 <sup>12</sup>	1-700 x 10 <sup>12</sup>
Dielektrik Faktörü	60 Hz	0,05 – 0,15	0,09

## 2.2. Metot

### 2.2.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Çalışmada, üzerinde taze ve sert halde çeşitli deneyler yapmak amacıyla, “normal dayanımlı” (C25/30) ve “yüksek dayanımlı” (C35/45) olmak üzere iki tür beton dayanım sınıfı, TS802’ye göre hazırlanmıştır. Betonlar, 10 cm çapında, 20 cm yüksekliğinde silindir numuneler şeklinde üretilmiştir. Karışım oranları üretilen normal ve yüksek dayanımlı beton sınıflarına göre ayrı ayrı hesaplandı. Karışımlarda kullanılan toz ve granül PVC ürünler 1 m<sup>3</sup> beton içerisinde bulunan toplam agrega oranının hacimsel olarak ~%10, ~%20 ve ~%30’ u olarak belirlenmiş ve agregadaki azaltma, 1 m<sup>3</sup> betondaki ince agregadan hacimsel olarak yapılmıştır. Yani, granül ve toz PVC katkı, beton karışıma ince agrega yerine hacimsel olarak katılmış ve uygulamada kolaylık açısından kütleye çevrilerek oranlar hazırlanmıştır. Granül ve toz PVC ürünlerin elenerek incelendiği ve tane boyutuna göre ince agrega sınıfına girmesi gerektiği belirtildiğinden azaltma ince agregada yapılmıştır. Beton karışımında Gümüşhane ili merkez şebeke suyu kullanılmıştır. 1 m<sup>3</sup> için beton karışım tasarımları Tablo 2.4’ de verilmiştir.



Tablo 4.4. Betonların 1m<sup>3</sup> karışım tasarımları

Beton Bileşenleri	NDB (dm <sup>3</sup> )				YDB (dm <sup>3</sup> )			
	RNB	%10 PNB	%20 PNB	%30 PNB	RYB	%10 PYB	%20 PYB	%30 PYB
Su	218	218	218	218	218	218	218	218
Çimento	133	133	133	133	180	180	180	180
Hava	19	19	19	19	19	19	19	19
PVC	-	63	126	189	-	58,3	116,6	174,9
0-4 mm Agregası	302,4	239,4	176,4	113,4	280	221,7	163,4	105,1
4-11,2 mm Agregası	151,2	151,2	151,2	151,2	140	140	140	140
11,2-22,4 mm Agregası	176,4	176,4	176,4	176,4	163	163	163	163
Toplam	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

### 2.2.2. Taze Beton Özelliklerinin Tayini

Taze beton deneyleri olarak betonlar hazırlandıktan sonra, TS EN 12350-2'e uygun olarak çökme deneyi ve TS EN 12350-6'e uygun olarak birim hacim ağırlık deneyleri yapılmıştır. Çökme değerleri her beton türünden 2 kez ölçülüp ortalamaları alınarak belirlenmiştir. Çökme miktarını ölçme işleminde, Ø200xØ100x300 mm boyutlarına sahip çökme hunisine 3 kademedeki ve her kademedeki 25'er defa şişleyip yerleştirme suretiyle yapılmış, üzeri mala yardımıyla düzeltildikten sonra çökme hunisi betondan ayrılıp, metre ile ölçülerek betonun çökme miktarı belirlenmiştir (Şekil 2.4).

Taze betonun birim hacim ağırlığını belirlemek için ise, önceden darası alınmış silindir numune kalıbına yerleştirilen beton, masa tipi vibrasyon cihazı üzerinde 10±2 sn bekletilip sıkıştırıldı, üzeri mala ile düzeltildikten sonra hassas terazi ile ağırlığı tartıldı ve kaydedildi ve silindir numunenin hacmine bölünerek birim hacim ağırlığı bulundu.



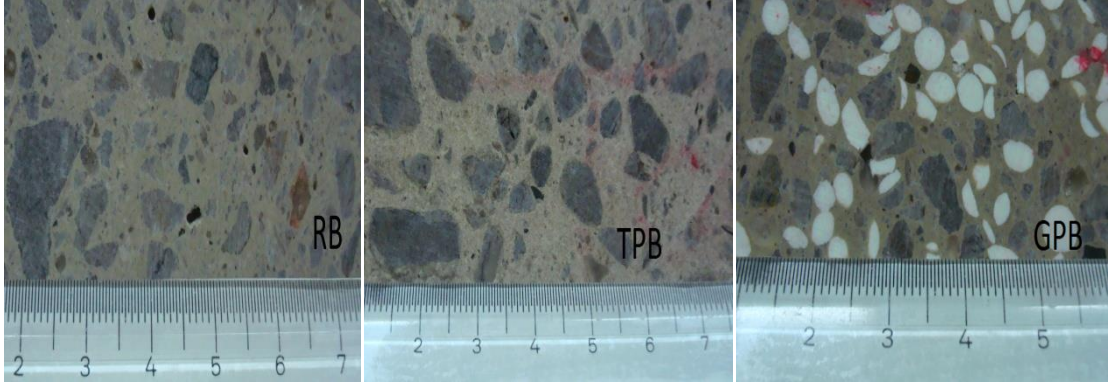
Şekil 2.4. Taze beton Çökme deneyi ve kür havuzuna yerleştirilmesi

### 2.2.3. Sertleşmiş Beton Deneyleri

Yapılan bu çalışmada betonların basınç dayanımlarının belirlenmesinde tahribatlı ve tahribatsız olarak iki yöntem kullanılmıştır. Beton numunelerin dayanımları TS EN 12390-3 standardına göre 7. ve 28. günlerde yapılan tek eksenli basınç testiyle belirlenmiştir.

Tahribatlı test yönteminde tek eksenli basınç deneyi yapılmıştır. Bu deney için 2000 kN kapasiteli, 450 Bar max basınca sahip tek eksenli basınç pres makinesi kullanılmıştır. Basınç deneylerinde yükleme hızı saniyede 2,4 kN olarak sabit tutulmuştur. 7 ve 28 günlük beton numuneleri birim alanının taşıyabileceği yük miktarının belirlenmesi ve aynı karışımla üretilen betonun gerçek uygulamadaki elemanın taşıyabileceği yük hakkında fikir yürütmek amacıyla kullanılmaktadır. Basınç dayanımı deneyi TS EN 12390-3'e göre yapılmıştır. Beton numunelerinin silindir kalıba yerleştirilmesi vibrasyon aleti kullanılarak yapılmıştır. Kalıptan çıkarılan beton numuneleri uygun sıcaklıkta kür

havuzunda bekletilmiştir. Karot düzeltme makinesinde yüzeyleri düzeltilen sertleşmiş beton numuneleri Şekil 2.5’de gösterilmiştir. Beton numuneler tek eksenli basınç makinesi ile Şekil 2.6’da gösterildiği gibi kırılmıştır.



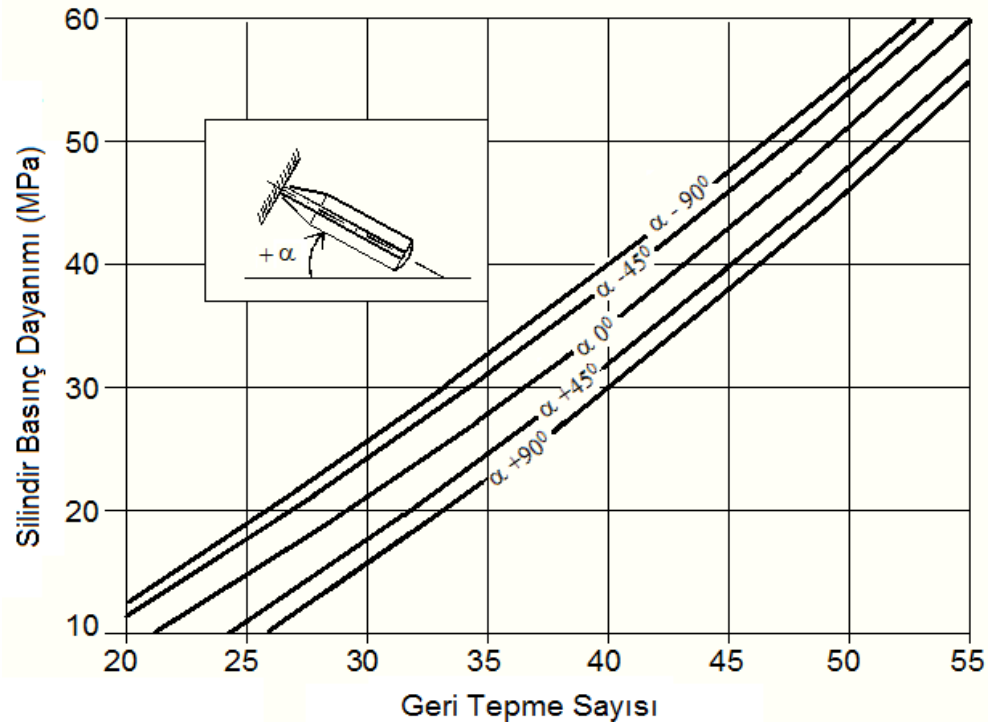
Şekil 2.5. Sertleşmiş beton çeşitleri



Şekil 2.6. Beton yüzeylerinin başlıklanması ve kırılması

### 2.2.3.1. Beton Test Çekici İle Yaklaşık Basınç Dayanımı Belirleme Deneyi

Bu çalışmadaki yüzey sertliği geri tepme değerleri; 30x30x10 cm ebatlarındaki plak betonlar üzerinde 0,225 kgm darbe enerjisi olan beton çekici (Schmidt çekici) kullanılarak elde edilmiştir. Yüzey sertliği okuması, ASTM C 805 standardında belirtilen esaslara uygun olarak  $\alpha = -90^\circ$  açısı ile beton yüzeyi kuru iken yapılmıştır. Beton test çekici ile her beton türü üzerinde 10 vuruş yapılmış, bu vuruşlarda elde edilen geri tepme değerlerinin aritmetik ortalaması alınmıştır.  $\pm\%10$  farklı olan değerler çıkarılıp kalan değerlerin tekrar aritmetik ortalaması alınmıştır. Çıkan bu değer yardımı ile betonların yaklaşık basınç dayanımları belirlenmiştir. Betonların yaklaşık basınç dayanımlarını belirlemede “beton çekici-basınç dayanımı” ilişkisini gösteren grafik Şekil 2.7 kullanılmıştır. Beton test çekicinin beton numuneye uygulanışı Şekil 2.8’de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.7. Beton çekici geri tepme değerleri ile basınç dayanımı ilişkisi



Şekil 2.8. Beton test çekicinin beton numuneye uygulanışı

### 2.2.3.2. Ultrasonik Ses Geçiş Hızı Deneyi

Ultrasonik ses geçiş hızı deneyi TS EN 12504-4'e standardında belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Yüzeyi pürüzsüzleştirilen silindirik beton numuneler cihaza bağlı olan alıcı ve vericilerin arasına yerleştirilerek doğrudan iletim yöntemiyle ölçüm yapılmıştır. Beton ile alıcı ve verici başlıkların tam teması için ultrason jeli sürülmüştür. Beton numunelerinden ultrasonik ses geçiş hızı (V) hesaplanmasında eşitlik (2.1) kullanılmıştır.

$$V=L/t \text{ (km/sn)} \quad (2.1)$$

Bu eşitlikte;

V; Ses geçiş hızını (km/sn)

L; Numune boyunu (km)

T; Numune boyunca ultrases geçiş süresini (sn) ifade etmektedir.

ASTM C597-83'e göre betonda ultrasonik ses geçiş hızının tespiti ile beton kalitesi de belirlenebilmektedir. Buna göre Tablo 2.5 kullanılarak betonların kaliteleri belirlenmiştir (Erdoğan, 2010).

Tablo 5.5. Ultrasonik ses geçiş hızı ile beton kalitesinin belirlenmesi

Ses hızı (V) (km/sn)	>4,5	3,5-4,5	3,0-3,5	2,5-3,0	<2,0
Beton kalitesi	Mükemmel	İyi	Şüpheli	Zayıf	Çok kötü

Beton numunelere ultrasonik ses geçiş hızı testinin yapılışı Şekil 2.9'de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.9. Beton test çekici ve Ultrasonik ses geçiş hızı ölçümlerinin yapılması

#### 2.2.3.4. Kapiler Su Emme Deneyi

Deney ASTM C 1585 standardın da belirtilen esaslara göre yapılmıştır. 10 cm çapında ve 20 cm yüksekliğinde oluşturulan silindir beton numuneleri kür havuzundan çıkartıldıktan sonra yüzeyi kurulanıp doygun ağırlığı ( $W_{DA}$ ) belirlenerek etüve konuldu (Şekil 2.10). 1. gün  $105^{\circ}C$ ' de 2-3-4. günlerde ise etüvün sıcaklığı  $50^{\circ}C$ 'ye düşürülerek numuneler kurutuldu. Kuruyan numunelerin ağırlıkları ( $W_{KA}$ ) hassas terazi ile tartılıp, etrafı 5 cm olacak şekilde silikondandı. Silikonlanan yüzey 2-3 cm olacak şekilde suyla temas ettirilip, bu numuneler 1.dk-5.dk-10.dk-20-30. dakikalarda sudan çıkarıldı ve yüzeyi



kurulandı. Kurulanan numunelerin hassas terazi ile ağırlıklarının ölçümü yapıp emdiği su miktarı belirlendi. Bu işlem 1. saatten 6. saate kadar her saat başı ve 10.-24.-48.-72.-96. saatlerde bir hassas terazi ile ölçülerek Şekil 2.10'da görüldüğü gibi 8. güne kadar ölçme işlemi devam ettirildi. Beton belli bir süre sonra sabit bir ağırlığa ulaştığında kapiler su emme deneyi bitirildi.



Şekil 2.10. Kapiler su emme deneyinin yapılması

Betonun kapiler olarak emdiği su miktarı, yüzey alanı ve geçen zamanın karekökü ile doğru orantılıdır. Orantı sabiti olan ve kapilarite katsayısı adı da verilen K sayısı, betonun boşluklarına bağlı bir özelliktir. Kapilarite katsayılarının hesaplanmasında aşağıda gösterilen eşitlik (2.2)' den yararlanılmıştır. Kapiler su emme verilerinin değerlendirilmesinde kapiler su emme süreleri (t) ve birim alana emilen su miktarının karesi bulunarak regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizi ile anlamlılık düzeyine göre; regresyon modelleri ile regresyon katsayıları ( $R^2$ ) belirlenmiştir.

$$K=Q^2/(A^2.t) \text{ (cm}^2/\text{sn)} \quad (2.2)$$

Bu eşitlikte;

K; Kapilarite katsayısı ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ),

A; Su ile temas eden alan ( $\text{cm}^2$ ),

t; Geçen zaman (s),

Q; Emilen su miktarı ( $\text{cm}^3$ )'dır.

Kapiler su emme deneyinde betonların kuru ( $W_{KA}$ )ve doymun ( $W_{DA}$ ) ağırlıkları kullanılarak porozite tayinleri de yapılmıştır. Buna göre porozite, aşağıda gösterilen eşitlik (2.3)'e göre hesaplanmıştır.

$$P = (W_{DA} - W_{KA}) / V_N \quad (2.3)$$

Bu eşitlikte;

Porozite; P(%)

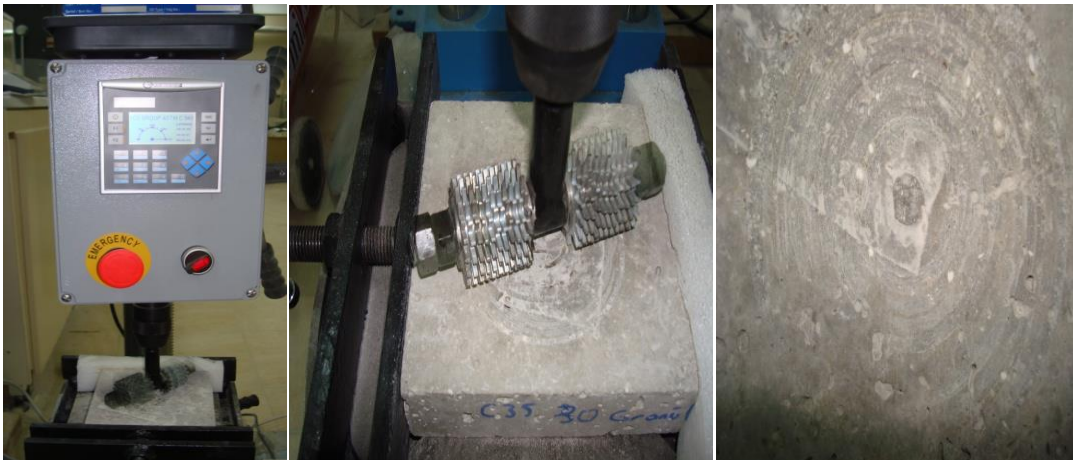
$W_{DA}$ ; Numunenin doymun ağırlığı( $kg/dm^3$ )

$W_{KA}$ ; Numunenin kuru ağırlığı( $kg/dm^3$ )

$V_N$ ; Numunenin hacmi ( $dm^3$ )' dir.

### 2.2.3.5. Aşınma Deneyi

Beton yüzeylerinin aşınma direncini belirlemek amacıyla deney ASTM C 944 standardın da belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Numuneler aşınmaya maruz bırakılmadan önce yüzeyindeki toz vb. temizlenerek hassas terazi ile ilk kütlesi tartılıp daha sonra aşınma cihazına yerleştirilerek 200 dev/dk hızla 2 dakika süre ile aşındırıldı. Bu süre sonunda numune cihazdan çıkarılarak tekrar aşınma miktarı belirlenmek üzere hassas terazi ile kaybolan kütlesi ölçüldü. Numuneler aşınma cihazına 2 şer dakika arayla 3 kez konularak kaybolan kütle miktarları ölçüldü ve aşınma miktarları belirlendi. Aşınma cihazı ve aşınan beton numune Şekil 2.11'da gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Aşındırma cihazı ve aşınan beton numune



### **3. BULGULAR VE TARTIŞMA**

#### **3.1. Taze Beton Deneyleri**

##### **3.1.1. Taze Betonun Fiziksel Özellikleri**

Her beton türünden 2 ayrı çökme deneyi ve birim hacim ağırlık deneyleri yapıldı. Ortalama çökme ve birim hacim ağırlık sonuçları Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Yapılan taze beton çökme tayininde betonlar arasında lineer bir çökme ilişkisi bulunamamıştır. Beton karışım tasarımında çökme miktarının 80-100 mm arasında olması planlanmıştır. Ancak, referans betonlarının planlanan çökme miktarından Normal Dayanımlı betonda %48,33; Yüksek Dayanımlı betonu için de %47,78 daha az çıkmıştır. Bunun sebebi karışımında kullanılan agreganın yaklaşık 6 ay önce doğal ortamından alınarak oda sıcaklığında bekletilmesi ve bünyesindeki suyu kaybederek karışımında kullanılan suyu içerisine hapsetmesi olarak düşünülmektedir.

Taze betonda çökme miktarlarına bakıldığında RN göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPN10’da %7,53; TPN20’da %4,31; TPN30’da %1,08 ve GPN10’da %11,83; GPN20’da %7,53; GPN30’da %1,08 olduğu tespit edilmiştir.

Taze betonun çökme miktarlarına bakıldığında RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPY10’da %7,45; TPY20’da %4,26; TPY30’da %1,07 ve GPY10’da %17,03; GPY20’da %12,77; GPY30’da %4,26 olduğu tespit edilmiştir.

Taze beton, silindir numune kalıplarına vibrasyon aletinde  $10\pm 2$  saniye bekletilip sıkıştırıldıktan sonra üzerine numunenin özelliklerinin ve numune numarasının yazılarak karışmalarının önlendiği numuneler hassas terazi ile anında tartılarak kütleleri bulunmuştur. Terazi ekranında görünen değerden de silindir kalıbın boş ağırlığı (dara=1080 gr) çıkarılarak hesaplanan beton kütlelerinin, sızdırmaz silindir kalıpların hesaplanan hacmine bölünmesiyle taze beton birim hacim ağırlık değerleri bulunmuştur.

Tablo 3.1. Taze beton numunelerinin BHA ve Çökme deneyi sonuçları

BETON TÜRÜ	TBBHA(kg/dm <sup>3</sup> )	ÇÖKME(mm)	S/Ç
RN	2,29	46,5	0,53
TPN10	2,20	43	0,53
TPN20	2,02	44,5	0,53
TPN30	1,94	46	0,53
RN	2,28	46,5	0,53
GPN10	2,19	41	0,53
GPN20	2,15	43	0,53
GPN30	2,06	46	0,53
RY	2,28	47	0,39
TPY10	2,22	43,5	0,39
TPY20	2,05	45	0,39
TPY30	1,97	46,5	0,39
RY	2,29	47	0,39
GPY10	2,22	39	0,39
GPY20	2,17	41	0,39
GPY30	2,08	45	0,39

Çalışmada PVC katkılı beton numunelerinin taze birim hacim ağırlıklarının, referans betonların taze birim hacim ağırlıklarına göre daha az olduğu tespit edilmiştir.

Taze betonun birim hacim ağırlıklarına bakıldığında RN göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPN10'da %4,01; TPN20'da %11,79; TPN30'da %15,62 ve GPN10'da %3,95; GPN20'da %5,71; GPN30'da %9,65 olduğu tespit edilmiştir.

Taze betonun birim hacim ağırlıklarına bakıldığında RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPY10'da %2,76; TPY20'da %10,32; TPY30'da %13,6 ve GPY10'da %3,06; GPY20'da %5,25; GPY30'da %9,18 olduğu tespit edilmiştir.

## 3.2. Sertleşmiş Beton Deneyleri

### 3.2.1. Sertleşmiş Betonun Fiziksel Özellikleri

Sertleşmiş betonun fiziksel özellikleri belirlenirken kapiler su emme deneyi sırasında tespit edilen değerler kullanılmıştır. Sertleşmiş betonun fiziksel özelliklerine ait sonuçlar Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Sertleşmiş betonun fiziksel özellikleri

	Beton Türü	Doygun Ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )	Kuru Ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )	Su Emme	Porozite (%)
Normal Dayanımlı Betonlar	RN	2,31	2,09	0,22	0,144
	TPN10	2,11	2,08	0,03	0,019
	TPN20	2,04	1,93	0,11	0,070
	TPN30	1,87	1,76	0,11	0,070
	RN	2,30	2,11	0,19	0,126
	GPN10	2,19	2,08	0,11	0,070
	GPN20	2,06	2,01	0,05	0,031
	GPN30	1,97	1,95	0,02	0,012
Yüksek Dayanımlı Betonlar	RY	2,31	2,14	0,17	0,108
	TPY10	2,22	2,07	0,15	0,091
	TPY20	2,18	2,04	0,14	0,084
	TPY30	2,09	2,03	0,06	0,038
	RY	2,30	2,17	0,13	0,085
	GPY10	2,25	2,12	0,13	0,082
	GPY20	2,18	2,06	0,12	0,076
	GPY30	2,09	1,98	0,11	0,070

Sertleşmiş betonun doymuş ağırlıklarına bakıldığında RN göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPN10’da %8,55; TPN20’da %11,87; TPN30’da %19,21 ve GPN10’da %7,76; GPN20’da %10,79; GPN30’da %14,69 olduğu tespit edilmiştir.

Sertleşmiş betonun doymuş ağırlıklarına bakıldığında RH göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPY10’da %3,94; TPY20’da %5,67; TPY30’da %9,57 ve GPY10’da %2,39; GPY20’da %5,43; GPY30’da %9,23 olduğu tespit edilmiştir.

Sertleşmiş betonun kuru ağırlıklarına bakıldığında RN göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPN10'da %0,05; TPN20'da %7,61; TPN30'da %15,7 ve GPN10'da %1,43; GPN20'da %4,74; GPN30'da %7,59 olduğu tespit edilmiştir.

Sertleşmiş betonun kuru ağırlıklarına bakıldığında RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPY10'da %2,95; TPY20'da %4,3; TPY30'da %5,15 ve GPY10'da %2,31; GPY20'da %5,07; GPY30'da %8,76 olduğu tespit edilmiştir.

Sertleşmiş betonun su emme miktarlarına bakıldığında RN göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPN10'da %86,79; TPN20'da %51,11; TPN30'da %51,55 ve GPN10'da %44,73; GPN20'da %74,88; GPN30'da %89,95 olduğu tespit edilmiştir.

Sertleşmiş betonun su emme miktarlarına bakıldığında RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPY10'da %16,38; TPY20'da %22,81; TPY30'da %64,92 ve GPY10'da %3,71; GPY20'da %11,12; GPY30'da %18,52 olduğu tespit edilmiştir.

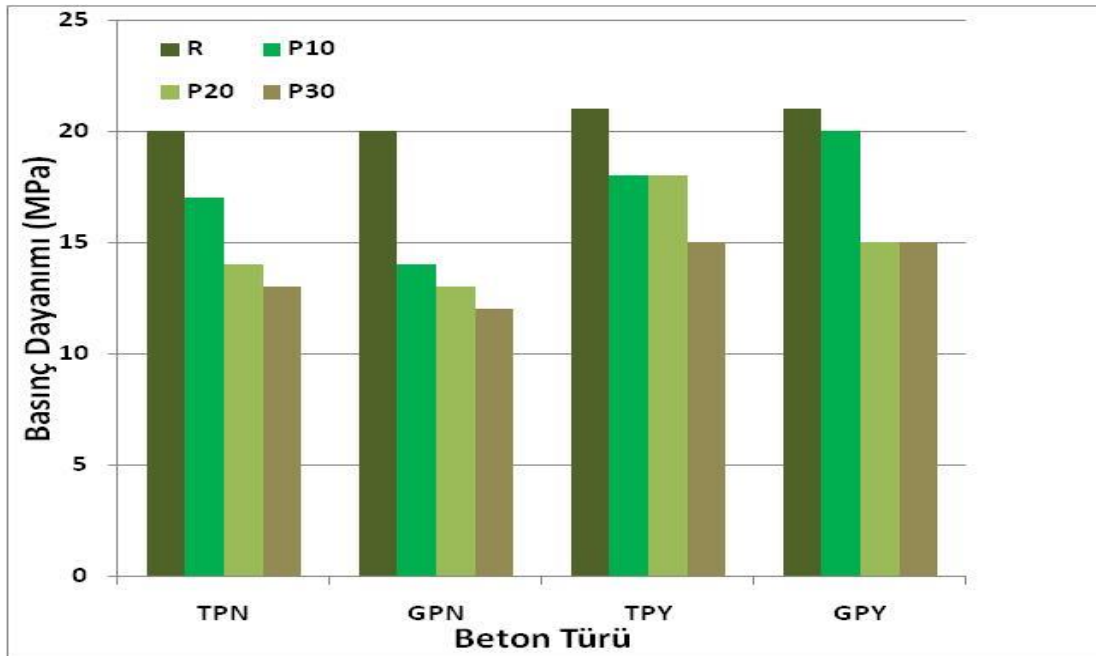
Elde edilen sonuçlarına göre betonlarda granül ve toz PVC katkıların, katkı oranlarının arttıkça sertleşmiş betonun belirlenen fiziksel özelliklerinde önemli derecede azalmalar görülmüştür. Bu sebeplerden dolayı PVC katkılı betonlarda PVC oranı arttıkça hafif betonun özelliklerine yaklaştığından bu tür betonların taşıyıcı hafif beton olarak kullanılması öngörülebilir.

### **3.2. Beton Test Çekici Deneyi**

Çalışmada beton test çekici ile yüzey sertliğinin yaklaşık yöntemle belirlenmesi deneyinde elde edilen bulgular Tablo 3.3' de gösterilmiştir. Geri tepme değerlerinin 7 ve 28 günlük beton basınç dayanımı karşılıkları Şekil 2.7'den her vuruş için ayrı ayrı elde edilip ortalaması alınarak bulunan yaklaşık basınç dayanımları Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. 7 ve 28 günlük Beton numunelerinin geri tepme değerlerine göre yaklaşık basınç dayanımı sonuçları

Beton türü	Vuruş sayısı		Geri tepme ort.		Basınç dayanımı (MPa)	
	7gün	28 gün	7 gün	28 gün	7 gün	28 gün
RN	7	8	26,1	28,3	20	24
TPN10	7	7	22,6	28,2	17	24
TPN20	7	6	21,7	27,5	14	23
TPN30	8	6	20,2	25,5	13	21
RN	9	7	26,9	29,1	20	24
GPN10	7	8	21,7	28,5	14	22
GPN20	6	7	20,3	26,4	13	21
GPN30	7	8	20,1	25,5	12	19
RY	6	7	25,4	36,2	21	35
TPY10	7	7	24,2	33,8	18	31
TPY20	8	6	24,2	29,1	18	26
TPY30	8	8	22,6	28,2	17	24
RY	8	6	27,1	37,1	21	35
GPY10	7	7	26,4	35,2	20	32
GPY20	5	6	22,4	32,9	15	30
GPY30	6	6	22,2	32,1	15	27

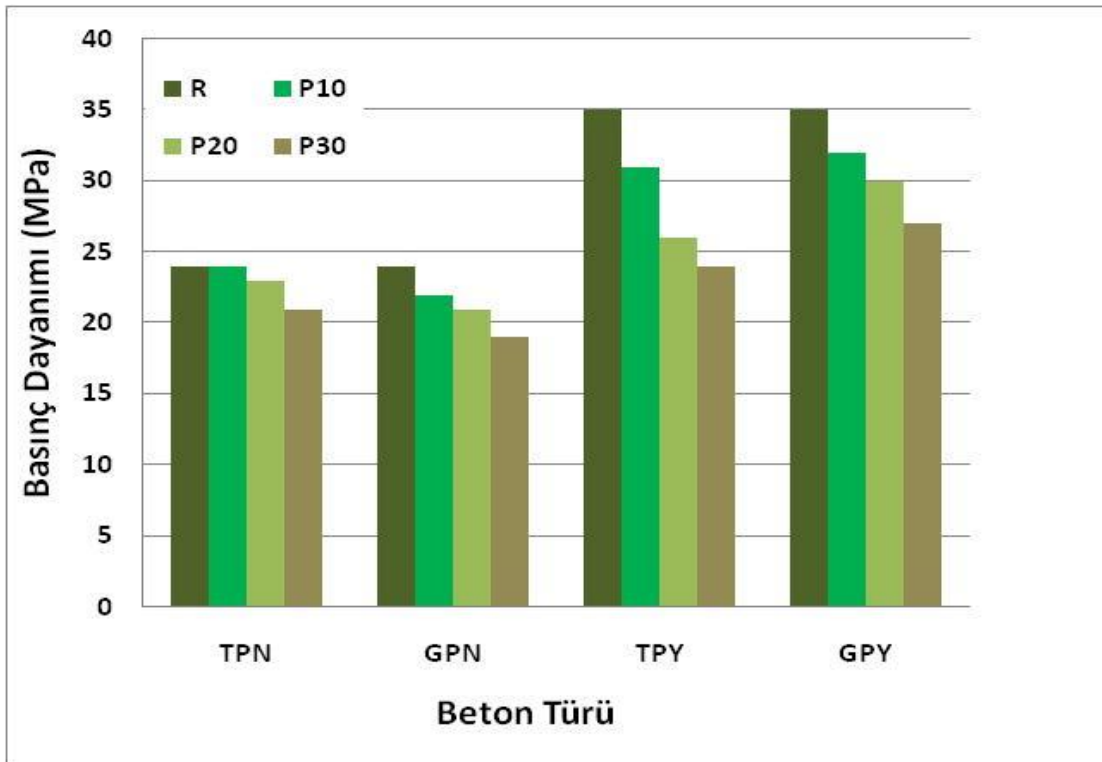


Şekil 3.1. 7 günlük Betonların Schimidth çekici ile belirlenen yaklaşık basınç dayanımı

Beton test çekici deney sonuçlarına göre, betonlardaki PVC oranı arttıkça dayanımın genel olarak düştüğü belirlenmiştir. Oluşan bazı değişkenliklere göre, Schmidt çekicinin uygulandığı beton yüzeyinin bazı noktalarında iri agregaya rast gelip dayanımı artırdığı söylenebilir ve bu deneyin yüzey sertliğinin belirlenmesinde yaklaşık olarak bir fikir verdiği unutulmamalıdır.

Beton test çekici yöntemi ile ölçülen 7 günlük basınç sonuçlarına bakıldığında RN göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPN10'da %15; TPN20'da %30; TPN30'da %35 ve GPN10'da %30; GPN20'da %35; GPN30'da %40 olduğu tespit edilmiştir.

Beton test çekici yöntemi ile ölçülen 7 günlük basınç sonuçlarına bakıldığında RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPY10'da %14,29; TPY20'da %14,29; TPY30'da %28,58 ve GPY10'da %4,77; GPY20'da %28,58; GPY30'da %28,58 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.2. 28 günlük Betonların Schmidth çekici ile belirlenen yaklaşık basınç dayanımı

Beton test çekici yöntemi ile ölçülen 28 günlük basınç sonuçlarına bakıldığında RN göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPN10'da %0; TPN20'da %4,17; TPN30'da %12,5 ve GPN10'da %8,34; GPN20'da %12,5; GPN30'da %20,84 olduğu tespit edilmiştir.

Beton test çekici yöntemi ile ölçülen 28 günlük basınç sonuçlarına bakıldığında RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPY10'da %11,43; TPY20'da %25,72; TPY30'da %31,43 ve GPY10'da %8,58; GPY20'da %14,29; GPY30'da %22,86 olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan bu deneyde, PVC katkı oranı arttıkça dayanım genellikle azalış göstermiştir. Yukarıda da bahsedildiği gibi, oluşan değişkenliklerin beton numunesinin tam homojen bir yapıya sahip olmayıp, çekiç ucunun iri agregaya veya boşluğa rastlaması sonucu yüzey sertliğinin düşük veya fazla çıkması gösterilebilir.

### 3.3. Ultrasonik Ses Geçiş Hızı Deneyi

Araştırmacılar tarafından ultrasonik ses geçiş hızı ile beton basınç dayanımı arasında birçok ilişki kurulmuştur. Bunlardan biri de Qasrawi tarafından belirlenen formüldür. Çalışmada eşitlik (3.1) kullanılarak yaklaşık küp basınç dayanımları belirlenmiş ve çıkan sonucun %80'i alınarak silindir basınç dayanımları ( $\sigma_{USPV}$ ) elde edilmiştir. Ayrıca beton kalitesinin tespiti de Tablo 2.5'e göre yapılmıştır. 28 günlük betonların ultrasonik ses geçiş hızı ile belirlenen deney sonuçları Tablo 3.4'de gösterilmiştir.

$$\sigma_{USPV} = 36,72 (USPV) - 129,077 \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte;

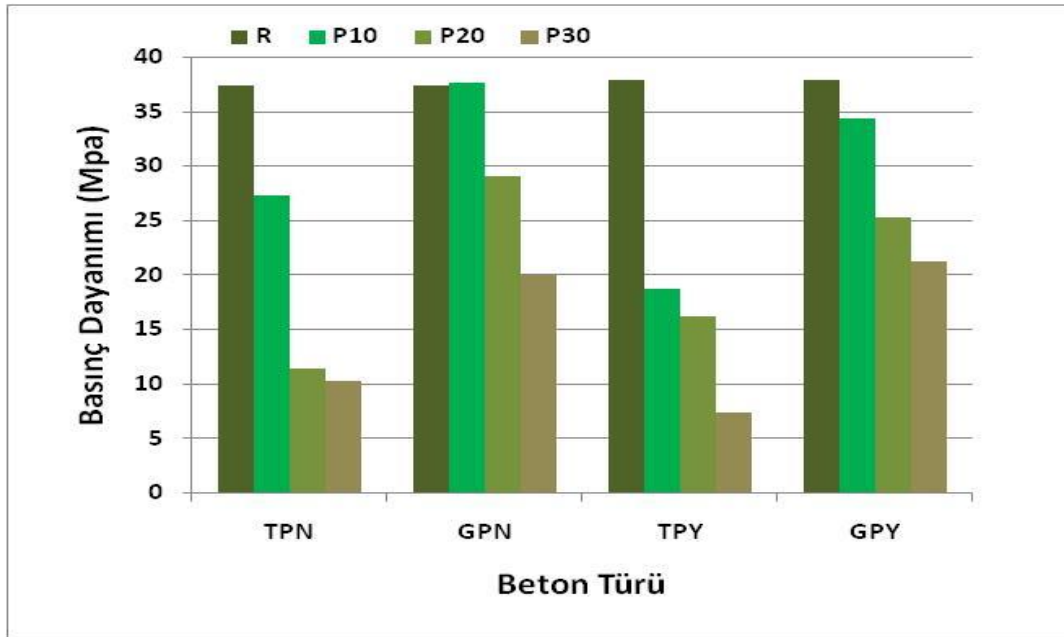
$\sigma_{USPV}$  ; Beton basınç dayanımı (MPa)

USPV; Ultrasonik ses geçiş hızı (km/sn)

Tablo 3.4. 28 günlük beton numunelerinin USPV deney sonuçları

Beton Türü	Ölçüm Sayısı	Ortalama Geçiş Süresi( $\mu$ s)	USPV Ortalaması (km/sn)	Basınç Dayanımı ( $\sigma_{USPV}$ )	Beton Kalitesi
RN	4	41,78	4,787	37,361	Mükemmel
TPN10	4	45,01	4,443	27,26	İyi
TPN20	4	51,26	3,902	11,36	İyi
TPN30	4	56,8	3,521	10,17	İyi
RN	4	41,78	4,787	37,361	Mükemmel
GPN10	4	42,6	4,695	37,66	Mükemmel
GPN20	4	44,4	4,505	29,08	Mükemmel
GPN30	4	47,7	4,193	19,91	İyi
RY	4	41,64	4,803	37,831	Mükemmel
TPY10	4	49,18	4,149	18,62	İyi
TPY20	4	48,2	4,067	16,211	İyi
TPY30	4	53,11	3,766	7,368	İyi
RY	4	41,64	4,803	37,831	Mükemmel
GPY10	4	42,7	4,684	34,34	Mükemmel
GPY20	4	45,7	4,376	25,29	İyi
GPY30	4	47,2	4,238	21,23	İyi

28 günlük betonların ultrasonik ses geçiş hızı ile belirlenen basınç değerleri Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. 28 günlük betonların USPV deneyi ile belirlenen yaklaşık basınç dayanımları



Ultrasonik ses geçiş hızı yöntemi ile ölçülen 28 günlük basınç sonuçlarına bakıldığında RN göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPN10'da %27,04; TPN20'da %69,6; TPN30'da %72,78 ve GPN10'da %0,8 arttığı ve GPN20'da %22,17; GPN30'da %46,71 azalmaların olduğu tespit edilmiştir.

Ultrasonik ses geçiş hızı yöntemi ile ölçülen 28 günlük basınç sonuçlarına bakıldığında RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPY10'da %50,79; TPY20'da %57,15; TPY30'da %80,53 ve GPY10'da %9,23; GPY20'da %33,16; GPY30'da %43,9 olduğu tespit edilmiştir.

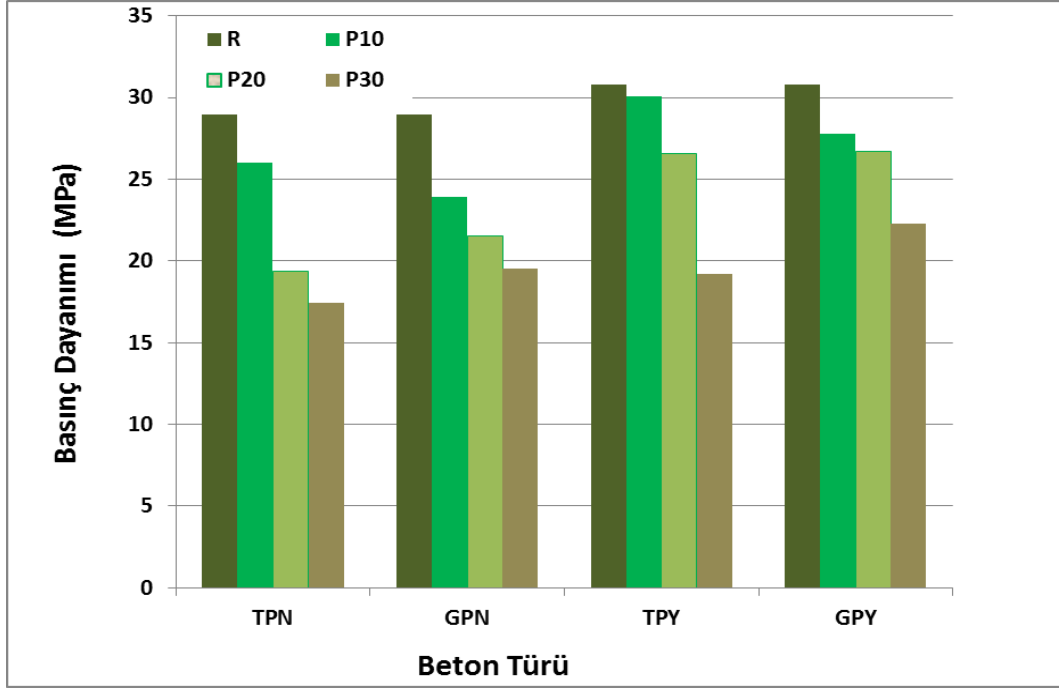
Yapılan bu deneyde, PVC katkı oranı arttıkça dayanımda bir azalma görülmüştür. Aslında betonun içerisinde geçen ses dalgasının hızı ile beton dayanımı arasında bir ilişki yoktur. Ancak ses dalgasının hızı ile betonun yoğunluğu arasında belirli bir ilişki bulunmaktadır. Yoğunluğu az olan bir betonda, yani içerisinde daha çok boşluk bulunan bir betonda, ses dalgasının bir yüzeyinden diğerine ulaşma süresi daha uzundur. Yani beton içinde boşluk ne kadar çoksa ses dalgasının hızı daha az olmaktadır. Betonun yoğunluğu ile basınç dayanımı arasında bir ilişki vardır bunun sonucunda şöyle söylenebilir; yoğunluğu düşük olan betonun basınç dayanımı da genelde düşük çıkmaktadır.

### **3.4. Tek Eksenli Tahribatlı Yöntemle Beton Basınç Dayanımının Belirlenmesi**

Çalışmada 7 ve 28 günlük beton numunelerinin tek eksenli yöntem ile basınç dayanımı sonuçları Tablo 3.5' de ve grafik olarak da Şekil 3.4' de gösterilmiştir.

Tek eksenli beton basınç yöntemi ile ölçülen 7 günlük basınç sonuçlarına bakıldığında RN göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPN10'da %10,07; TPN20'da %33,15; TPN30'da %39,87 ve GPN10'da %17,33; GPN20'da %25,65; GPN30'da %32,58 olduğu tespit edilmiştir.

Tek eksenli beton basınç yöntemi ile ölçülen 7 günlük basınç sonuçlarına bakıldığında RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPY10'da %2,17; TPY20'da %13,75; TPY30'da %37,52 ve GPY10'da %9,65; GPY20'da %13,18; GPY30'da %27,5 olduğu tespit edilmiştir.

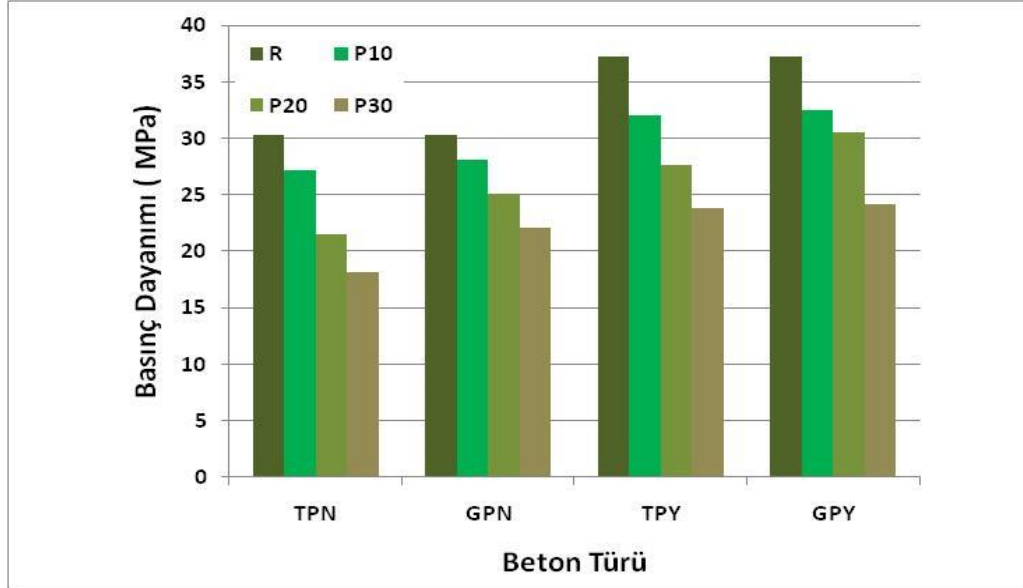


Şekil 3.4. 7 günlük betonların Tek Eksenli yöntem ile belirlenen basınç dayanımları

Tablo 3.5. 7 ve 28 günlük betonların tek eksenli yöntem ile basınç dayanımları

Beton türü	Basınç dayanımı (MPa)	
	7 gün	28 gün
RN	28,94	30,26
TPN10	26,02	27,17
TPN20	19,34	21,52
TPN30	17,40	18,11
RN	28,94	30,26
GPN10	23,92	28,04
GPN20	21,51	25,07
GPN30	19,51	22,12
RY	30,76	37,26
TPY10	30,09	32,06
TPY20	26,53	27,65
TPY30	19,22	23,81
RY	30,76	37,26
GPY10	27,79	32,49
GPY20	26,71	30,48
GPY30	22,30	24,18

28 günlük normal ve yüksek dayanım sınıflı beton numunelerinin Tek Eksenli yöntem ile belirlenen basınç dayanımları Şekil 3.5' de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. 28 günlük betonların Tek Eksenli yöntem ile belirlenen basınç dayanımları

Tek eksenli beton basınç yöntemi ile ölçülen 28 günlük basınç sonuçlarına bakıldığında RN göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPN10'da %10,2; TPN20'da %28,87; TPN30'da %40,13 ve GPN10'da %7,32; GPN20'da %17,16; GPN30'da %26,88 olduğu tespit edilmiştir.

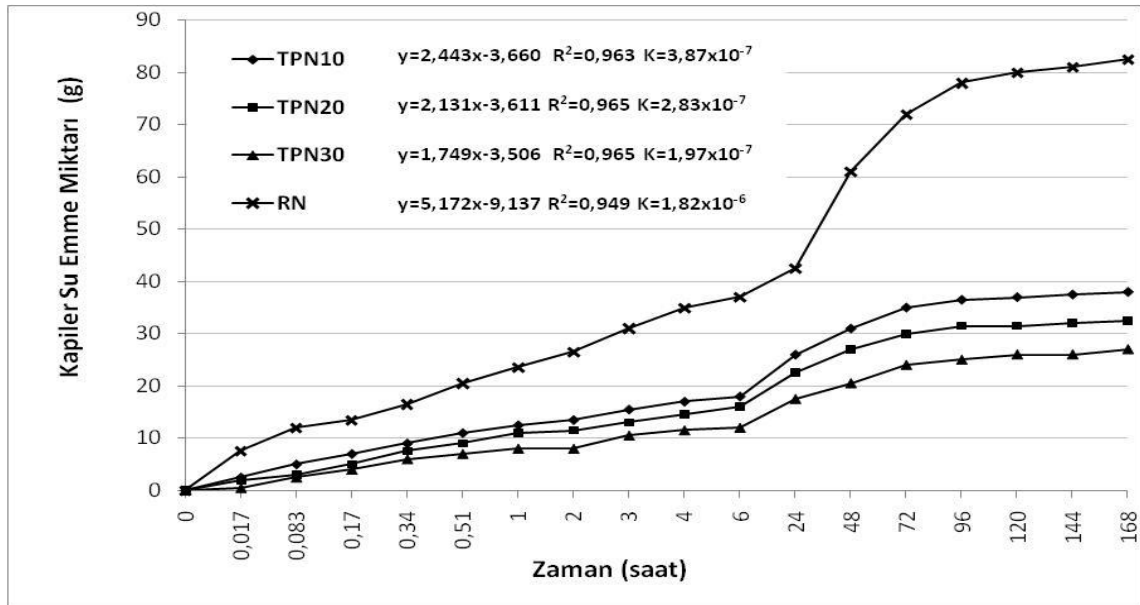
Tek eksenli beton basınç yöntemi ile ölçülen 28 günlük basınç sonuçlarına bakıldığında RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPY10'da %13,95; TPY20'da %25,78; TPY30'da %36,09 ve GPY10'da %12,8; GPY20'da %18,2; GPY30'da %35,1 olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan bu deneyde, PVC katkı oranı arttıkça dayanım genellikle azalış göstermiştir. Bu azalış da PVC boyutunun etkisinin de olduğu söylenebilir. Toz PVC katkılı betonlarda, granül PVC katkılı betonlara göre dayanımdaki azalış daha fazladır. Bu dayanım düşüşünü genel olarak plastiğin hidrofobik yapıda olması ve çimento hamuruna giren plastiğin çimento hamuru ile iyi yapışmaması sonucu basınç dayanımını da

düşürdüğü düşünülmektedir. Buna bağlı olarak yüksek dayanım beklenen betonlarda PVC katkıların betonda kullanımının uygun olmayacağı söylenebilir.

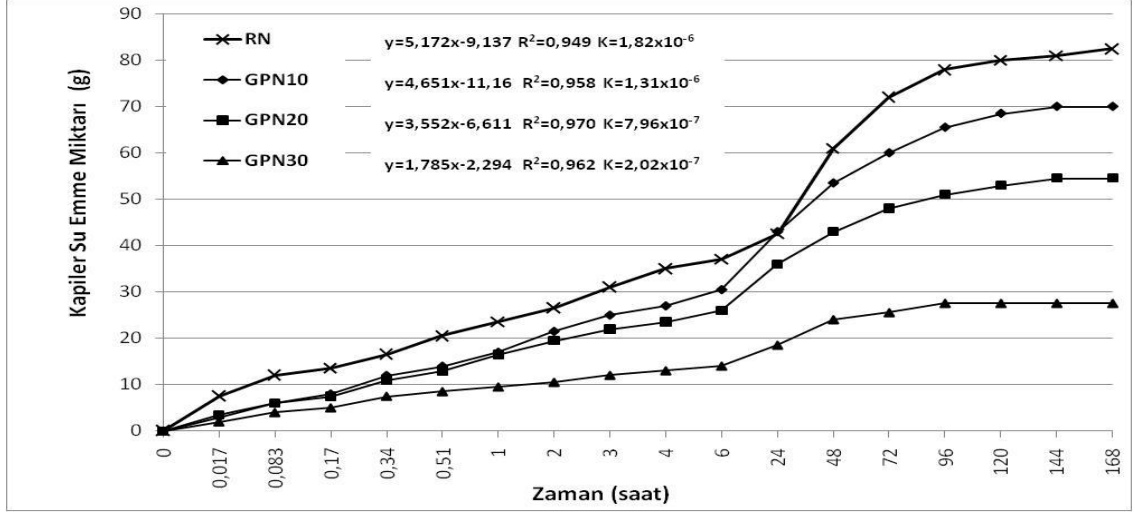
### 3.5. Kapiler Su Emme Deneyi

Çalışmada ASTM C 1585'e göre yapılan toz katkılı Normal Dayanımlı betonların Şekil 3.6' da, granül katkılı Normal Dayanımlı betonların Şekil 3.7'de, toz katkılı Yüksek Dayanımlı betonların Şekil 3.8'de, granül katkılı Yüksek Dayanımlı betonların Şekil 3.9' da yapılan kapiler su emme deneyi sonuçları, kapilarite katsayıları ve  $R^2$ 'leri şekiller üzerinde gösterilmiştir.



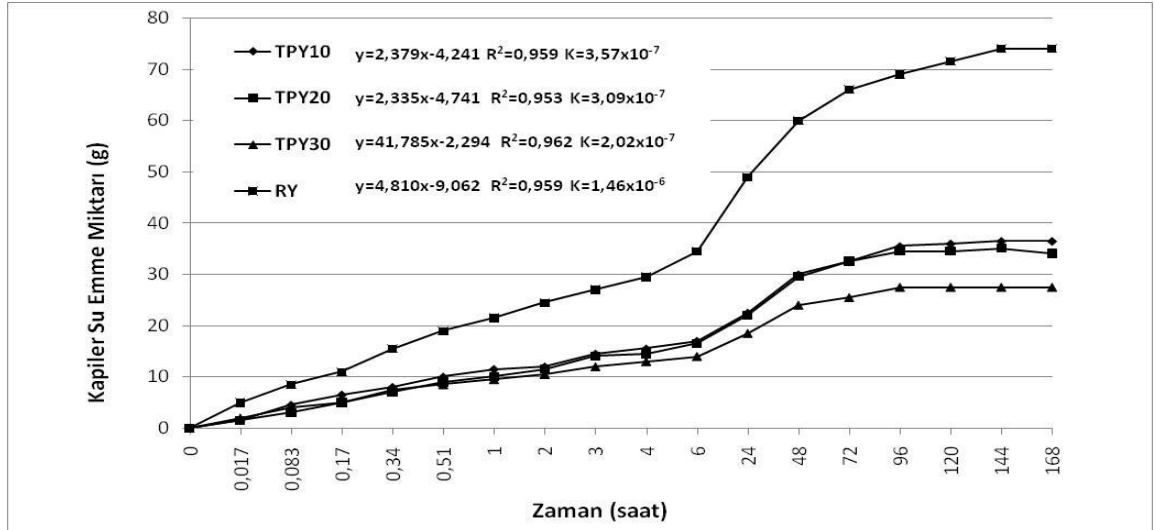
Şekil 3.6. Toz katkılı Normal Dayanımlı betonların kapiler su emme grafiği

Sertleşmiş betonda kapilarite sonuçlarına bakıldığında RN göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPN10'da %53,09; TPN20'da %59,88; TPN30'da %66,67 olduğu tespit edilmiştir.



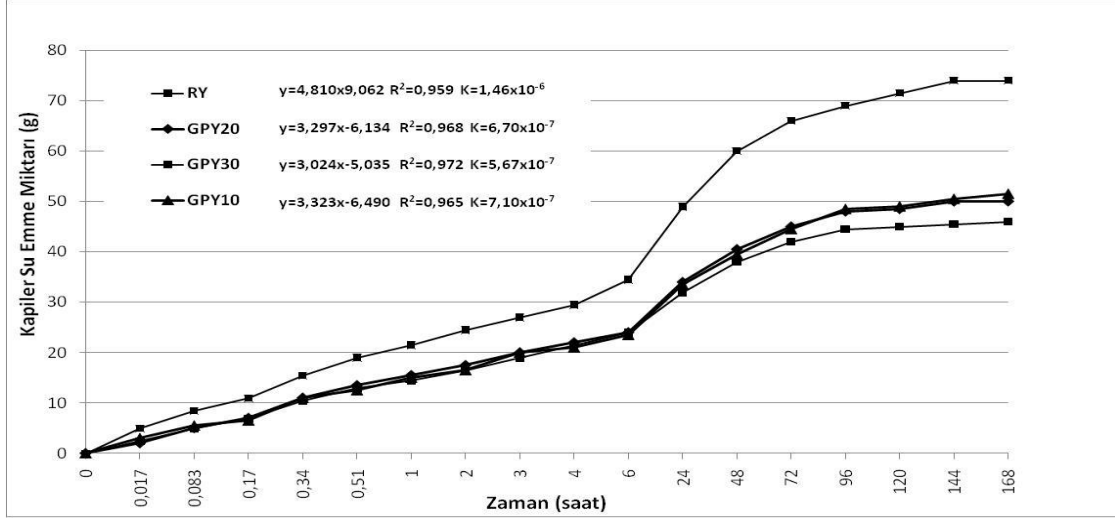
Şekil 3.7. Granül katkılı Normal Dayanımlı betonların kapiler su emme grafiği

Sertleşmiş betonda kapilarite sonuçlarına bakıldığında RN göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; GPN10'da %13,59; GPN20'da %32,72; GPN30'da %66,05 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.8. Toz katkılı Yüksek Dayanımlı betonların kapiler su emme grafiği

Sertleşmiş betonda kapilarite sonuçlarına bakıldığında RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPY10'da %50,68; TPY20'da %54,06; TPY30'da %62,84 olduğu tespit edilmiştir.



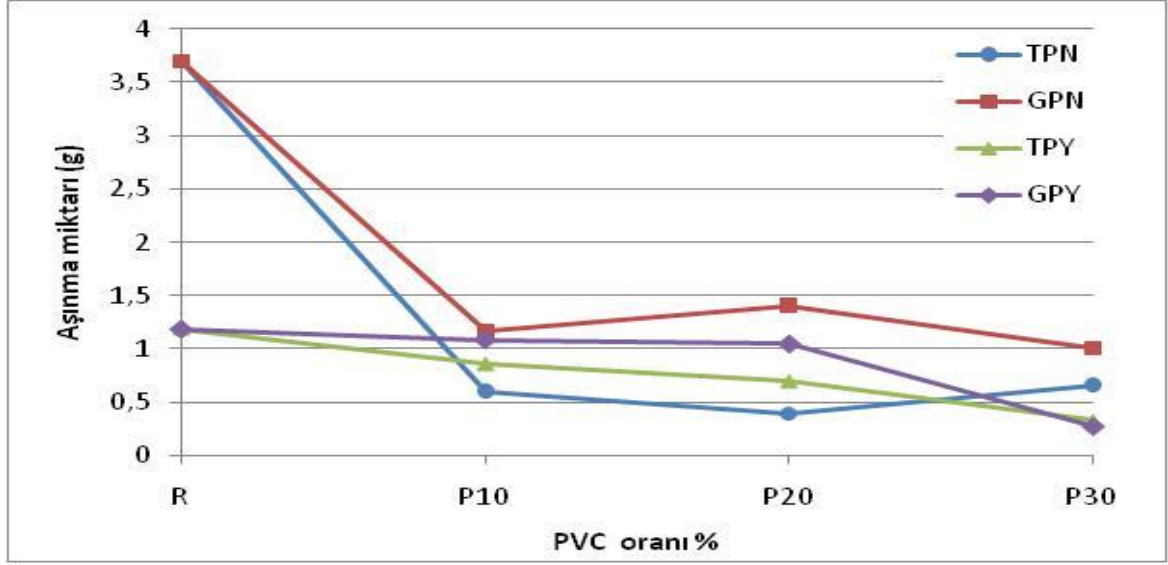
Şekil 3.9. Granül katkılı Yüksek Dayanımlı betonların kapiler su emme grafiği

Sertleşmiş betonda kapilarite sonuçlarına bakıldığında RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; GPY10'da %30,41; GPY20'da %32,44; GPY30'da %37,84 olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan bu deneyde, betonlarda PVC katkı oranı arttıkça kapiler su emme miktarı genellikle azalış göstermiştir. Bu azalışı PVC boyutunun etkilediği de söylenebilir. Toz PVC katkılı betonlarda, granül PVC katkılı betonlara göre azalış daha fazladır. Bu azalmanın sebebi genel olarak plastiğin hidrofobik yapıda olması nedeniyle çok fazla su ihtiyacının olmaması, suyu bünyesinde tutması veya aynı zamanda geçirimsiz olan PVC'nin beton içerisinde çimento hamuruyla arasında su kanalı oluşturup suyu orada hapsedmesi ve beton bünyesine su alışı engellediği de düşünülebilir. Toz PVC katkılı betonlarda bu düşüş daha fazla olduğu için PVC boyutunun etki ettiği söylenebilir. Şöyle ki; toz PVC 'nin beton bünyesinde bulunan kılcal su boşluklarını tıkadığı düşünülerek bu düşüşün sebebi olarak da gösterilebilir. Bunlara bağlı olarak PVC katkılı betonların suyla temas istenen yapılarda kullanılabileceği söylenebilir.

### 3.6. Aşınma Deneyi

Çalışmada ASTM C 944'e göre yapılan toz ve granül PVC katkılı betonların aşınma direnci sonuçları Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Toz ve Granül PVC katkılı betonların Aşınma Direnci sonuçları

Sertleşmiş betonda aşınma sonuçlarına bakıldığında RN göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPN10'da %80,14; TPN20'da %86,98; TPN30'da %78,18 ve GPN10'da %61,89; GPN20'da %54,08; GPN30'da %67,11 olduğu tespit edilmiştir.

Sertleşmiş betonda aşınma sonuçlarına bakıldığında RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın; TPY10'da %27,74; TPY20'da %41,18; TPY30'da %72,27 ve GPY10'da %8,41; GPY20'da %11,77; GPY30'da %77,32 olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan bu deneyde bulunan sonuçlara bakıldığında PVC katkıların betonun aşınma dayanımına önemli katkıda bulunduğu söylenebilir. Bu katkının etkisi normal dayanımlı betonlara göre yüksek dayanımlı betonlarda daha çok görülmektedir. Yüksek dayanımlı betonda PVC oranı arttıkça aşınma direncinin arttığı görülmüştür. Dolayısıyla sürtünmeye yoluyla aşınmaya maruz betonlarda (park, bahçe, yaya yolu vs.) bu tür katkılı betonların kullanılması olumlu sonuçlar verebilir. Ayrıca yapılan deney sürtünmeye maruz kalan yüzeylerin aşınma direncini belirlemek amacıyla olduğu için PVC malzemenin betona göre daha az aşınması ve PVC malzemenin beton içindeki oranının artması ile beton içinde aşınırken uzun süre kalması ve kısa sürede yok olmaması demek olduğundan aşınma direncinin artmasına sebep olarak gösterilebilir.

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmada Toz ve Granül PVC katkılı Normal ve Yüksek Dayanımlı betonlar üzerinde taze beton deneyleri, tek eksenli yöntemle basınç dayanımı, yüzey sertliği yardımıyla yaklaşık basınç dayanımı, ultrasonik ses geçiş hızı, aşınma deneyi ve kapiler su emme deneylerinden elde edilen verilerle yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonunda;

Yapılan taze beton çökme tayininde betonlar arasında doğrusal bir çökme ilişkisi bulunamamıştır. Referans betonlarının çökme miktarından Normal Dayanımlı betonda %48,33; Yüksek Dayanımlı betonu için de %47,78 daha az çıkmıştır.

Toz ve Granül PVC katkılı Normal dayanımlı betonlarda PVC oranı arttıkça çökme miktarlarının da arttığı görülmüştür. Bu artışın;

Normal Dayanımlı betonlardan en düşük TPN10 ve GPN10'da iken en yüksek TPN30 ve GPN30'da olduğu belirlenmiştir.

Yüksek Dayanımlı betonlarda ise en düşük TPY10 ve GPY10'da iken en yüksek TPY30 ve GPY30'da olduğu görülmüştür.

Çalışmada PVC katkılı beton numunelerinin taze birim hacim ağırlıklarının, referans betonların taze birim hacim ağırlıklarına göre daha az olduğu ve bu azalmanın;

Normal Dayanımlı betonlardan en düşük TPN10 ve GPN10'da iken en yüksek TPN30'da ve GPN30'da olduğu görülmüştür.

Yüksek Dayanımlı betonlarda ise en düşük TPY10 ve GPY10'da iken en yüksek TPY30 ve GPY30'da olduğu görülmüştür.

Sertleşmiş betonun doygun ağırlıklarına bakıldığında RN ve RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın;

Normal Dayanımlı betonlardan en düşük TPN10 ve GPN10'da iken en yüksek TPN30 ve GPN30'da olduğu görülmüştür.

Yüksek Dayanımlı betonlarda ise en düşük TPY10 ve GPY10'da iken en yüksek TPY30 ve GPY30'da olduğu görülmüştür.



Sertleşmiş betonun kuru ağırlıklarına bakıldığında RN ve RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın;

Normal Dayanımlı betonlardan en düşük TPN10 ve GPN10 iken en yüksek TPN30 ve GPN30'da olduğu görülmüştür.

Yüksek Dayanımlı betonlarda ise en düşük TPY10 ve GPY10'da iken en yüksek TPY30 ve GPY30'da olduğu görülmüştür.

Sertleşmiş betonun su emme miktarlarına bakıldığında RN ve RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın;

Normal Dayanımlı betonlardan en düşük TPN20 ve GPN10'da iken en yüksek TPN30'da ve GPN30'da olduğu görülmüştür.

Yüksek Dayanımlı betonlarda ise en düşük TPY10 ve GPY10 iken en yüksek TPN10 ve GPY30'da olduğu görülmüştür.

Beton test çekici yöntemi ile ölçülen 7 günlük basınç sonuçlarına bakıldığında RN ve RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın;

Normal Dayanımlı betonlardan en düşük TPN10 ve GPN10'da iken en yüksek TPN30 ve GPN30'da olduğu görülmüştür.

Yüksek Dayanımlı betonlarda ise en düşük TPY10 ve GPY10'da iken en yüksek TPY30 ve GPY30'da olduğu görülmüştür.

Beton test çekici yöntemi ile ölçülen 28 günlük basınç sonuçlarına bakıldığında RN ve RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın;

Normal Dayanımlı betonlardan en düşük TPN10 ve GPN10'da iken en yüksek TPN30 ve GPN30'da olduğu görülmüştür.

Yüksek Dayanımlı betonlarda ise en düşük TPY10 ve GPY10'da iken en yüksek TPY30 ve GPY30'da olduğu görülmüştür.

Ultrasonik ses geçiş hızı yöntemi ile ölçülen 28 günlük basınç sonuçlarına bakıldığında RN ve RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın;

Normal Dayanımlı betonlardan en düşük TPN10 ve GPN10'da iken en yüksek TPN30 ve GPN30'da olduğu görülmüştür.

Yüksek Dayanımlı betonlarda ise en düşük TPY10 ve GPY10'da iken en yüksek TPY30 ve GPY30'da olduğu görülmüştür.

Bu deney kapsamında ASTM C 597-83'e göre TPN ve TPY betonların kalitesi 'iyi', GPN10-20 ile GPY10 ve RN-RY betonlarının da kalitesinin 'mükemmel' olduğu söylenebilir.

Tek eksenli beton basınç yöntemi ile ölçülen 7 günlük basınç sonuçlarına bakıldığında RN ve RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın;

Normal Dayanımlı betonlardan en düşük TPN10 ve GPN10'da iken en yüksek TPN30 ve GPN30'da olduğu görülmüştür.

Yüksek Dayanımlı betonlarda ise en düşük TPY10 ve GPY10'da iken en yüksek TPY30 ve GPY30'da olduğu görülmüştür.

Tek eksenli beton basınç yöntemi ile ölçülen 28 günlük basınç sonuçlarına bakıldığında RN ve RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın;

Normal Dayanımlı betonlardan en düşük TPN10 ve GPN10'da iken en yüksek TPN30 ve GPN30'da olduğu görülmüştür.

Yüksek Dayanımlı betonlarda ise en düşük TPY10 ve GPY10'da iken en yüksek TPY30 ve GPY30'da olduğu görülmüştür.

Sertleşmiş betonda kapilarite sonuçlarına bakıldığında RN ve RY göre azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın;

Normal Dayanımlı betonlardan düşük TPN10 ve GPN10 iken en yüksek TPN30'da ve GPN30'da olduğu görülmüştür.

Yüksek Dayanımlı betonlarda ise en düşük TPY10 ve GPY10'da iken en yüksek TPY30 ve GPY30'da olduğu görülmüştür.

Sertleşmiş betonda aşınma miktarlarına bakıldığında genel olarak RN ve RY göre aşınma direncinde azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın;

Normal Dayanımlı betonlardan en düşük TPN30 ve GPN20'da iken en yüksek TPN20 ve GPN30'da olduğu görülmüştür.

Yüksek Dayanımlı betonlarda ise en düşük TPY10 ve GPY10'da iken en yüksek TPY30 ve GPY30'da olduğu görülmüştür.

Genel olarak bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara bakıldığında; betonlarda kullanılan granül ve toz PVC katkıların, katkı oranlarının arttıkça sertleşmiş betonun belirlenen fiziksel özelliklerinde önemli derecede azalmaların olduğu görülmüştür, bundan dolayı PVC katkılı betonlarda PVC oranı arttıkça betonun fiziksel özelliklerinin hafif betonun fiziksel özelliklerine yaklaştığı görülmüştür. Dolayısıyla bu tür PVC katkılı betonların taşıyıcı hafif beton olarak kullanılması öngörülebilir.

PVC katkı oranı arttıkça dayanım genellikle azalış göstermiştir. Bu azalış da PVC boyutunun etkisinin de olduğu söylenebilir. Toz PVC katkılı betonlarda, granül PVC katkılı betonlara göre dayanımdaki azalış daha fazladır. Buna bağlı olarak yüksek dayanım beklenen betonlarda PVC katkıların betonda kullanımının uygun olmayacağı söylenebilir.

PVC katkı oranı arttıkça kapiler su emme miktarında genellikle azalmalar görülmüştür. Bu azalmayı PVC boyutunun etkilediği de söylenebilir. Toz PVC katkılı betonlarda, granül PVC katkılı betonlara göre azalış daha fazladır. Bunlara bağlı olarak PVC katkılı betonların suyla temas istenen yapılarda kullanılabilmesi söylenebilir.

## 5. KAYNAKLAR

- Açikel, H., 1995. Karapınar Volkanik Agregasından Hazır Döşeme ve Çatı Plakları İmali. Doktora Tezi, Selçuk Üniv., Fen Bilimleri Enst., Konya. 164 s.
- Akçaözöğlü, S.,2008.Atık Pet Şişe Kırıklarının Hafif Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği , Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Adana.
- Alp, S. 2003.İstanbul Ticaret Odası Plastik Sektör Raporu
- Alter, H., 2005. The recovery of plastics from waste with reference to froth Flotation Resources, Conservation and Recycling, Cilt.43, s.119-132.
- ASTM C 1585-04., 2004. Standard Test Methodfor Measurement of Rate of Absorption of Waterby Hydraulic- Cement Concretes ASTM, 1-5.
- ASTM C 597-83., 1991. Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete, ASTM Standards, U.S.A., 1-4.
- ASTM C 944., 1999. Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method.
- ASTM C805 / C805M – 08, 2008. Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete, ASTM Standards, U.S.A.
- Baradan, B., 1991. Yapı Malzemesi II. Dokuz Eylül Üniv., Mühendislik Mimarlık Fak. Yay., İzmir, 77s.
- Başka, M.A., 2006. Betonun Basınç Dayanımının Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Ceran, A., 2008. Polimer Esaslı Lateks Katkının Çimento Harç Özellikleri Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Choi,Y.W., Moon, D.Z.,Chung,J.S. and Cho, S.K., 2005. Effects of Waste PET bottles aggregate on the properties of concrete, Cem.Concr.Res., 35, 776-781.
- Devlet Planlama Teşkilatı, 2004. Türkiye Plastik Sektör Raporu
- Dunham,R.J.,1962.ClassificationofCarbonateRocksAccordingtoDepositionalTextures in N.E. Ham. (Ed), Classification of CarbonateRocks, Am. Assoc. Pet. Geol. Mem. 1, 108-121

- Erdoğan, T.Y., 2003. Beton, Orta Doğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, METU Press, Ankara.
- Ferreira, L., Brito, J., ve Saikia, N., 2012. Influence of curing conditions on the mechanical performance of concrete containing recycled plastic aggregate *Construction and Building Materials* 36 196–204 *Filtration & Separation*, 525–527s.
- Folk, R.L., 1974. Spectral Subdivision of Limestone Types in W.E. Ham. (Ed.) *Classification of Carbonate Rocks*, AAPG Bull., 1, 62-82.
- Frigione, M., 2010. Recycling of PET bottles as fine aggregate in concrete *Waste Management* 30 1101–1106.
- Gönen, T., Onat, O., Cemalgil, S., Yılmaz, B., Altuncu, T., 2012. Beton Teknolojisi İçin Yeni Atık Malzemeler Üzerine Bir İnceleme, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Sayı: 1, Cilt: 8, 36-43s.
- Gül, R. ve Geçten, O., 1993. Elazığ ferrokrom işletmesi granüle curufunun hafif beton üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması. *Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu*, Ankara, 291-301s.
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., 1997. Plastikler, Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü
- Hannawi, K., Kamali, S., 2010. William Prince Physical and mechanical properties of mortars containing PET and PC waste aggregates *Waste Management* 30 2312–2320 *Hekimlik Bülteni*, Cilt.6 (4), 307–312s.
- Hüsem, M., 1995. Doğu Karadeniz Bölgesi Doğal Hafif Agregalarından Biriyle Yapılan Hafif Betonun Geleneksel Bir Betonla Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. *Doktora Tezi*, KTÜ Fen Bilimleri Enst., Trabzon, 170 s.
- Kıralp, S., Özkoç G., Erdoğan, S., Çamurlu, P., Doğan, M., Baydemir, T., 2007. Modern Çağın Malzemesi Plastikler, ODTÜ Bilim ve Toplum Kitapları Dizisi ODTÜ Yayıncılık
- Kou, G., Lee, C.S., Poon, W.L., 2009. Properties of lightweight aggregate concrete prepared with PVC granules derived from scraped PVC pipes *Waste Management* 29 621–628 S.C.
- Malloy, R., Desai, N., Wilson, C., Swan, C., Jansen, D., Kashi, M., 2001. High Carbon Fly Ash / Mixed Thermoplastic Aggregate for Use in Lightweight Concrete. *Society of Plastics Engineering, Annual Technical Conference*, Dallas, TX, v 47, pp.
- Paci, M., La Mantia, F.P., 1999. Influence of small amounts of polyvinylchloride on the recycling of polyethyleneterephthalate, *Polymer Degradation and Stability*, Cilt.63, 11–14s.

- Pelisser F., Bernardin A.M., Zavarise N. ve Longo T.A., 2011. Concrete made with recycled tire rubber: Effect of alkaline activation and silica fume addition; Journal of Cleaner Production 19, 757-763
- Pelisser F., Bernardin, A.M., Zavarise, N. ve Longo, T.A., 2011. Concrete made with recycled tire rubber: Effect of alkaline activation and silica fume addition; Journal of Cleaner Production 19, 757-763.
- Plastik Özel İhtisas Komisyon Raporu, Ankara, 1994.
- Postacıoğlu, B., 1987. Beton, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi., Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul, 2: 45-88s.
- Sari, D. and A.G. Pasamehmetoglu, 2005. The Effect of Gradation and Admixture on the Pumice Lightweight Aggregate Concrete. Cement and Concrete Research, No 35 (5), pp. 936– 942.
- Savaşçı, Ö. T., Uyanık, N., Akovalı, G., 2002. Ana hatları ile plastikler ve plastik Teknolojisi, PAGEV yayınları.
- Schroeder, R., 1994. The Use of Recycled Materials in Highway Construction. Public Roads, 58, 2, pp.32-41.
- Sevencan, F., Vaizoğlu, S. A., 2007. Pet ve Geri Dönüşümü, TSK Koruyucu
- Shulman, D., 1996. Lightweight Cementitious Compositions and Methods of Their Production and Use. United States Patent, Patent number 5580378.
- Singh, B. P., 1998. Wetting mechanism in the flotation separation of plastics,
- Şahin ve ark., 2007. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi/Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 4 Sayı 137-144s. Atık PVC Katkılı Hafif Betonların Özellikleri ve Tarımsal Yapılarda Kullanım Olanakları, Tekirdağ.
- TS 802/T2, 2009. Beton karışım hesabı, TSE, Ankara, 3-18.
- TS EN 12350-2, 2010. Beton – Taze beton deneyleri - Bölüm 2: Çökme (slamp) deneyi, TSE, Ankara, 1-7.
- TS EN 12350-6, 2010. Beton – Taze beton deneyleri - Bölüm 6: yoğunluk deneyi, TSE, Ankara.
- TS EN 12390-3, 2012. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, TSE, Ankara, 5-16.
- TS EN 12504-4, 2012. Beton deneyleri - Bölüm 4: Ultrasonik atımlı darbe hızının tayini, TSE, Ankara, 1-4.

Uğur, İ., 2012. III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, Kırmataş Agregalı Hafif Betonların Mühendislik Özelliklerinin İyileştirilmesi Üzerine Bir Analiz

Yarman, Ş., M., 2007. Petkim Petrokimya Holding A.Ş., International Pops Elimination Project – IPEP

Zainab, Z., Ismail, E., Hashmi, A., 2008. Use of waste plastic in concrete mixture as aggregate replacement, Waste Management 28 2041–2047

(URL-1), 2007. [http://www.kimyamuhendisi.com/dokumanlar/cat\\_view/14-cevre-ve-atik-sistemleri.html](http://www.kimyamuhendisi.com/dokumanlar/cat_view/14-cevre-ve-atik-sistemleri.html)

## ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Elazığ'da doğdu. İlköğrenimini Mersin'de lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2009 yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü Yapı Ressamlığı Öğretmenliğinden mezun oldu. 2011 yılında Gümüşhane Üniversitesi İnşaat Mühendisliğinde Yüksek Lisans programına başladı. Yabancı dili İngilizcedir. Bekârdır.