

83938

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**POLİMER BAĞLAYICILI PREPAKT AGREGA BETONLARIN
MEKANİKSEL VE EKONOMİK YÖNDEN İNCELENMESİ**

Sibel DEMİRCAN SAĞLIYAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Yrd.Doç.Dr. M. Şükrü YILDIRIM

ELAZIĞ – 1999

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

POLİMER BAĞLAYICILI PREPAKT AGREGA BETONLARIN
MEKANİKSEL VE EKONOMİK YÖNDEN İNCELENMESİ

Sibel DEMİRCAN SAĞLIYAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez, .../... /... Tarihinde Aşağıdaki Belirtilen Jüri Tarafından Oybirliği /
Oy çokluğu ile Başarılı / Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir.

(İmza)

(İmza)

(İmza)

Danışman

Yrd. Doç. Dr. M. Şükrü YILDIRIM

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**POLİMER BAĞLAYICILI PREPAKT AGREGA BETONLARIN MEKANİKSEL VE
EKONOMİK YÖNDEN İNCELENMESİ**

Sibel DEMİRCAN SAĞLIYAN

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

1999, Sayfa :

Yapılan bu çalışmada, prepakt betonlar çimento ve polimer bağlayıcı olarak iki ayrı türde incelenmiştir. Hazırlanan numunelerin mekaniksel özellikleri; basınç, çekme, aşınma dayanımları ile su emme ve donatı dayanıklılıkları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar irdelendiğinde polimer bağlayıcı prepakt betonların çimento bağlayıcı prepakt betonlara göre daha iyi bir performans sağladığı saptanmıştır. Ancak ekonomik yönden polimer bağlayıcı prepakt betonların maliyet artışına neden olduğu görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Prepakt beton, Polimer, Çimento, Dayanım, Ekonomik analiz.

SUMMARY

Master's Thesis

**AN ANALYSIS OF POLIMER PREPACKED AGGREGATE CONCRETE ON MECHANICAL
AND ECONOMICAL**

Sibel DEMİRCAN SAĞLIYAN

**Firat University
Graduate School Of Science And
Technology Department Of Civil Engineering**

1999, Page: 99

In this study, prepacked concrete is investigated in two different aspects as cement and polymer connectives mechanical features of the prepared samples such as pressure strength durability against ice are studied when the results are considered it is determined that polymer connecting, prepacked concrete shows better performance than cement connecting prepacked. However as to the economic aspect polymer connecting concrete causes increase in cost price.

KEY WORD: Prepacked Concrete, Polymer, Cement, Durability, Economical Analysis.

TEŞEKKÜR

“ Polimer bağlayıcıli prepakt agrega betonların mekaniksel ve ekonomik yönnden incelenmesi” başlıklı bu tez çalışması sırasında hertürlü destek ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Sükrü YILDIRIM’a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın deneysel bölümünde yardım eden Fırat Üniversitesi İnşaat Malzeme Laboratuar Teknisyeni Sayın Seyfettin ÇIÇEK’e, kullandığım epoksi reçinasını temin etmemde SİKA DETEKS Yapı Kimyasalları A.Ş.’nin Araştırma ve Geliştirme Müdürü Kimya Mühendisi Sayın Zeynep ÇAVDAR’a, yine aynı firmanın Adana Bölge Temsilcisi ve İdari Sorumlusu İnşaat Mühendisi Sayın Mehmet ÖKEMEFE’ye teşekkürü borç bilirim.

Téz çalışmamın yazılmasında yardımını esirgemeyen eşim Sayın Aydın SAĞLIYAN’a ayrıca teşekkür ederim.

Sibel DEMİRCAN SAĞLIYAN

Elazığ 1999

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
SUMMARY	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
ÇİZELGELER LİSTESİ	IX
SİMGELER LİSTESİ	XI
RESİMLER LİSTESİ	XIII

1. GİRİŞ	1
2. PREPAKT BETONLAR	7
3. POLİMERLER	12
3.1. Genel Bilgiler	12
3.2. Polimerlerin Sınıflandırılması	12
3.2.1. Termoplastikler	13
3.2.2. Termosetler	14
3.3. Polimerlerin Özellikleri	15
3.4. Polimerlerin Davranışları Üzerine Molekül Yapılarının Etkisi	20
3.4.1. Polimerlerin Genel Özellikleri	23
3.5. Polimer Malzemelerin Diğer Bileşenleri	24
3.5.1. Solventler	24
3.5.2. Plastifiyanlar	25
3.5.3. Stabilizanlar	25
3.5.4. Dolgu maddeleri	26
3.5.5. Pigmentler	26
3.5.3. Katkı maddeleri	26

3.6. Polimerlerin Üretim Süreçleri	27
4. BETONDA YÜKSEK MUKAVEMET SINIRI	30
4.1. Çimento Hamurunun Mukavemeti	30
4.2. Betonun Sınır Mukavemeti	34
4.3. Beton Niteliğini Yükseltmek Amacı İle Polimerlerin Kullanılması ..	35
5. İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ALANINDA PLASTİK MADDELER	37
5.1. Polimer Betonlar (PC)	40
5.1.1. Epoksi Reçinaları, Epoksi Reçina Betonları	43
5.1.2. Poliester Reçinaları, Poliester Reçina Betonları	49
5.1.3. Furan Reçinaları, Furan Reçina Betonları	50
5.1.4. Polimer Betonların Yerleştirilmesi	52
5.1.4.1. Kuru Paket Yerleştirme	52
5.1.4.2. Premix Yerleştirme	52
5.1.4.3. Prepakt Polimer Beton	52
5.1.5. Aletlerin Temizlenmesi	53
5.1.6. Emniyet	53
5.2. Polimer Portland Çimento Betonları (PPCC)	53
5.3. Polimer Emdirilmiş Betonlar (PIC)	57
6. DENEYSEL ÇALIŞMA	64
6.1. Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemeler Ve Özellikleri	64
6.1.1. Agrega	64
6.1.1.1. Kumun Granülometrisi	65
6.1.1.2. Çakılın Granülometrisi	66
6.1.2. Çimento	67
6.1.3. Filler	67
6.1.4. Polimer	67

6.2. Prepakt Beton Numunelerin Hazırlanması	68
6.2.1. Çimento Bağlayıcılı Prepakt Beton Numunelerin Hesabı ...	68
6.2.2. Polimer Bağlayıcılı Prepakt Betonda Kullanılan Polimerin Hesabı	68
6.2.3. Polimer Bağlayıcılı Prepakt Beton Numunelerin Hesabı	70
6.3. Beton Basınç Dayanım Deneyi	70
6.3.1. Deney Metodu	70
6.3.2. Aygıtlar ve Yardımcı Gereçler	70
a) Deney Presi	70
b) Deney Numune Kalıpları	71
6.3.3. Deneyin Yapılışı	72
6.4. Betonda Yarmada Çekme Dayanımı Tayini Deneyi (Silindir Yarma Metodu)	75
6.4.1. Deney Metodu	75
6.4.2. Deney Aygıtları ve Gereçleri	75
a) Kalıplar	75
b) Deney Presi	75
c) Silindir Çap Çizme Düzeneği	75
d) Kontrplak Bantlar	75
6.4.3. Deneyin Yapılışı	76
6.5. Çabuk Donma ve Çözülme Koşulları Altında Betonda Dayanıklılık Faktörü Tayini	78
6.5.1. Deney Metodu	78
6.5.2. Aygıtlar ve Yardımcı Gereçler	79
a) Donma Çözülme Aleti	79
b) Sıcaklık Denetim Araçları	79
c) Teraziler	79
6.5.3. Deneyin Yapılışı	79
6.6. Sertleşmiş Betonda Su Emme Oranı Tayini	80

6.6.1. Deney Metodu	80
6.6.2. Aygıtlar ve Yardımcı Gereçler	81
a) Terazı	81
b) Su Kabı	81
c) Etüv	81
6.6.3. Deneyin Yapılışı	81
6.7. Betonun Sürtünme İle Aşınmaya Dayanıklılık Tayini (Böhme metodu)	83
6.7.1. Deney Metodu	83
6.7.2. Aygıtlar ve Gereçler	83
6.7.3. Deneyin Yapılışı	84
7. ÇİMENTO BAĞLAYICILI VE POLİMER BAĞLAYICILI PREPAKT BETONLARIN EKONOMİK ANALİZİ	90
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	93
9. KAYNAKLAR	98

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Termoplastikler	15
Şekil 3.2. Termosetler	15
Şekil 5.1. Polimerlerin Betonda Üç Ayrı Kullanımı	38
Şekil 6.1. Prepakt Beton Harç Kumunun Granülometri Eğrileri	65
Şekil 6.2. Prepakt Beton Kaba Agreganın Granülometri Eğrileri	66
Şekil 8.1. Çimento ve Polimer Bağlayıcılı Prepakt Betonların Basınç Dayanım - Birim Ağırlık Eğrileri	95



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 2.1. Prepakt Beton Harç Kumunun Granülometrik Sınır Değerleri	9
Çizelge 2.2. Normal ve Prepakt Betonların Basınç Dayanımları	10
Çizelge 5.1. Aralditin Ağırlık Cinsinden Bileşimi Ve Mekaniksel Özellikleri	40
Çizelge 5.2. Polimerlerin Ve Agregaların Kilogram Başına Maliyetleri ..	41
Çizelge 5.3. Polimer Betonların Tipik Özellikleri	45
Çizelge 5.4. Silisli ve Kalkerli Agregalar ve Salt Silisli Agregalarla Yapılan Epoksi Betonunda Bulunan Bir Araştırma Sonuçları ...	47
Çizelge 5.5. Epoksi Mastikle Yaptırılmış Numunelerin Eğilme ve Çekme Mukavemetleri	48
Çizelge 5.6. Poliesterlerin Mekanik Özellikleri	50
Çizelge 5.7. LMC Harçlarının Mekanik Özellikleri	56
Çizelge 5.8. Normal Beton ve PEB'ların karşılaştırmalı bazı özellikler ..	60
Çizelge 5.9. Polimer Emdirilmiş Betonların Durabilitesi	62
Çizelge 6.1. Agreganın Genel Özellikleri	64
Çizelge 6.2. Kumun Granülometrisi	65
Çizelge 6.3. Çakılın Granülometrisi	66
Çizelge 6.4. Çimento Bağlayıcılı Prepakt Betonda Basınç Dayanım Değerleri	73
Çizelge 6.5. Polimer Bağlayıcılı Prepakt Betonda Basınç Dayanım Değerleri	74
Çizelge 6.6. Çimento Bağlayıcılı Prepakt Beton Silindir Yarma Çekme Dayanım Değerleri	77
Çizelge 6.7. Polimer Bağlayıcılı Prepakt Beton Silindir Yarma Çekme Dayanım Değerleri	77

Çizelge 6.8. Çimento Bağlayıcılı Prepakt Beton Çabuk	
Donma Çözülme Değerleri	80
Çizelge 6.9. Polimer Bağlayıcılı Prepakt Beton Çabuk	
Donma Çözülme Değerleri	80
Çizelge 6.10. Çimento Bağlayıcılı Prepakt Betonun Su Emme Oraları ..	82
Çizelge 6.11. Polimer Bağlayıcılı Prepakt Betonun Su Emme Oranları ..	83
Çizelge 6.12. Çimento Bağlayıcılı Prepakt Betonun	
Aşınma Deneyi Sonuçları	88
Çizelge 6.13 Polimer Bağlayıcılı Prepakt Betonun Aşınma	
Deneyi Sonuçları	89
Çizelge 7.1. 1m³ Çimento Bağlayıcılı Prepakt Betonun	
Malzeme Giderleri	91
Çizelge 7.2. 1m³ Çimento Bağlayıcılı Prepakt Betonun İşçilik Giderleri ..	91
Çizelge 7.3. 1m³ Polimer Bağlayıcılı Prepakt Betonun	
Malzeme Giderleri	92
Çizelge 7.4. 1m³ Polimer Bağlayıcılı Prepakt Betonun İşçilik Giderleri ..	92

SİMGELER LİSTESİ

M_w	: Ağırlıklı ortalama molekül ağırlık
M_n	: Sayısal ortalama molekül ağırlık
D.P.	: Polimerizasyon derecesi
f_{cc}	: Çimento hamuru mukavemeti
k	: Katsayı
λ	: Anhidr çimento hacminin, çimento hamuruna oranı
f_{cc1}	: Hidrate olmamış çimentonun fiktif potansiyel mukavemeti
p	: Porozite
f_{cco}	: Çimento hamuru aktif mukavemeti
r_m	: Boşluk çap dağılımı ve logaritmik ortalama çap
f'_{ca}	: Agreg-açimento aderans mukavemeti
B.N	: Bağıl nem
W/C	: Su / çimento oranı
N	: Katsayı
d_1, d_2	: Agreg-a çapı
q	: Agregayı ıslatmak için gerekli su (kg)
p	: Deney presinde kırılma anındaki en büyük yük(kg)
h	: Silindir numunenin ölçülen boyu (cm)
d	: Silindir numunenin ölçülen çapı (cm)
$W_{polimer}$	: Bir numune için kullanılan polimer ağırlığı(kg)
f_{ck}	: Beton basınç dayanımı (N/ mm ²)
F	: Kırılma yükü (N)
A	: Alan (mm ²)
$\sqrt{f_c}$	: Silindir yarma çekme dayanımı (kgf/cm ²)

- ml** : Ağırlıkça su emme oranı
- A** : Etüv kurusu ağırlık (kg)
- B** : Doygun kuru yüzey ağırlık (kg)
- l_{0m}** : Deney başlangıcında numunenin belirtilen 9 noktada ölçülen kalınlığın aritmetik ortalaması (mm)
- l_{16}** : Deney sonunda numunenin belirtilen 9 noktada ölçülen kalınlığın aritmetik ortalaması (mm)
- e** : Ortalama kalınlık kaybı (mm)
- Q_R** : Numunenin birim hacim ağırlığı
- Δ_m** : 16 periyot sonundaki ağırlık kaybı (g)
- Δ_v** : Hacimsel kayıp (cm³)
- Δ_t** : Ortalama kalınlık kaybı (cm)

RESİMLER LİSTESİ

Resim 6.1. Deney Basınç Presi	71
Resim 6.2. Polimer Bağlayıcılı Prepakt Betonun Basınç Kırılması	74
Resim 6.3. Polimer Bağlayıcılı Prepakt Betonun Çekme Kırılması	78



1. GİRİŞ

İnsanoğlunun ilk kullandığı yapı malzemesi doğal taş, toprak ve ahşaptır. Bu malzemeler ilk önce basit yapılarda ve ilkel koşullarda kullanılmıştır. Gün geçtikçe malzeme biliminde de gelişmeler oluşmuş ve yeni malzemeler bulunarak bunlar kullanılmıştır. Bağlayıcı malzemelerin bulunup kullanılmasıyla yapı sektöründe bir devrim meydana gelmiştir. Bağlayıcı madde olarak önce kireç sonra çimentonun yapı sektörüne girmesi bu sektörde önemli ölçüde gelişme sağlamıştır. Daha sonra yeni bağlayıcıların bulunması ve kullanılması bu gelişmeyi daha da arttırmıştır.

Beton en az enerji tüketimi ile üretilen ve günümüzün en yaygın kullanım alanına sahip taşıyıcı yapı malzemesidir. Beton; kum, çakıl, çimento ve suyun karıştırılmasından elde edilen bir yapı malzemesidir. Sözü edilen malzemeler belirli oranda karıştırıldığında kalıplarda istenilen biçimi alabilecek plastik bir malzeme elde edilir. Betonun diğer yapı malzemelerine üstün kılan en önemli özelliklerden birisi, istenilen biçimin verilebilmesini sağlayan plastik kıvamıdır.

Beton sürekli çimento hamuru matriksi içinde agregalarda oluşan dağılılı faza sahip bir kompozittir. Bu kompozitin mukavemeti, matriksin veya dağılılı fazın mukavemetleri ile sınırlıdır. Betonda, doğal kayalardan elde edilen agregaların mukavemetleri, çimento matriksinin mukavemetinde genellikle yüksektir. Sonuç olarak kompozitin mukavemetini, daha düşük mukavemeti olan çimento hamuru fazı belirleyecektir. Fakat bu yaklaşımdaki hata, çok daha etkin olan agrega - çimento bağlantısının dikkate alınmamış olmasıdır. Bu bağlantının mukavemeti, çimento fazının mukavemeti ile paralellik göstermekle beraber onun çok altında kalır.

Beton kompozitin mukavemeti, sistemdeki en zayıf öge olan agrega çimento hamuru arakesitinin mukavemetiyle sınırlıdır. Kaliteli bir çimento hamuru matriksinin arakesit nitelikleri de genellikle kaliteli olmaktadır.

Beton mukavemetini yükseltme çabaları daima çimento hamuru fazını iyileştirme yönünde olmuştur. Hiç boşluk içermeyen bir çimento hamur fazı üretilmesi ile en yüksek mukavemete ulaşılabilinmektedir.

Beton üretiminde kullanılan agregaların; yeterli dayanım, dayanıklılık, petrografik yapı ve tane şeklinin yanında, uygun tane boyutuna da sahip olması gerekmektedir. Bir agrega yığını içinde çeşitli büyüklükteki tanelerin oranlarının belirtilmesi yani granülometrisi, betonun yerleştirilmesine, sıkılanmasına ve sertleşmiş betonun dayanımına etki eden temel faktör olduğu için önemlidir.

Yapılar hangi amaçla yapılırsa yapılsın, ömrünün uzun olması ve bu ömrü süresince dayanımından herhangi bir kayba uğramaması, onarım ihtiyacı doğurmaksızın kalması yapı mühendisliğinin temel amaçlarından biridir.

Prepakt beton kesikli granülometrili bir betondur. Bu betonda iri agregalar kırmataş veya yuvaklak olabilir. Maksimum tane çapı donatı sıklığının ve kalıbın elverdiği ölçüde büyük seçilmesi yararlıdır. İri agrega ile ince agrega arasındaki agrega grubunun beton bileşiminde bulunmaması işlenebilme üzerinde olumlu etki yapar. Aynı zamanda kullanılacak su miktarını da azaltır. Suyun azalması dayanım üzerinde olumlu sonuçlar yapar.

Prepakt betonlardaki iri agrega yığın boşluk hacmini Neville (1981) bütün hacmin % 30-35'i kadar olduğunu ifade ederken, Akman (1992) bu oranı % 35-40 olarak belirtmektedir.

Önceleri bir onarım yöntemi olarak tasarlanan prepakt beton günümüzde betonlama işleminin güç olduğu yapı elemanlarının ilk üretiminde, köprü ayakları kesonlarında, nükleer santral betonlarında

(Akman, 1992), büyük tamiratlarda, özellikle rıhtımların su altı tamirlerinde (Cordon, 1968: Gambhir, 1993), tünel tamirlerinde, taşma savağı ve köprü payandalarında (Gambhir, 1993) uygulama alanı bulmaktadır.

Akman (1992) prepakt betonlarda, harcın akışkanlığını artırmak, ayrışma ve su kusmayı azaltmak, süspansiyondaki katı bileşenleri tutmak, kohezyonu daha iyi bir harç elde edebilmek için kumun yaklaşık % 20'sinin uçucu külle yer değiştirebileceğini, Neville (1981) ise kullanılacak çimentonun % 1'i kadar puzzolan ilavesi yapılabileceğini belirtmiştir.

Prepakt betonların üretimi üç ayrı metodla yapılabilmektedir.

- a- Kalıp kısmen harçla doldurulur, kaba agregası bu harcın içine çöktürülür.
- b- Kaba agregası kalıp içine elle yerleştirilir. Harç kaba agreganın üst yüzeyinden dökülür, alt kısma nüfuz etmesi sağlanır. Bu metod özellikle ince kalınlıklı kısımların yapımında ve donatı problemi söz konusu olduğu zaman özellikle faydalıdır.
- c- Büyük hacimli boşlukların betonlanması ve tamiratlarında kullanılır. Kaba agregası yukarıdan borular yardımıyla boşaltılır ve sıkıştırılır. Harç önceden yerleştirilen borular vasıtasıyla basınçla pompalanır (Gambhir, 1993).

Prepakt betonlarda rötreinin $\epsilon_r = 200 \times 10^{-6}$ ile 400×10^{-6} arasında olduğu deneylerle belirlenmiştir (Neville, 1981).

Polimerlerin beton teknolojisine girmesi 1950'li yıllarda olmuştur. Daha önceki yıllarda bitüm, doğal kauçuk lateksi betona katılmaya başlanmış, ancak yapay polimerlerden yararlanma daha sonlara kaldı. 1965' den sonra çarpıcı gelişmeler elde edilmiş ve bu alandaki araştırmalar ise günümüzde de güncelliğini korumaktadır.

Polimer beton, sürekli polimer matriksi içinde filler ve agregadan oluşan dağılı faza sahip bir kompozit olarak tanımlayabiliriz.

Bu malzemelerin fiyatları ortalama olarak çimentonun 5~30 katı kadardır. Poliyester- Styrene 2.20\$/Kg, Epoksi 5.51\$/Kg, Metakrilat 7.21\$/Kg iken Agreganın fiyatı 0.07\$/Kg'dır (Dikeou J.T., Fowler D.W., 1981).

Fiyatları bu kadar yüksek olan polimerlerin kullanımı sırasında, agrega granülometrisinin çok az boşluk içermesi gerekir. Manson (1981) polimer betonlarda agrega granülometrisinin uygun seçilmesi halinde, agregaların tümünün yüzeylerini kaplamak ve aralarını doldurmak için ağırlıkça % 7-8 oranında polimer kullanmak gerektiğini ifade etmiştir.

Polimerlerin en önemli özelliği yapışabilme özelliğidir. Bu nedenden dolaydır ki polimer betonlar pratik kullanımda en çok tamir ve yapışma işlerinde kullanılmaktadır. Polimer betonların kullanım alanları üzerinde (Fowler ve Paul, 1978; Fontane vd., 1978; Kukacka ve Fontana, 1977; Fowler vd., 1983) gibi araştırmacılar çalışmalar yapmışlardır. Portland imentolu betonlara katkı malzemesi olarak, beton yüzeyi üzerinde aşınmaya ve kaplamanın kaymasına karşı iyi direnç (Fontana ve Bartholomew, 1981), yapısal ve dekoratif konstrüksiyon panelleri (Prusinski, 1976), kanalizasyon borularında, yer altı tünel ekipmanlarında, drenaj kanallarında v.s., yüzme havuzlarında ve gemi güvertelerinde, jeotermal uygulamalarda karbon-elik boruların astarlanmasında (Kukacka 1978) kullanılabilmektedir. (ACI Commite 548, 1986).

Polimer betonların bir özelliği de taşıma güçlerine göre ağırlıklarının az olmasıdır. Bu sayede l yükü az, taşıma kapasiteleri fazla olan yapılar geliştirilebilir. Böylece malzemeden ve zamandan tasarruf edilebilir.

Polimer betonlar yüksek sıcaklıklara dayanıksız olmaları nedeniyle yangın sırasında ani olarak göçebilir, bu nedenle ısı izolasyonu yapılması

şarttır. Alevle direkt olarak asla temas etmemelidirler (Dikeou ve Fowler,1981).

Polimer betonların yerleştirilmelerinde kullanılan metodlar şunlardır:

- a- Kuru paket yerleştirme : Bu metotta agrega kullanılacak alana yerleştirilir ve sıkıştırılır. Polimer agreya üst yüzeyinden boşaltılır. Bu metod mekanik mikser kullanım zorluğunu ortadan kaldırır, fakat monomer miktarı çok iyi tayin edilmelidir.
- b- Premix yerleştirme : Bu metotta polimer betonların yerleştirilmesi, portland çimentolu betonun yerleştirilmesinde kullanılan tiptendir. Polimer bağlayıcı direkt olarak karışıma ilave edilir. Bütün taneler ıslanıncaya kadar sürekli olarak karıştırılır.
- c- Prepakt polimer beton : Prepakt polimer beton sistemler elle veya mekanik mikserlerle sıkıştırılabilir. Betonyer kullanılırsa monomer ve reçine sistemlerinhepsi birden betoniyein içine konur ve karıştırılır. Sonra sırasıyla uçucu kül, ince agrega ve kaba agrega ilave edilir. Karışım zamanına uygun olarak karıştırılır. Tam kompozit karışım sonra kalıba yerleştirilir ve sıkıştırılır (ACI Commite 548, 1986).

Polimer betonların üretimi sırasında hiç su kullanılmaması nedeniyle rötre çatlakları oluşmaz. Bu özelliğin sonucunda polimer betonlar, dona ve kimyasal etkilere dayanıklı malzemelerdir (Dikeou ve Fowler 1981).

Bu çalışmanın birinci bölümünde konu girişi ve amaç kısaca özetlenmiştir.

İkinci bölümde prepakt betonlar hakkında genel bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde polimerlerin genel yapıları detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde polimerlerin beton niteliğini yükseltmek amacı ile kullanımları hakkında bilgi verilmiştir.

Beşinci bölümde polimerlerin inşaat mühendisliğindeki kullanım alanları açıklanmıştır.

Deneysel çalışma ve sonuçları, çalışmanın altıncı bölümünde yer almıştır.

Yedinci bölümde ise iki ayrı türde üretilmeye çalışılan prepakt beton numuneler üzerinde ekonomik analizler yapılmıştır.

Sekizinci bölümde elde edilen sonuçlar ve öneriler verilmiştir.



2. PREPAKT BETONLAR

Prepakt sözcüğü önceden paketlenmiş anlamına gelmektedir. Bu üretim tekniğinin literatürdeki kısaltılmamış esas adı "prepacked aggregate concrete" olarak verilmektedir. Yani önceden paketlenen ve yerleştirilen aslında iri agregalardır. Bu iri agregaların boşlukları sonradan çimento harcı enjekte edilerek doldurulur.

Önceleri bir onarım yöntemi olarak tasarlanan prepakt beton, günümüzde betonlama işleminin güç olduğu yapı elemanlarının ilk üretiminde, köprü ayakları kesonlarında, nükleer santral betonlarında (Akman, 1992), büyük tamiratlarda, özellikle rıhtımların su altı tamirlerinde, mesnet tamirlerinde (Waddell, 1968 : Gambhir,1993), tünel tamirlerinde, taşma savağı ve köprü payandalarında (Gambhir,1993 .) uygulama alanı bulmaktadır.

Kesikli (süreksiz) granülometrilili bir beton türü olan prepakt betonda iri agrega ve çimento harcının uygun niteliklere sahip olmaları gerekmektedir.

İri agregalar, kırmataş veya yuvarlak olabilirler. Maksimum tane çapının, donatı sıklığının ve kalıbın elverdiği ölçüde büyük seçilmesi yararlıdır. Zira tanelerin harç enjeksiyonu sırasında oynamamaları için ağır olmaları tercih edilir. Kaba agrega maksimum tane çapı, betonun yerleşeceği yapı elemanının genişliğinin $1/4$ 'üne veya donatı arası mesafenin $2/3$ 'üne eşit alınabilir. Önemli olan bir diğer husus iri agrega alt sınırının da yeterince büyük olmasıdır. Böylece harcın daha kolaylıkla boşluklara nüfuz etmesi sağlanabilmektedir. Minimum kaba agrega 16 mm veya donatı sıklığı nedeniyle maksimum tane çapı fazla büyütülemiyorsa, 8 mm'ye kadar indirilebilir (Akman, 1992). Waddell (1968) ise minimum kaba agraganın

kalın ve geniş kütleler için 5/8 inç, ince bölümler için 1/2 inç olabileceğini ifade etmiştir.

İri agregaların yığın boşluk oranlarının %35 - %40 değerini aşmaması gereklidir. Agreganın yığındaki boşluk oranını bu düzeyde gerçekleştirebilmek için iri agreganın granülometrisinin yeterli olmasının yanında, yerleştirilmeleri de önem taşır (Akman, 1992).

Prepakt betonların üretimi üç ayrı metotla yapılabilir.

- a- Kalıp kısmen harçla doldurulur, kaba agreganın bu harcın içine çöktürülür.
- b- Kaba agreganın kalıp içerisine elle yerleştirilir. Harç kaba agreganın üst yüzeyinden dökülerek alt kısma nüfuz etmesi sağlanır. Bu metot özellikle ince kalınlıklı kısımların yapımında ve donatı problemi bahis konusu olduğu zaman özellikle faydalıdır.
- c- Kaba agreganın yerleştirilir. Harç borular vasıtasıyla pompalanır (Gambhir, 1993). Bu metotta, iri agreganın yerleştirilmeden harçla doldurma boruları gerekli biçimde yerleştirilip tutturulması gerekir. Bunlar, iç çapları 20-25 mm olan borular olup 1.5 ile 2.5 m aralıklarla yerleştirilirler. Alt uçları tabana yakın olmalı, bu uzaklık 10-15 mm civarındadır. Harç bütün borulardan aynı zamanda ve eşit debi ile sevk edilip ve harcın agreganın boşluklarını aynı yatay seviyeyi koruyarak doldurmasına çalışılır. Bu harç yükselmesini ve homojenliğini denetlemek üzere, düşey kontrol borularının içine ultrasonik aygıtlar yerleştirilerek ses hızları ölçülür. Sıkışan havayı dışarı atmak için de alana hava kaçıran borular da konulur. Agreganın özgül ağırlıklarının yüksek olması bu metot da bir tercih nedenidir. Barit ve benzeri yoğun agregalar enjeksiyon sırasında daha az hareket etme riski gösterirler. Kalıpların su sızdırmazlığı

sağlanmalı, ek yerleri bantlarla sıkıca kapatılmalıdır. Özellikle üçüncü tür döküm metodunda harç basınçla verildiği için sızdırmazlık ve kalıpların dayanımları büyük önem taşır.

Prepakt betonların harç fazı, maksimum tane çapı 2 mm'yi aşmayan kumla üretilmiş çok zengin çimento dozajlı harçlardan oluşur. Çimento/kum oranı 1/2, hatta 1/1 oranında seçilir. Kumun granülometrisi için Çizelge 2.1.'de sınırlar verilmiştir (Akman, 1992).

Elek Ebadı Mm	Kümülatif Geçen %	
	Min	Max
2.00	100	100
1.00	95	100
0.50	57	93
0.25	25	48
0.15	10	30
0.074	0	10

Çizelge 2.1. Prepakt Beton Harç Kumunun Granülometrik Sınır Değerleri

Kumun bir bölümünün (yaklaşık % 20) uçucu külle yer değiştirmesi, daha kohezyonlu bir harç elde edilmesine olanak sağlar (Akman,1992). Harcın akışkanlığını artırmak, ayrışma ve su kusmayı azaltmak, süspansiyondaki katı bileşenleri tutması açısından, harç yapımında çimentonun %1 kadar puzzolan ilavesi yapılması tavsiye edilir.

Bu harca ayrıca süper akışkanlaştırıcı bir katkı ile genleşme sağlayan bir katkı (aluminyum tozu içeren) ilave edilmesi uygundur. Genleşme, harcın rötreye yaparak iri agregalarla bağlantısının bozulmasını

önler, sürekli su altında kalacak betonlarda rötre oluşmayacağından su altı yapılarında bu katkıya gerek yoktur.

Prepakt betonların, bu betonlarda süper akışkanlaştırıcıların ve genleşme sağlayan katkı maddelerin, basınç dayanımı üzerindeki etkileri aşağıdaki çizelge 2.2 'de verilmiştir (Abdul Awal, 1988).

Kullanılan katkıları	Su/Çimento	Beton Tipi	Basınç Dayanımları (Mpa)		
			7günlük	28günlük	90 günlük
Katkısız	0.52	Prepakt Beton	17.9	28.9	31.9
		Normal Beton	23.5	30.8	33.2
SüperAkış-kanlaştırıcı	0.50	Prepakt Beton	26.2	29.0	32.0
		Normal Beton	29.5	35.3	44.8
Genleşme Sağlayan KatkıMaddesi	0.47	Prepakt Beton	35.8	42.3	45.6
		Normal Beton	28.8	33.0	38.2

Çizelge 2.2. Normal ve Prepakt Betonların Basınç Dayanımları

Preplaced agregalı betonda rötre normal betondan daha düşük olduğu ve bu değerin genellikle 200×10^{-6} ile 400×10^{-6} arasında yer aldığı bilinmektedir. Rötrenin az olmasında kaba agregalı parçalarının uc uca temas etmesinin etkisi çok fazladır, ancak bazen rötre çatlakları yine de gelişebilme riski vardır.

Preplaced agregalı betonlarının geçirgenliklerinin düşük olması, donma ve çözülme mukavemetlerinin yüksek olmasını sağlamaktadır (Neville, 1981).

Harcın çok iyi bir şekilde karıştırılması ve ilk ıslanma sırasında teşekkül eden çimento topaklarının muhakkak parçalanması gerekir. Bu işlem serbest düşmeli beton yerlerde ve sadece kum ve çimentodan oluşan

harçlarda sağlanamayacağından harcın karılmasında zorlamalı mikserlerin kullanılması şarttır. Hatta bu mikserlerde türbülans hareketi meydana getirmek veya çimentoları bir kauçuk tekerlekle ezmek yoluna da gidilir. Böylece çimentosu kolloit düzeyine kadar inceltilen bu harca, kolloit beton (colcrete) adı verilir (Akman, 1992).



3. POLİMER MALZEMELER

3.1. Genel Bilgiler

Plastik maddeler, yani polimer malzemeler eski çağlardan beri kullanılmaktadır. Bunlardan doğal olanlar, bitüm, ahşap, amber, boynuzdur. Bugün polimer'ler denince aklımıza yapay olanlar gelmektedir. 1839' da Simon tarafından stiren, 1839 'da Schönbein tarafından sellüloz sitrat, 1863'de Hyatt kardeşler tarafından Sellüloit, 1907'de Bakeland tarafından bakalit bulunmuştur. Polimerlerin kimyası ise 1925-1930'larda Staudinger'in çalışmaları ile temeline kavuşturulmuştur.

XX. yüzyılın malzemesi sayabileceğimiz polimerlerin önemi, her ihtiyaca uygun yeni yapay bir malzemenin üretilebilmesindendir. Buna ekonomik faktörler katılırsa önemi daha da artmaktadır.

3.2. Polimerlerin Sınıflandırılması

Plastik maddeler büyük moleküllerden oluşan hidrokarbonlardır. Bunların esasları karbon ve hidrojen atomlarıdır. Ancak birleşimlerine O, N, Cl, S gibi metaller veya yumuşak metaller'de girebilir. Hatta Na, K gibi alkali metal içerenler de (polielektrolit diye adlandırılırlar) vardır.

Polimerlerin dev moleküllerden oluşmasının nedeni, yapılarını oluşturan karbon atomlarının kendi aralarında birleşebilme özelliklerindendir. Bu özellik Silisyumda da vardır. Bu nedenle silisyumlu bileşikler polimerler grubuna dahil edenler vardır. Bunları Silikon'lar adı altında bir tür elastomer olarak incelemek de mümkündür.

Polimer iki sözcükten oluşur, "poli" çok demektir, "mer" ise birim molekül anlamındadır. Birim molekülün birbirine eklenmesi sonucu polimer meydana gelir. Örneğin mer etilen ise bunun tekrarlanarak eklenmesi sonunda polietilen, mer vinilklorür ise, bunun eklenmesi sonunda polivinilklorür üretilmiş olur.

Polimerlerin ana maddeleri kömür, pamuk ve odun gibi sellülozik maddeler, petrol ve doğal gazlardır. Kömürün kuru distilasyonu (pirojenasyon) sonunda üretilen katran ve yağlardan aromatik hidrokarbonlar, pamuk ve odundan, ester ve eter gibi sellülozik bileşikler elde edilebilir. Petrolün kraking ürünleri ise doymuş hidrokarbonlara (metan, etan) veya doymamış hidrokarbonlara (etilen, propilen) dönüşür. Bunlar ise çoğunlukla polimer'lerin esaslarını oluştururlar. Günümüzde her petrol rafinerisi yakınında bir petro-kimya (petkim) kompleksi kurmak kaçınılmaz olmuştur.

3.2.1. Termoplastikler

Termoplastikler yumuşak ve ısıtıldıklarında plastikleşen polimerlerdir. Bunlar soğumaya terkedildiklerinde tekrar ilk sertliklerine dönebilirler. Plastiklerin üretim teknolojisine plastürji denilmektedir. Plastürji'de daima proses olarak sıcaklık, basınç, ışınlama, katalizör ilavesi gibi yöntemler duruma göre tek tek, bir arada veya ard arda kullanılırlar. Termoplastiklerin plastürjisinde de sıcaklık ve basınç uygulanır. Bunların istenilen formda kalmaları için önce soğutulmaları sonra uygulanan basıncın kaldırılması gerekir.

Termoplastikler aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilirler :

1- Sellülozik'ler

1.1. poliesterler (Sellüloz nitrat ve asetat)

- 1.2. polieter'ler
- 2- Poliamitler (Nylon)
- 3- Vinilik'ler
 - 3.1. polikarbürler (polietilen, polistiren)
 - 3.2. polialkoller
 - 3.3. poliester'ler (polivinil klorür, polivinil asetat, poliakrilikler)

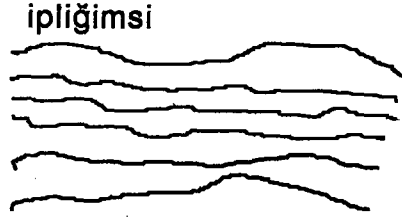
3.2.2. Termosetler

Termosetler (sıcakta sertleşenler), daha sert ve dayanıklı polimerlerdir. Gerçi bunlar da yüksek sıcaklıklarda zarar görürler. Ancak yumuşamaz ve plastikleşmezler. Ayrıca sıcaklık sonucu oluşan hasar varsa kalıcıdır. Plastürjilerinde sıcaklık ve basıncın aynı anda kaldırılması bir sorun yaratmaz.

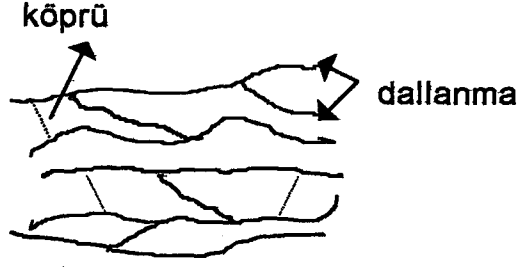
Termosetler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler :

- 1. Fenoplastlar (Fenol formaldehit, Fenol ferfurol)
- 2. Aminoplatlar (Üre formaldehit, Melamin formaldehit)
- 3. Poliester'ler
- 4. Polieter'ler (poliepokstler)
- 5. Poliüretan'lar

Termoplastik ve termosetlerlerin bu farklı davranışları moleküllerinin yapılarından kaynaklanır. Termoplastik molekülleri uzun, ipliğimsi, birbirleriyle birleşmemiş moleküllerdir. Termosetlerde ise moleküller dallanmış, komşu moleküller arasında bağ köprüler oluşmuştur. Böylece molekülleri üç boyutlu girift bir yapı kazanmışlardır.



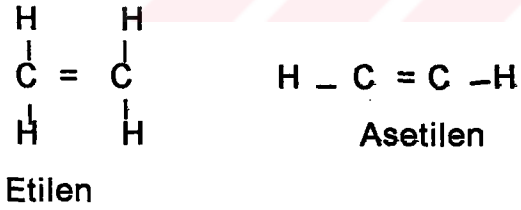
Şekil 3.1. Termoplastikler



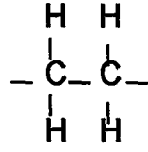
Şekil 3.2. Termosetler

3.3. Polimerlerin Özellikleri

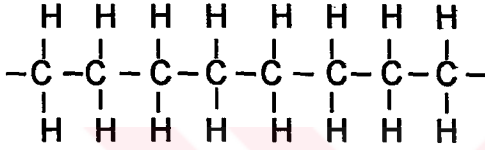
Polimerizasyon polimer malzemenin oluşumuna imkan veren bir kimyasal reaksiyondur. Karbon atomları birbirleriyle, kararsız olarak nitelenen ikili, üçlü bağlarla da bağlı olabilirler. Örneğin etilen ve asetilen gazlarındaki doymamış bağlar gibi,



Bu bağları bir enerji vererek, ısıtarak, ışınlayarak, basınç uygulayarak kırmak ve teke indirmek mümkündür. Bu işlem sonunda 4 valanslı karbon artık başka atomlarla, gruplarla birleşmeye hazır duruma gelirler.



Bu birleşme ısı yayarak oluşur ve yayılan ısı kararsız bağı koparmak için gerekenden çok fazladır. Bu olayın en ilginç yönü reaksiyon bir kere başlayınca, yani ilk bağlar kırılınca, birleşme kendiliğinden ve çok hızlı bir biçimde gelişmesidir.



Etilenin örnek olarak gösterildiği bu birleşme eklenme türü polimerizasyondur. Olay öylesine hızlı gelişir ki meydana gelen dev molekülün ucuna yeni CH₂'lerin kavuşması için gerekli diffüzyon hızı yetersiz kalır ve polimerizasyon durur.

Tüm polimerizasyon süreçlerinde bu üç aşama vardır :

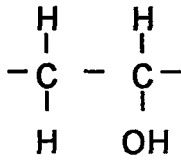
- a) Başlama
- b) Gelişme
- c) Sona erme

Birinci aşama bir aktivasyon enerjisi gerektirir (Isı, ışınlama, katalizör). Üretimde en önemli noktalardan biri gelişmenin denetim altına alınmasıdır. Aksi halde farklı boyda heterojen bir molekül yapı oluşur. Bu denetim, ısının, ışığın kontrolü ile sağlanır ve tamamen kimyasal teknolojinin sorunudur.

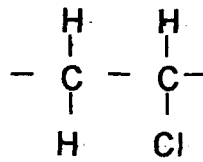
Eklenme polimerizasyonunda ortamda tek bir mer yerine, iki mer var ise, bunların birleşiminden oluşan ve metallerdeki alaşıma benzeyen bir ürün elde edilmektedir. Buna **Kopolimer**, olaya da **Kopolimerizasyon** adını verilmektedir.

Örnek olarak ; Vinilik termoplastiklerin poliesterler arasında çok kullanılan iki türü polivinil klorür (PVC) ve polivinil asetat (PVA) dır.

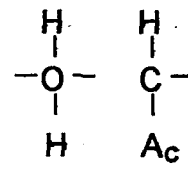
Vinil alkol



Vinil klorür

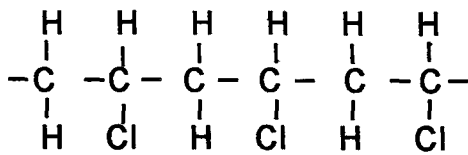


Vinil asetat

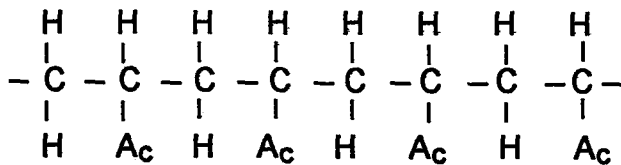


Vinil klorür vinil alkol ile klorhidrik asidin, vinil asetat ise vinil alkol ile asetik asidin esterleri gibi olmakla beraber, üretim teknolojileri farklı olup asetilen'den elde edilirler.

Polivinil klorür (PVC)

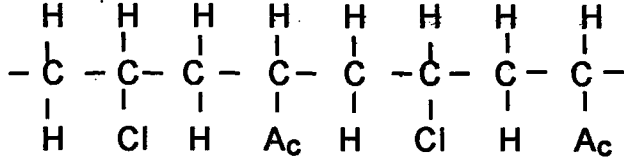


Polivinil asetat (PVA)



Bu iki polimerin birlikte bulunmaları sonucu ise, PVC ve PVA kopolimeri olan PVCA oluşmaktadır.

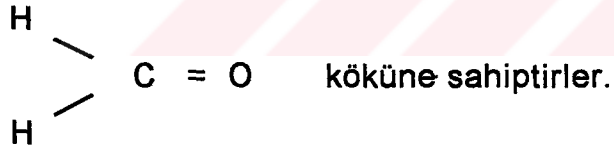
Kopolimer polivinil klorür asetatın açık formülü :



Eklenme polimerizasyonu ve kopolimerizasyonu dışında, bir de yoğunlaşma polimerizasyonu veya diğer bir deyişle polikondansasyon türü polimerizasyon vardır. Bu olay da klasik bir organik kimya reaksiyonu tipindedir, yani bir esterifikasyon veya amidikasyon v.b. reaksiyonudur. Reaksiyon sırasında bir yan ürün oluşur, bu ürün genellikle "su" dur.

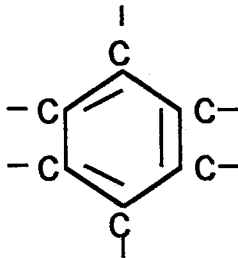
Polikondansasyon için bir örnek :

Organik kimyada aldehytler

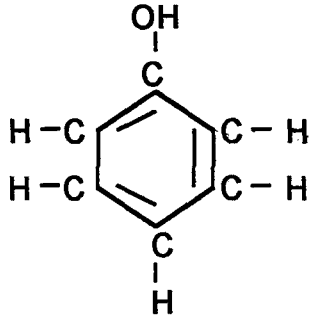


En basit aldehyt formaldehyt'tir. Buna kısaca formol de denilir.

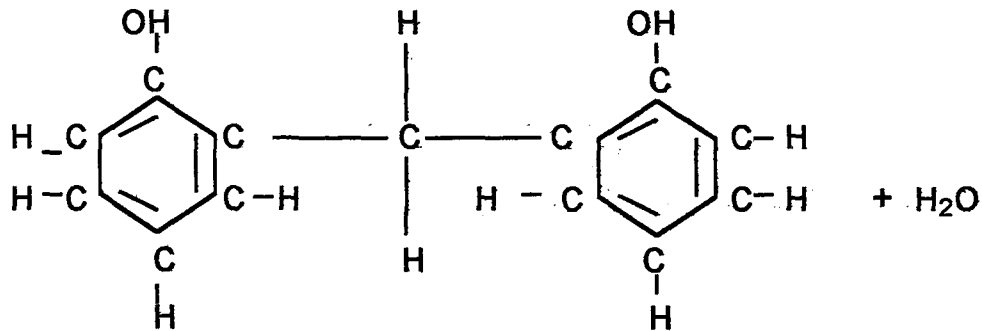
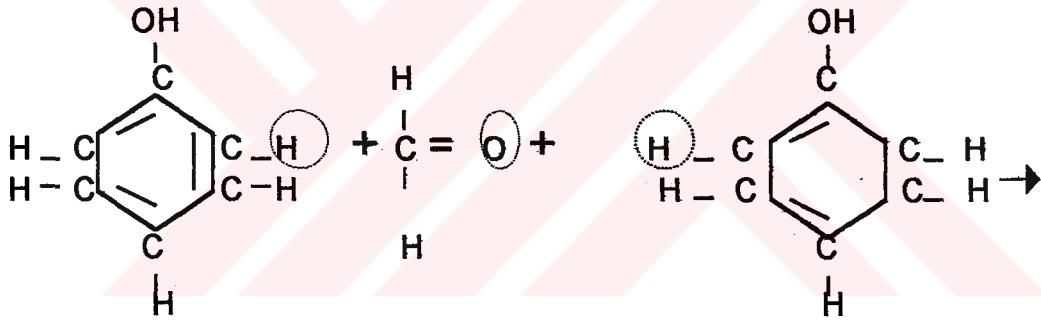
Yine organik kimyada aromatik yapı kapalı benzen halkası içeren maddelere verilen isimdir.



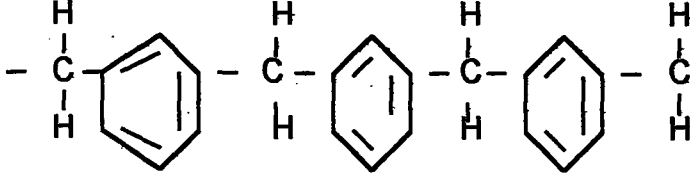
Aromatik tek değerli alkol ise fenol'dür.



Bir formaldehit ve fenol ürünü olan fenol - formaldehit (ticari adı bakalit) polikondansasyon'la meydana gelmektedir.



Görüldüğü gibi, formaldehitin oksijeni ile fenollerdeki hidrojenler birleşerek suyu oluşturlarken, aldehitin karbonu serbest kalan iki bağı ile fenollerin serbest kalan iki karbonunu bağlamakta ve polimeri meydana getirmektedir.



3.4. Polimerlerin Davranışları Üzerine Molekül Yapılarının Etkisi

Malzemelerin özellikleri doğal olarak kimyasal yapılarıyla büyük oranda bağıntılıdır. Polimer'lerde bu ilişki çok belirgin bir biçimde izlenmektedir.

Bir polimerin kalitesini simgeleyen en belirgin değer, polimeri oluşturan molekülün büyüklüğü, diğer bir deyişle polimer içindeki mer sayısıdır. Bunu basit bir şekilde ifade eden sayı polimerizasyon derecesi denilen D.P. sayısıdır. Ticari plastiklerde bu sayı 75 ile 750 arasında değerler almaktadır. Satış sırasında bu D.P. sayısına bakılarak kalite hakkında fikir edinilmektedir.

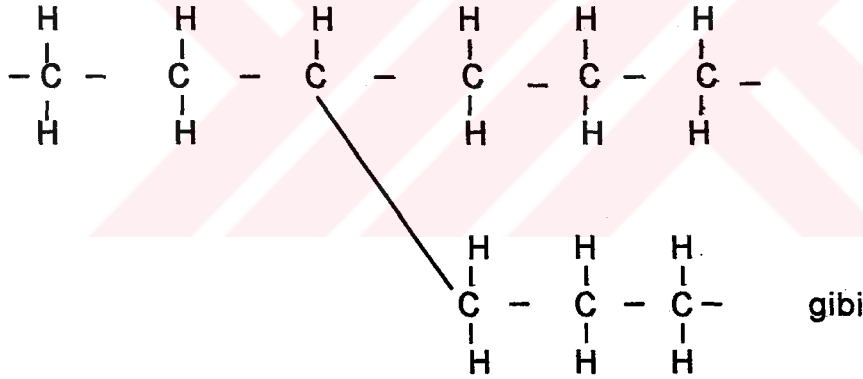
Ancak polimerizasyon sürecinde denetleme çok mükemmel olamamakta, bu yüzden molekül uzunluklarında homojenlik sağlamak zor olmaktadır. Bu bakımdan ürün, aynı sayıda mer içeren moleküllerden oluşmayıp, istatistiksel bir dağılım söz konusudur.

Bu nedenle D.P. yerine ağırlıklı ortalama moleküler ağırlık (M_w), sayısal ortalama moleküler ağırlık (M_n) gibi değerler verilir. Bunlar belirli

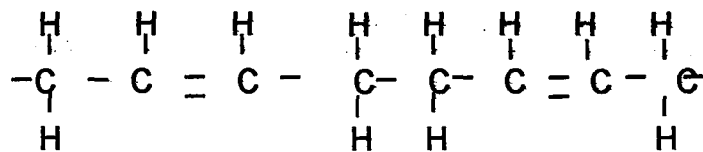
uzunluktaki moleküllerin ağırlıklarının yüzdelere göre hesaplanan ortalama bir moleküler ağırlıktır.

D.P. dışında davranışı etkileyen, moleküllerin diziliş şekilleri ve moleküller arası oluşan kuvvetli bağlardır. Makromoleküller kendi içlerinde kovalent bağlı olmakla beraber, aralarında zayıf Van der Waals bağları ile birleşmişlerdir. Bu durum termoplastikler için oldukça genel olduğundan termoplastikler kolayca eğilip, kaymaya direnç göstermezler. Ancak termosetlerde moleküller arası kovalent bağlar da oluşur ve mekanik dayanım yükselir. Bu yan bağlar köprülenme (karşılıklı bağ teşekkülü cross-linking) veya dallanma (branching, reticulation) şeklinde gelişir.

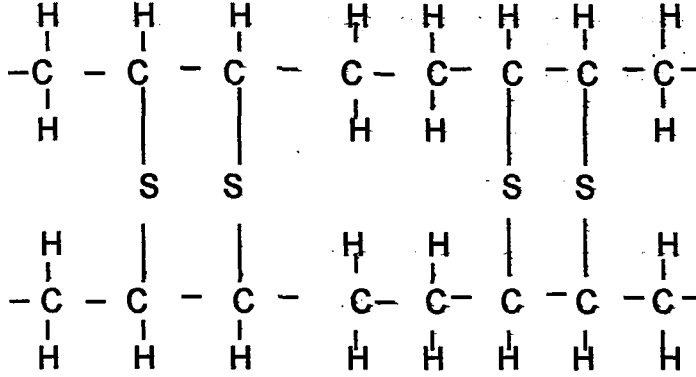
Dallanmada lineer uzayan bir makromolekülün bir radikali yerine başka bir makromolekülün eklenmesi bahis konusudur.



Köprüleşmenin tipik örneği vulkanizasyondur. Doğal kauçuğun esasını oluşturan bütadyen aşağıdaki formüle sahiptir.

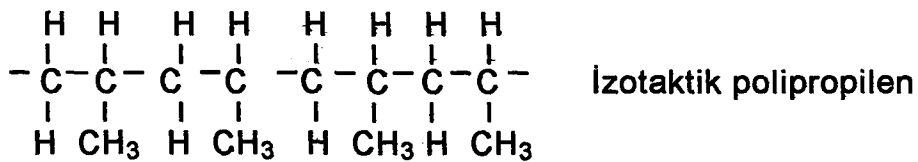


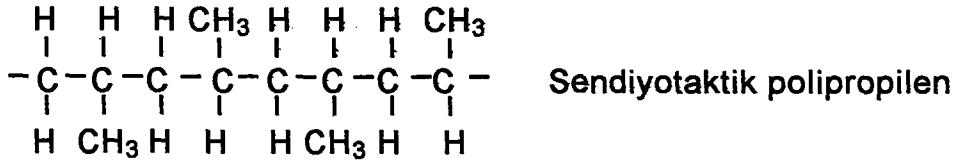
Bütadyende ortadaki iki karbon kararsız bağlıdır. İki bütadyen molekülü karşılıklı gelip bu çift bağlar bozulup, bir kükürt köprüsü kurulursa, vülkanize kauçuk (daha sert ve dayanıklı) elde edilmiş olur.



Bu köprüler kükürt yerine iki valanslı oksijenle de olabilir. Bu durumda ise malzeme sertleşmekte ve kırılgan bir yapı kazanmaktadır. Bu oksijenin plastik maddelerde oluşturduğu korrozyonun bir türü olmaktadır.

Bir molekül zincirinde radikallerin aynı tarafta yada farklı taraflarda, belirli bir düzen içinde veya tamamen rastgele oluşu moleküllerin kayma olayında etkin olmaktadır. Örneğin PVA'da A_c radikali oldukça büyük bir yapıya sahiptir ve bir tür tomurcuk gibi etki yapar ve bu tomurcuk moleküllerin birbiri üstünde kaymasını kısıtlar. Radikaller hep aynı tarafta ise izotaktik, düzenli bir biçimde farklı taraflarda ise sendiyotaktik, rastgele farklı taraflarda ise ataktik adını almaktadır.





Çift bağ içeren bütadyen grubu malzemelerde çift bağa göre özdeş radikallerin farklı tarafta (trans-izomer) veya aynı tarafta (cis-izomer) olması da benzer etkiler oluşturmaktadır. Bu malzemeler izomer oldukları halde tamamen farklı davranışlı malzemeler meydana getirmektedirler.

3.4.1. Polimerlerin genel özellikleri

Polimerlerin genel özellikleri şöyle sıralanabilir:

- a- Polimer malzeme ısı ve elektrik yalıtkanıdır. Bunda iç bağların kovalent oluşu etkindir.
- b- Polimer malzemeler makaslamaya duyarlıdır, kayma dirençleri düşüktür. Çoğunda yüksek basınç ve çekme dayanımları elde edilebilmektedir.
- c- Kimyasal etkilere dayanıklılıkları yüksektir. Çoğunlukla asitlere, bazlara iyi dayanırlar. Buna karşılık organik solventlere dayanıklılıkları iyi değildir. Bu solventler, aseton, eter, xylen, cyclohexanol, glycol v.b. maddelerdir. Özellikle kloroform plastiklerin çoğunluğu üzerinde etkin bir solventtir. Esasen bir polimeri tanımlamada muhtelif solventlerdeki davranış, belirli bir süreç içinde incelenir. Bu arada tanımlamada alev alma ve oluşan dumanın rengi, kokusu, alevin rengi, külün görünüşü de yararlı bilgiler verir.

Piroliz de (bir deney tüpü içinde ve yüksek sıcaklıkta ısıtmak) bir tanımlama yöntemidir.

- d- Yüksek sıcaklıklar polimerler için daima tehlikelidir. Bazı türleri 300~400 C'a kadar dayanmakla beraber (polifluoretilen, teflon, melamin v.b)  o unluk 80 C' in açılması halinde zarar g r rl r.
- e- Polimerlerin suya karşı dayanıklılıkları genellikle iyidir. Ancak bazıları, özellikle su buharına karşı duyarlı olurlar ve bozulabilirler.

Bu  zellikler dışında  u hususları da saymak gerekir ;

- 1- Polimerler genellikle düşük yo unlukludurlar.
- 2- De i ik renk ve türleri vardır. Renklendirme olanakları iyidir.
- 3- Kullanımları, i lenebilmeleri iyidir ve kolaydır.

3.5. Polimer Malzemelerin Diğer Bileşenleri

Teknikte kullanım amaçlarına uygun olarak birçok yan malzemelerle karı tırılırlar. Bu malzemeleri de gruplandırmak mümkündür.

3.5.1. Solvent'ler

İ lemede kolaylık sağlayan bu maddeler, depolanma sırasında kararlı, fizyolojik yönden aktif olmayan, renksiz ve berrak olmalıdırlar. Buharlaşma hızlarına göre hızlı, orta hızlı ve yavaş olarak   e ayrılırlar.

Bunlar ;

- a- Hızlı buharlaşanlar; aseton, eter, benzin 1 ~ 10
- b- Orta hızla buharlaşanlar; xilen, butanol, cyclohexanone 12 ~ 163
- c- Yavaş hızla buharlaşanlar; cyclohexanol, glycol 460 ~ 3000

Burada; Eterin buharlaşma hızı 1 alınarak diğerlerinin buharlaşma hızları bağıl olarak gösterilmiştir.

3.5.2. Plastifiyanlar

Bunlar viskos sıvı veya katı olan, plastiklere esneklik veren ve özellikle düşük sıcaklıklarda elastik kalmalarını sağlayan maddelerdir. İyi bir plastifiyan buharlaşmamalı ve karışımda homojen dağılmalıdır.

Sulandırıcılar da bu grupta içinde sayılabilir. Bunlar solvent olmayıp, polimerin çökmesine yol açmadan solüsyonu sulandıran maddelerdir. Klorlanmış parafin bu tür malzemeye örnektir.

3.5.3. Stabilizanlar

Sıcaklık ve ultraviyole ışınlar altında plastiğin bozulmaması için yüzde veya binde oranında katılan maddelerdir. Bunlar metallerin organik tuzlarıdır. Genellikle kurşun, kalay, baryum, kadmiyum, strontium, stearat'lardır. Tabii bu tuzlar zehirlidir. İçme suyu tesislerinde, gıda sanayi'inde kullanılmayıp, onların yerine alkalin metal tuzlarından yararlanılır.

3.5.4. Dolgu Maddeleri

Bu maddelerin kullanılmasındaki ana amaç, plastiğin yapım maliyetini düşürmektedir. Ancak dolgu maddeleri sayesinde, sertlik, sıcaklık ve ışığa dayanıklılık, elektriksel direnç veya iletkenlik özellikleri iyileştirilebilir.

Bunlardan mineral kökenliler, amiont, kuvarz, kaolin, bentonit, metal oksitler (Fe_2O_3 , Al_2O_3), metal tozları (Cu, Al,...), cam lifleridir.

Organik kökenliler ise Ahşap, mantar tozları, sellüloz, pamuk, kenevir lifleri, naylon, orlon lifleri ve plastik madde artıklarıdır.

3.5.5. Pigmentler

Renklendirme işlerinde kullanılırlar. Pigmentler reçine ve solvent içinde erimemeli, kararlılığını korumalıdır. Yine sıcaklık ve ultraviole'den de etkilenmemelidir. pigmentler mineral veya organik olurlar. Mineraller daha ağır ve kararlı olup örtme yetenekleri daha üstündür. Bunlar boya sanayi'inde kullanılan metal oksitler türündedirler.

3.5.6. Katkı Maddeleri

Katkı maddeleri tıpkı betonda olduğu gibi belirgin özellikler kazandırılmak üzere kullanılan maddelerdir.

-Fungicide'ler, yosun ve mantarlara karşı kullanılırlar, bakır ve civa organik tuzları.

-Ignifugane'ler, alev yayılmasını önleyen maddelerdir, klorlanmış parafinler, antimuan tuzları.

-Antistatik'ler, elektrostatik olarak toz tutan plastiklerin bu özelliğini nispeten gidermek üzere katılırlar.

-Lübrifian (Yağlayıcı)'lar, kolay şekil verilebilmesi için katılırlar, mumlar, metal sabunlar, kolloidal grafit.

-Kalıptan çıkmayı kolaylaştıran ve kalıba sürülen maddeler, Çinko stearat, teflon, silikon vernikleri v.b.

3.6. Polimerlerin Üretim Süreçleri

Plastik maddeler kullanıma hazır duruma gelinceye kadar bir çok aşamalardan geçerler.

Birinci aşamada, hammaddelerin elde edilişi vardır. Bu monomerin hazırlanışdır ve tamamen ayrı bir kimyasal üretim sürecidir.

İkinci aşama, polimerizasyon veya polikondansasyonun yapıldığı aşamadır. Buradan çıkan ürün, toz, boncuk, pul, sıvı, v.b. şekillerindeki tam polimerize veya yarı polimerize (prepolimerize) maddelerdir.

Üçüncü aşama, polimerize veya prepolimerize maddelerin işlendiği aşamadır. Buralarda, profiller, yer döşemeleri, deriler, kumaşlar, v.b. üretim malları elde edilir. Bazı durumlarda bu üçüncü aşama yoktur. Hemen inşaat alanlarında kullanımına geçilir, genellikle banyolar, sentetik betonlar, yapıştırıcılar bu gruba girerler.

Birinci aşama konunun dışındadır.

İkinci aşama yani polimerizasyonun gerçekleştirildiği aşamanın prensipleri dört ana üretim teknolojisi üzerinedir :

- Kütlesel polimerizasyon
- Solüsyon halinde polimerizasyon
- Emülsiyon halinde polimerizasyon
- Süspansiyon halinde polimerizasyon

Kütlesel polimerizasyon en basitidir, katalizör monomer içine önceden katılır, ışık veya sıcaklık gibi aktivasyonla polimerizasyon başlar. Sıcaklık yükselmesi fazla olduğundan kontrol güçtür. Ancak küçük miktarlarda üretim için uygundur. Polikondansasyon esaslı süreçlerde bu polimerizasyon daha uygundur. Oluşan su ve hava vakumla, distilasyonla toplanır.

Solüsyon halinde polimerizasyonda, monomer ve katalizör ayrı ayrı solventlerde eritilir. Polimerizasyon solvent içerisinde gerçekleşir, ürün askıda kalır veya çökelir. Arıtma işlemi ve solventin yeniden kazanılması (reküperasyon) gerekir. Arıtma işlemleri nedeniyle büyük fabrikalar zorunludur.

Solvent olarak su kullanılması halinde üçüncü aşamaya gidilmiş olur. Suyun ucuzluğu, yükselen ısıyı indirmesi ilginçtir, ancak organik maddeler suda çözülmediklerinden, bunu sağlamak üzere tasio-aktif maddeler gereklidir.

Süspansiyon halinde polimerizasyon, kütlesel polimerizasyon ve emülsiyon polimerizasyonunun ara çözümüdür. Monomer'e katalizör katılır, karışım damlalar halinde su içinde polimerize olur. Boncuk şeklinde elde edilen ürün oldukça saftır ve kontrollü biçimde üretilmiştir.

Plastürjinin üçüncü devresi yani ürünün elde edilmesinde de geliştirilmiş yöntemler vardır :

- Kalıplama
- Enjeksiyon
- Haddeden çekme
- Merdaneden çekme

Birinci ve ikinci yöntemlerde, sıvı haldeki polimerin kalıplara doldurulur. Birinci yöntemde malzeme kalıba basınçla, ikinci yöntemde ise enjeksiyonla sıkıştırılır.

Haddeden çekmede yumuşatılmış veya sıvıya d6n6řt6r6lm6ř madde istenilen şekli alacak şekilde haddeden geçirilir, soğutularak istenilen formu koruması sağlanır.

Merdaneden çekmede ise yumuşatılmış madde sıcak merdanelerin arasından geçirilerek yaprak şeklinde 6r6nler elde edilir (Yer d6şemeleri, çatı 6rt6leri, v.b.) (Akman, 1987).



4. BETONDA YÜKSEK MUKAVEMET SINIRI

Normal betondan elde edilebilecek en yüksek dayanımın ne kadar olabileceği, her zaman inceleme konusu olmaktadır. Bu konu üzerindeki çalışmalar iki ayrı başlıkta toplanabilmektedir. Bu çalışmalardan birinci grubu, çimento hamuru dayanımının sınırı oluşturmaktadır. Bu konu üzerinde yapılan çalışmalar ve elde edilen bağıntılar bu konunun başlığı altında verilmiştir. İkinci grupta ise betonun sınır mukavemetiyle ilgili çalışmalar ve elde edilen bağıntılar bulunmaktadır.

4.1. Çimento Hamurunun Mukavemeti

Çimento hamurunun mukavemeti üzerinde yapılan çalışmalar oldukça eskidir. Mukavemeti çimento/su oranının fonksiyonu olarak tahmin eden formüllerin en eskisi 1897'de Feret tarafından önerildi. Bu formüllerin hemen hemen hepsini, mukavemeti dolu katı hacmin fonksiyonu olarak değerlendiren yaklaşımlar olarak niteleyebiliriz. Klasik Feret formülü;

$$f_{cc}=k \times \lambda^2 \quad (4.1.)$$

şeklinde yazılır.

Burada ;

λ : Anhidr çimento hacminin, çimento hamuru (çimento+su+hava boşluğu) hacmine oranıdır.

f_{cc} : Çimento hamuru mukavemeti

k : Katsayı

Yıllar sonra Powers deneylerine dayanarak benzer bir formül geliştirmiştir.

$$f_{cc}=k' \times \lambda'^3 \quad (4.2.)$$

Bu formülde:

$$\lambda' = \frac{\text{hidrate çimento hacmi} + \text{jel suyu hacmi}}{\text{hidrate olabilecek çimento hacmi} + \text{toplam su hacmi}} \text{ 'dir.}$$

Powers'e göre k' çimento jelinin, yüzeyinin bir fonksiyonu olarak maksimum 240 Mpa değerini alabilir. λ' değeri ise teorik olarak maksimum 1 değerine erişebildiğine göre, maksimum mukavemet 240Mpa ile sınırlıdır.

Deneyler çimento hamurunda bir miktar çimentonun anhidr kalmasının yararlı olduğunu göstermektedir. Abrams, 1917'de W/C oranını 0.08 tutarak yüksek basınç altında sıkıştırdığı salt çimento hamurlarında 310Mpa değerini elde etmiştir. Wischers'in önerdiği aşağıdaki formül de bu teoriyi doğrulamaktadır.

$$f_{cc}=312 \times \lambda''^{2.7} \quad (4.3.)$$

Burada :

λ'' hidrate olmuş ve anhidr haldeki çimentoların hacminin toplam hacme oranıdır.

Teorik olarak λ'' 1 değerinde alınır, f_{cc} için 312 Mpa sınırı bulunur.

Çimento hamuru mukavemetini, hidratasyon yeteneğine ve miktarına bağlayan Dzulinski'nin önerdiği formül ise aşağıda verilmiştir.

$$f_{cc} = f_{cc1} \times e^{k\gamma} \quad (4.4.)$$

f_{cc1} : Hidrate olmamış çimentonun fiktif potansiyel mukavemeti

$$\gamma = \frac{\text{hidrate çimento hacmi}}{\text{hidrate çimento hacmi} + \text{serbest su hacmi} + \text{boşluk hacmi}} \text{ 'dir.}$$

γ' nın da teorik olarak alabileceği maksimum teorik değer 1'dir. f_{cc1} , k ve γ değerlerini deneylerle saptayan Dzulinski, Portland çimentolu hamurlarda 150 Mpa, permetalürjik çimento hamurlarda 490 Mpa maksimum basınç mukavemetleri elde edilebileceğini ileri sürmektedir.

Powers, Wishers ve Dzulinski'nin formüllerinde mukavemetler, farklı şekillerde tanımlanan doluluğun (kompasitenin) fonksiyonları olarak ve fiziko-kimyasal olaylarda dikkate alınarak ifade edilmektedir. Salt boşluk-mukavemet ilkelerine dayanılarak geliştirilen yaklaşımlar da mevcuttur. Örneğin Hasselmann'ın polikristal cisimler için bildirdiği bağıntı şöyledir:

$$f_{cc} = f_{cco} - k \times p \quad (4.5.)$$

Formülde " p " toplam porozitedir. Bu formülden hareketle değişik W/C oranlarıyla ürettikleri çimento hamurlarının fiktif f_{cco} mukavemetini hesaplayan C. Atzeni ve arkadaşları, mukavemetin boşluk çapına da bağlı olduğunu kanıtlamışlardır.

$$f_{cc} = \Psi \times \left[\frac{f_{cco} (1 - p)}{\sqrt{r_m}} \right] \quad (4.6.)$$

Burada:

Ψ : Malzeme cins ve deney şartlarına bağlı bir katsayı

r_m : Boşluk çap dağılımını gösteren ve logaritmik bir ifadeyle bulunan ortalama çaptır.

Yazarlara göre toplam porozite aynı kalmakla beraber çap dağılımının farklılığı mukavemetleri % 30 oranında fark ettirmektedir. Nitekim Odler ve Rössler'in de boşluk çaplarını dikkate alan aşağıdaki bağıntısı bu fikri yansıtır.

$$f_{cc} = f_{cco} - a \times p(< 10nm) - b \times p(10 - 100nm) - c \times p(> 100nm) \quad (4.7.)$$

Çimento hamurundaki serbest su, jel suyu ve kristal suyu dikkate alındığında, bunların yol açacağı boşlukların çaplarının farklı değerlerde oluşacağı aşikardır. Powers ve Dzukinski formüllerindeki λ' ve γ büyüklükleri kabaca, kılcal dediğimiz boşlukların etkisini belirten parametrelerdir. Bu sınır mukavemetlerin elde edilmesi, bu boşlukların bertaraf edilmesiyle mümkündür. Ne var ki serbest suyun ve bir miktar jel suyunun oluşturacakları boşluk çaplarının 10 nm'den daha ince olma ihtimali de vardır. Bu bakımdan Powers veya Dzulinski'nin yaklaşımları, boşluk-mukavemet ilişkilerine dayanan düşüncelerle çelişmemektedir.

4.2. Betonun Sınır Mukavemeti

Beton kompozitin mukavemeti, sistemde ki en zayıf öge olan agrega-çimento hamuru arakesitinin mukavemetiyle sınırlıdır. Kaliteli bir çimento hamuru matriksinin arakesit nitelikleri de kaliteli olmaktadır. Ancak arakesit aderans mukavemetinin, hamurun çekme mukavemetine erişemediği, araştırmalar sonucunda kanıtlanmıştır. Aderans mukavemeti, agreganın yüzeysel dokusu, mineralojik yapısı, çimentonun türüne bağlı olarak çok farklı değerler alabilir. Agregaya yüzeyinden bir iki mikron uzakta oluşan dubleks film ve onu saran geçiş çevresi, fiziko-kimyasal yapıları itibariyle aderans mukavemetini etkilerler. 1 μm kalınlığındaki dubleks film C - S - H yapısındadır ve reaktif olmayan agregalarda gözlenmiştir. Buna karşılık geçiş çevresi boşluklu bir yapıya sahiptir ve kalınlığı 50 μm 'u bulmaktadır. Geçiş çevresinde zayıf mukavemetli $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kristalleri çoğunluktadır. Bu kristallere dubleks film-agrega arayerinde de rastlanmıştır. Ayrıca çimentoda ki C_3A miktarına bağlı olarak, karbonatlı agrega yüzeylerinde kalsiyum monokarboalüminat ($\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) kristalleri de teşekkül edebilmektedir. Agregaya-çimento arayerindeki bu oluşumlar aderans mukavemetini belirleyen ve sınırlayan unsurlardır.

Agrega-çimento aderans mukavemeti, çimento hamuru çekme mukavemetinin % 50'si ile % 90'ı arasında değerler alabilmektedir.

Betonun basınç mukavemetinin, çimento hamurunun ve agrega-çimento arayerinin kalitelerine ne oranda bağlı olduğu çok araştırılmıştır. Alexander ve arkadaşlarının geliştirdikleri bir "lineer regresyon" bağıntısı vardır. Betonun basınç mukavemeti, çimento hamurunun çekme mukavemeti ile agrega-çimento aderans mukavemetinin lineer bir fonksiyonu olarak hesaplanmaktadır. Çimento hamurunun çekme mukavemetinin katkısı, aderans katkısının iki mislidir. Günümüz koşullarında bu formül yetersiz

düzeyde kalmakla beraber bazı tahminlere de imkan verebilir. Formül aşağıdaki gibidir.

$$f_c = 3.4 + 2.08 \times f'_{cc} + 1.02 \times f'_{ca} \quad (4.8.)$$

Burada :

f'_{cc} : Çimento hamuru çekme mukavemeti

f'_{ca} : Agreg-a-çimento aderans mukavemeti

f_c : Beton basınç mukavemetidir.

Dzulinski'nin, teorik çimento hamurunun maksimum basınç mukavemeti için önerdiği 490 Mpa sınırı geçerli kabul edildiğinde, çimento hamurunun çekme mukavemeti bunun %10'u olmaktadır. Agreg-a-çimento hamuru aderans mukavemetini de çekme mukavemetinin %90'ı varsayarak, (4.8.) formülü ile elde edilebilecek maksimum beton basınç mukavemeti 150 Mpa olmaktadır. Pek çok varsayıma dayanılarak tahmin edilen bu değer doğal olarak kesin bir yaklaşım ifade etmez. Ancak bugünkü koşullarla, varabileceğimiz maksimum değer hakkında bir fikir vermektedir (Akman,1991).

4.3. Beton Niteliğini Yükseltmek Amacı İle Polimerlerin Kullanılması

Yüksek mukavemetli beton üretebilmek, çimento hamuru fazının mukavemetini arttırmak ve agreg-a ile olan aderansını artırmakla olur. Bunu gerçekleştirebilmek için çok çeşitli yöntemler denenmiştir. Polimerli betonlar

bu yöntemlerden sadece biridir. Ancak diğer yöntemlerden farkları ve onlara göre olan üstünlüklerinin neler olduğunun belirlenmesi gerekir.

Beton sürekli çimento hamuru matriksi içinde agregalardan oluşan dağınık faza sahip bir kompozit olduğundan, elastik sabitlerin hesabında yararlı olan kompozit malzeme modelleri, mekanik dayanımların tahmininde yararlı olamamaktadır. Bundan dolayı Freudental'in de ifade ettiği gibi kompozitin mukavemeti, matriksin veya dağınık fazın mukavemetleri ile sınırlıdır. Normal ağırlıklı bir betonda, doğal kayalardan elde edilen agregaların mukavemetleri çimento matriksinin mukavemetinden genellikle yüksektir. Sonuç olarak kompozitin mukavemetini, daha düşük mukavemetli olan çimento hamuru fazı belirleyecektir. Bu yaklaşımdaki hata, çok daha etkin olan agrega-çimento bağlantısının dikkate alınmamış olmasıdır. Bu bağlantının mukavemeti, çimento fazının mukavemeti ile paralellik göstermekle beraber onun altında kalmaktadır.

Beton mukavemetini yükseltme çabaları daima çimento hamuru fazını iyileştirme yönünde olmuştur. Hiç boşluk içermeyen bir çimento hamur fazı üretebilmekle en yüksek mukavemete erişebilmektedir. Doğal olarak agrega-çimento arakesitlerinde de boşluk kalmamalıdır. Bu ideal durum, üretim sırasında alınacak tedbirlerle, uygulanacak süreçlerle sağlandığı gibi beton sertleştikten sonra boşlukların doldurulması ile de sağlanabilir. Bu ikinci yöntem polimer emdirilmiş betonların esasını teşkil etmektedir.

Halen üretilmekte olan çimentolarla, çimento matriksinde sağlanabilecek mukavemet teorik anlamda bellidir. Buradan yüksek mukavemetli betonda da bir teorik sınır olduğu anlaşılmaktadır. Daha üstün kaliteli çimentolar üretildiğinde ise sınır, doğal agregaların mukavemetleri ile çizilecektir. Doğal agregaların mukavemetlerini yükseltmek ise insanların gücünün dışındadır.

5. İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ALANINDA PLASTİK MADDELER

Günümüzde pek çok plastik madde inşaat mühendisliği alanına girmiştir. Bunlardan bir kısmı detay malzemeleridir. Bunlar, yer döşeme malzemeleri (kalefleks v.b), çatı örtü malzemeleri (fibrocam, PVC pestilleri), ısı izolasyon malzemeleri (polistren levhaları, betonları, poliüretan ve PVC köpükleri), boya ve badana beton katkı maddeleri (sellülozik ve poliester badanalar v.b), derz malzemeleri (bütadyen gurubu neopren, kloropren malzemeler), yapıştırıcı ve tamir malzemeleri (epoksiler, doymamış sülfürlü elastomerler, tiokol), mobilya kaplamaları (fenoplastlar, melamin formaldehit), su iletim boruları (sert ve yumuşak PVC) gibi.

Plastik maddelerin inşaat mühendisliğindeki diğer uygulaması taşıyıcı malzemelerin dayanıklılığını (dürabilitesini) artırmak üzere kullanılmasıdır.

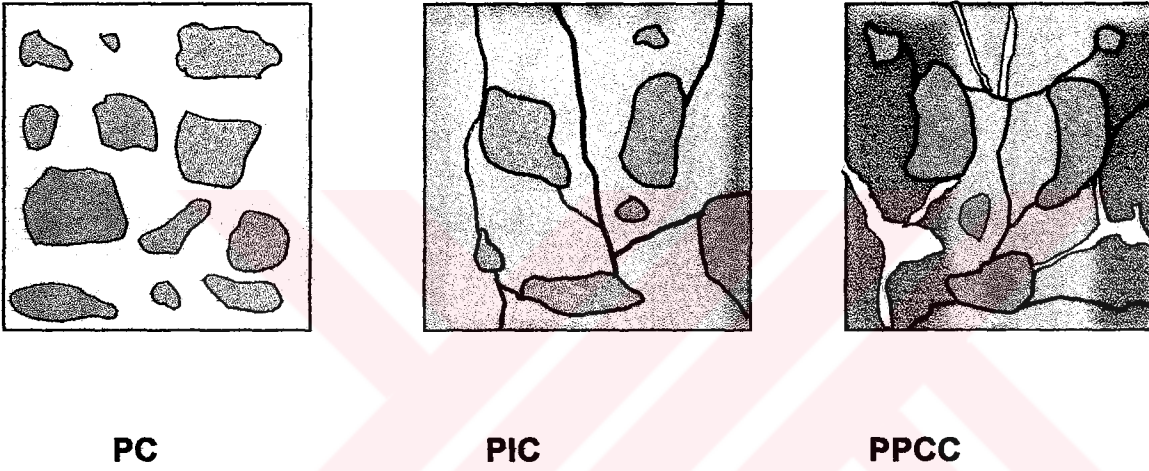
Polimerlerin beton teknolojisine girmesi 1950'li yıllarda olmuştur. Daha önceki yıllarda da bitüm, doğal kauçuk lateksi betona katılıyordu. Ancak yapay polimerlerden yararlanma daha sonra ki yıllarda olmuştur. 1965'den sonra çarpıcı gelişmeler elde edilmiştir. Bu alandaki araştırmalar ise günümüzde de güncelliğini korumaktadır.

Polimerlerin beton teknolojisinde kullanımı üç ana grupta toplanabilmektedir.

- 1- Polimer portland çimento betonları, (Polymer Cement Concrete, PCC veya Polymer Portland Cement Concrete, PPCC)
- 2- Polimer beton, veya sentetik reçine betonları, (polymer Concrete, PC)

3- Polimer emdirilmiş betonlar, (Polymer Impregnated Concrete,PIC)

1. ve 3. grubundaki betonlara polimerle geliştirilmiş (polymer modified) betonlar adı da verilmektedir. Aşağıdaki şekilde bu üç türün farklılığı görülmektedir



Şekil 5.1. Polimerlerin betonda üç ayrı kullanımı

Gri renkli alanlar agregaları, koyu siyah çizgili alanlar polimerlerce doldurulmuş kılcal boşlukları ,sarı renkli alanlar polimer fazını, mavi alanlar ise çimento fazını göstermektedir.

PPCC' de agregalar çevresinde bir polimer filmi oluşmuştur, kılcal boşlukların ise ancak bir bölümü doldurulabilmiştir. PIC' da kılcal boşlukların hepsi hatta jel boşluklarının bir bölümü dahi doldurulabilmiştir. PC' da agregaların bulunduğu matriks tümüyle polimerdir. Çimento hamuru mevcut değildir.

PPCC' nun doğmasına neden olan teknik gereksinmeler şöyle sıralanabilir :

- 1- Beton malzemenin tokluđu ve sűnekliđi arttırılmalıdır.
- 2- Betonda geçirimsizlik geliştirilmelidir.
- 3- Beton eski betona, agregalar çimento hamuruna, beton şeliğe daha iyi yapışmalıdır, yani aderans niteliği geliştirilmelidir.

Bűtűn bu gereksinmeler yerine getirilirken de betonun mekanik mukavemetinde herhangi bir azalma gözlenmemelidir.

Bűtűn bu kořullar lateks türű polimerleri karřımıza getirmekle beraber, dođal polimerler (dođal kauçuk lateksi, bitűm) de bu amaçlar için kısıtlı olarak kullanılmaktadır. Ama bu tip malzemelerin sakıncaları da yok deđildir, bu problemler ise řöyledir :

- 1- Organik maddelerin eműlsiyon haline gelebilmesi
- 2- Organik maddelerin řimento alkali ortamında koagűle olmaması
- 3- Polimerizasyonun alkali ve sulu ortamda sűregelmesi

Bu sorunlar, polimer, eműlsiyon, stabilizan ve hızlandırıcı seğıimine űnem kazandırmıştır. İlk çalıřmalarda PVA (Polivinil asetat), bűtadyen, stiren lateksi üzerinde durulmuřtur. Daha sonra metil metakrilat dikkatleri çekmiř ve uygulama alanlarına PIC gurubunun girmesiyle akrilatlar daha da ilgi çeker olmuřlardır.

PPCC ve PIC' nun geliřmesi yanında, PC gurubu da yani sentetik reçina betonu da űnem kazanmıştır. Ancak PC' larda bađlayıcının tüműyle polimer oluřu bunların kitlesel olarak űretimini engellemektedir. Çünkü çok pahalı oluřları nedeniyle az miktarda kullanılmaktadırlar (Akman, 1987).

5.1. Polimer Betonlar (PC)

Polimer betonlar, ilk defa Çekoslovak bilimler akademisinde 1959 yılında keşfedilmiştir. Bu ilk zaman zarfında polimer beton hakkında daha çok teorik çalışmalar yapılmış, pratik ve deneysel çalışmalara önem verilmemiştir. A.B.D.'de ilk defa poliyester ve epoksi kullanımıyla hız kazanan çalışmalar bugün de güncelliğini korumaktadır.

Polimer beton, sürekli polimer matriksi içinde, filler ve agregadan oluşan dağila faza sahip bir kompozittir. Bağlayıcı olarak, poliyester-styrene, poliüretan, uran, epoksi, metil metakrilat, polimerleri kullanılabilir. Bu malzemelerin fiyatları ortalama olarak, çimentonun 5~30 katı kadardır. Granülometrik bileşim o kadar iyi ayarlanmalıdır ki, agregalar arasında boşluk çok az olsun. Dolayısıyla bu boşlukları dolduracak polimer miktarı da az olsun (Dikeou ve Fowler, 1981).

Poliyester - styrene	\$ 2.20/Kg
Epoksi	\$ 5.51/Kg
Metakrilat	\$ 7.21/Kg
Agrega	\$ 0.07/Kg

Çizelge 5.1. Polimerlerin ve agreganın kilogram başına maliyetleri

Yapışabilme özelliği, bu malzemelerin en önemli özelliğidir denilebilir. Bu nedenden dolayıdır ki, polimer betonlar pratik kullanımda en çok tamir ve yapışma için kullanılmaktadır. Polimer betonların en önemli özelliklerinden birisi de normal betondaki rötre çatlaklarının, polimer beton yapımında hiç su kullanılmaması nedeniyle görülmemesidir. Bu özelliğin

sonucunda, polimer betonların, dona ve kimyasal etkilere dayanıklı malzemeler oldukları görülür. Bu nedenden dolayı bu malzemeler, kimyasallara karşı dayanıklılık isteyen yapılarda rahatlıkla kullanılabilirler. Polimer betonların bir özelliği de taşıma güçlerine göre ağırlıklarının az olmasıdır. Bu sayede ölü yükü az, kapasitesi fazla olan yapılar geliştirilebilir. Böylece malzemeden ve zamandan tasarruf edilebilir. Bu malzemeler, yüksek sıcaklıklara dayanıksız olmaları nedeniyle yangın sırasında ani olarak göçebilirler, bu yüzden ısı izolasyonu yapılması şarttır, alevle direkt olarak asla temas etmemelidirler.

Polimer betonlar 1410 kgf/cm^2 basınç mukavemetine erişebilirler, bu betonların fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri çizelge 5.2.'de verilmiştir (Dikeou ve Fowler, 1981).

Basınç Mukavemeti	40 ~ 140 Mpa
Eğilme Mukavemeti	8 ~ 35 Mpa
Elastisite Modülü	700 ~ 35000 Mpa
Isıl Genleşme Katsayısı	$5 \sim 10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Su Emme	<< % 1
Dona Dayanıklılık	İyi
Asite Dayanıklılık	Çok İyi

Çizelge 5.2. Polimer betonların tipik özellikleri

Polimer betonlarda termoplastik ve karşılıklı bağ oluşturabilen polimer, beton karışımlarında portland çimentosu yerine kullanılmaktadır. Sürekli faz polimer olduğundan, kompozitin davranışını belirlemektedir.

Agrega granülometrisi uygun seçildiği takdirde, agregaların tümünü ıslatmak ve aralarını doldurmak için ağırlıkça % 7-8 oranında polimer kullanmak gerekmektedir.

Polimer betonların eğilme mukavemetleri normal betona göre çok yüksektir. Silan ile birlikte kullanılarak basınç mukavemetleri, agregaya yapışma mukavemetleri yükseltilmektedir. Genellikle tam takviyeli kompozitler suya maruz kaldıklarında agrega adris bağlantısı zayıflayarak mukavemetleri düşmektedir. Uygun malzeme seçimiyle bu betonların dielektrik özellikleri geliştirilebilir.

Polimer betonların malzeme olarak özelliklerine gelince, bu betonların şekil değiştirmeye tepkileri, elastik modüllerinin bir fonksiyonu olarak çok değişkendir. Bu modül 35 Gpa değerini alabilmektedir (Manson, 1981)

Polimer betonların kullanım alanları şunlardır:

- Portland  imentolu betonlara katkı malzemesi olarak,
- Beton yüzeyi üzerinde aşınmaya ve kaplamanın kaymasına karşı (Fontana ve Bartholomew, 1981),
- Yapısal ve dekoratif konstrüksiyon panellerinde (Prunski, 1976),
- Kanalizasyon borularında, yer altı tünel ekipmanlarında, drenaj kanallarında v.s.,
- Jeotermal uygulamalarda karbon- elik boruların astarlanmasında (Kukucka, 1978),
- Yüzme havuzlarında ve g vertelerde.

Buradan da anlaşıldığı gibi, Polimer betonların çok çeşitli kullanım alanları vardır. Böylece polimer beton terimi asla tek bir üretim grubunun faaliyeti olmadığı açıkça görülmektedir. Uygulanabilirliği ve performansı agreganın şekli ve granülometrisine bağlıdır. Polimer tabakasının özellikleri ve kopolimerizasyon tekniklerine bağlı olarak farklı üretimler elde

- b- Bir alifatik poliamin(etilen di amin gibi, normal sıcaklıkta aktiftirler)
- c- Bir sıvı poliamit (normal sıcaklık ve biraz daha yüksek sıcaklıklarda aktiftirler, 80°C ~ 100 °C)

Görüldüğü gibi ikinci grup sertleştirici en çok kullanılan tür olmaktadır. Prepolimerle sertleştiricinin karıştırılması sonunda polimerizasyon meydana gelmektedir.

Polimerizasyon'da köprüleşme ve hacimsel molekül oluşur. İlginç yön bu işlemde yan ürün oluşmaması ve dolayısıyla rötrenin minimum düzeyde kalmasıdır. Ayrıca bu üretimde bir avantajdır. Polimerizasyonun başlangıcında köprüleşme tam olmadığından ürün termoplastik karakter gösterir, asetonda erir. Ancak giderek sertleşir ve termoset'e dönüşür.

Polimerizasyon ekzotermiktir. Bu bakımdan epoksi'leri büyük oranda üretmek olanaksızdır. Örneğin 250 cm³ epoksi üretiminde sıcaklık 100 °C 'i bulduğu halde, 10 cm³ epoksi için sıcaklık 20 °C' yi pek aşmaz.

Pota ömrü (Pot-Life) önemli pratik bir sorundur. Prepolimer ve sertleştirici karıştırıldıktan sonra kullanılmaya imkan veren süreye pota ömrü denilir. Bu bir saatten bir kaç güne kadar değişebilir. Pota ömrü sulandırıcı türdeki katkılarla değiştirilebilir. Reaktif türdeki, küçük moleküllü poliepoisitler tercih edilen sulandırıcılar arasına girer.

Epoksi reçineleri içine pek çok dolgu maddesi katılır. Bunlar viskoziteyi değiştirmek, termik genleşme katsayısını düşürmek, elektriksel iletgenliği sağlamak, tiksotropi kazandırmak, sertliği arttırmak gibi amaçlar taşırlar. Al, Cu, Fe, Ag, Çelik, AL₂O₃, Kolloidal silis, kalker unu, alçı, mika, aspest, grafit gibi maddeler dolgu malzemesi olarak kullanılabilir.

Bileşim ve Mekaniksel Özellikler	Ağırlık Cinsinden Bileşim		
Prepolimer	100	100	100
Sertleştirici	30	30	30
Kuvartz Unu	0	300	0
Sulandırıcı	0	0	20
Yoğunluk kg/dm ³	1.2	1.9	1.2
Eğilme Muk. N/mm ²	90 ~ 120	50 ~ 60	100 ~ 120
Çekme Muk.N/ mm ²	60 ~ 70	30 ~ 40	50 ~ 80
Basınç Muk.N/mm ²	120	200 ~250	100 ~120
Elastisite Modülü N/mm ²	3000~4000	15000~18000	4000

Çizelge 5.3. Aralditin ağırlık cinsinden bileşimi ve mekaniksel özellikleri

Sulandırıcıları, katkı maddeleri ve özellikle sertleştirici türüne bağlı olarak çeşitli epoksi ürünleri vardır, viskoziteleri, pota ömürleri yönünden farklı olan bu maddeler kullanım amaçlarına uygun biçimde seçilirler.

Sertleştirici miktarının mekanik mukavemetler üzerinde önemli etkisi olmaktadır. %50~%60 oranında sertleştirici mukavemeti tamamen düşürmekte, %25~%30 mertebesinde en yüksek dayanım elde edilebilmektedir, daha düşük yüzdelerde ise mukavemet düşmekle beraber sertleşmiş reçina kırılmadan büyük deformasyon yapabilmektedir.

Özel önlem alınmamış epoksiler için su ve alkali ortam bir sorun olmaktadır. Epoksinin suyla teması, karıştırıldığı maddelerden geldiği gibi, üretimin hemen öncesindeki absorplanmış su v.b. sebeplerden kaynaklanmaktadır. Araya diffüze olan ve nispeten küçük boyutlu olan su molekülleri polimerizasyon aşamasında köprüleşme süresini etkilemekte ve düşük mukavemetli epoksi ürünleri elde edilmektedir. Bu arada kullanılan dolgu maddesinin de suya karşı duyarlı olması durumunda geçirimsizliği

düşük epoksiler elde edilmektedir. Alkali maddelerinde benzer etkileri olmaktadır, bu husus beton gibi alkalinitesi yüksek " Ca(OH)_2 " nedeniyle " malzemeye epoksilerin kullanımında dikkati gerektiren bir sorundur. Sertleşmiş epoksileri yumuşatmakta, rijitliklerini bozmakta, bir oranda geçirimli yapmaktadır.

Epoksi reçinelerinin inşaat mühendisliğinde kullanıldığı alanları şöylece sıralanabilir :

- a- Yüksek ve hızlı mukavemet beklenen işlerde,
- b- Eski ve yeni betonun yapıştırılması, yüzey onarımı işlerinde,
- c- Öngerilmeli prefabrike elemanların yapıştırılmasında,
- d- Plake beton tekniğinde,
- e- Enjeksiyonla çatlak onarımlarında.

Epoksi betonlarında mineral agregalar, (normal beton agregaları), epoksi reçinası ile bağlanırlar. Yani epoksi reçinası bu betonların bağlayıcı maddesidir. Agregalardan beklenen özellikler ise şunlardır :

- a- Çok temiz ve yeterli mukavemete sahip olmaları,
- b- Reçina ve sertleştiricisi ile kimyasal bir reaksiyona yol açmayacak türden olmaları,
- c- Çok kuru olmaları,
- d- Kil içermemeleridir.

Agrega yığın boşluğu minimum olmalıdır. Yığın boşluğunun minimum olması için genellikle orta tane içermeyen süreksiz granülometreler tercih edilir, böylece reçina az kullanılır ve ekonomi sağlanır.

Epoksi betonlarında filler kullanılması viskozite açısından yarar sağlamaktadır.

Özellikler	Silisli ve Kalkerli	Silisli
Bağlayıcı (%)	% 10 ~ % 20	% 10 ~ % 20
Birim Ağırlık kg/dm^3	2.2 ~ 2.16	2.27 ~ 2.18
Eğilme Muk. N/mm^2	17.7 ~ 20.7	21.5 ~ 24.9
Basınç Muk. N/mm^2	67.4 ~ 97.8	83.1 ~ 101.0
Elastisite Mod. N/mm^2	Ort:30400	

Çizelge 5.4. Silis ve kalkerli agregalar ve salt silisli agregalarla yapılan epoksi betonunda bulunan bir araştırma sonuçları

Epoksi betonları 3 yıl dış etkilere maruz kaldıklarında (%65B.N.+20°C'de) elastisite modülleri değişmemiştir, üretimi izleyen birinci hafta sonunda kararlılık oluşmuştur. Betonun son rötresi 100×10^{-6} 'yı aşmamıştır. Sünme ise 2.5 yıl sonunda ve 20 N/mm^2 'lik bir basınç altında (yaklaşık %20 f_c) 1000×10^{-6} değerinde kararlı kalmıştır.

Epoksi betonlarının ikinci uygulaması yüzey onarımıdır. Bir diğer uygulama alanı Plake beton tekniğidir. Plake beton tekniğinde hasar gören veya kesiti artırılmak istenen betonarme elemanın çevresine çelik levhalar yapıştırılır. Bunlar kirişi bozmadan, kiriş içine yeni çelik donatı koymaya eşdeğerdir. Bazen prefabrikasyonda da plake beton tekniği kullanılmaktadır. Bu yöntemde hazırlanmış çelik kalıbın içine beton dökülür, kalıpla beton mükemmel bir biçimde yapışarak, ayrıca çelik donatıya gereksinme duyulmadan prefabrike bir kiriş üretilmiş olmaktadır. Bütün bu işlerde epoksi reçinası yapıştırıcı görevi yapar. Tabii taze betonla temasta bulunan epoksi farklı yapıdadır, ancak genel olarak katılan maddeler tridimetilamin - metil fenol - bütadyen - stiren v.b. esaslı olurlar.

- a- Islak agregâ ile epoksi betonu,
- b- Islak zemine epoksi betonu,
- c- Su içinde epoksi betonu,
- d- Sertleştikten sonra suyla temas,

problemleri için ayrı ayrı epoksi türleri vardır.

Mukavemetler	Çimento harcı	Epoksi ile yapıştırılan deney parçaları					
		eski harçlar		eski ile yeni harç		eski harç ve çelik	
		kuru	ıslak	kuru	ıslak	kuru	ıslak
Çekme Muk. N/mm^2	21	22	19	23	23	22	22
Eğilme Muk. N/mm^2	6.7	7.1	7.1	6.9	7.0	7.0	6.8

Çizelge 5.5. Epoksi ile yapıştırılmış numuneler üzerinde yapılan eğilme ve çekme deneyleri sonuçları

Yapıştırılan tüm parçalarda kopma harç bölgesinde olmuştur. Yani verilen değerler epoksi ile harcın gerçek yapışma dayanımının daha da altındadır.

Epoksiler her ne kadar sıcaklığa dayanıklı iseler de yangın sırasında ani göçmeler meydana gelebilmektedir. Bu bakımdan plake beton tekniğinde özellikle sistemin izolan bir maddeyle örtülmesi (örneğin perlit betonu) zorunludur.

5.1.2. Poliester reçinaları, Poliester reçina betonları

Poliester sözcüğü ile farklı nitelikli pek çok polimer malzeme ifade edilmektedir. İnşaat Mühendisliği alanında sentetik reçina betonu yapımında kullanılan poliesterler, çift bağ içeren bir dialkol ve diasit'in birleşmesiyle elde edilirler. Çift bağ bir diyenik hidrokarbür vasıtasıyla (stiren hidrokarbür) köprüleşmeye olanak sağlar ve böylece üç boyutlu makro molekül meydana gelmektedir. Tekstilde kullanılan poliesterler ise lineer moleküllü termoplastik bir polimerlerdir.

Ticari ürün, doymamış poliester ve diyenik hidrokarbür karışımı olarak satılır. Kullanım anında katalizör ve bazen bir hızlandırıcı madde katılır. Yalnız katalizör kullanılırsa ısıtmak gerekir. (Katalizör: Benzol peroksit, metil etil keton, hızlandırıcı kobalt oktoat, loril merkaptan v.b.). Şantiye de üç maddenin karıştırılması zor olabildiği gibi sakıncalı da olabilmektedir. Bileşimde yan ürün oluşmaması bir avantajdır. Bu betonlarda rötre olabilmekte, değeri ise %8~%14'ü bulmaktadır.

Aşağıdaki çizelge 5.6. da poliesterler, poliepoksitlerden daha yüksek mukavemete sahipmiş gibi görünüyorsa da, bunların Ultraviole etkisiyle eskimleri ileri düzeydedir. Yeterli sertlik ve rijitlikte değildirler, yapışma yetenekleri epoksilere oranla çok düşüktür. Poliesterlerin elastisite modülleri de düşüktür. Fiyat olarak epoksilerin 1/3~1/4 'ü olmakla beraber, özellikle reçina betonu üretiminde tercih edilmezler(Akman, 1987).

Özellikler	Saf poliester	Cam lifli, donatılı poliester
Yoğunluk (kg/dm^3)	1.1 ~1.15	1.5~2.0
Eğilme Muk. (N/mm^2)	55 ~120	350~450
Çekme Muk. (N/mm^2)	22~70	280~350
Basınç Muk. (N/mm^2)	150	200 ~ 400
Elastisite Mod. (N/mm^2)	2500~3500	7000~15000

Çizelge 5.6. Poliesterlerin fiziksel ve mekanik özellikleri

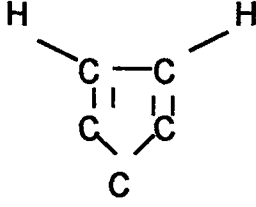
5.1.3. Furan reçinaları, Furan reçina betonları

Furan reçinaları fenoplast termosetlerinin bir örneğidir. Bu grubun örneği olarak fenolformaldehit (bakalit) gösterilebilir. Fenolformaldehit aromatik bir alkol olan fenol ile basit bir aldehit olan formaldehit (formol)'in polikondansasyon ürünüdür. Bu ürün sıvı veya parça halinde satışa çıkarılır, otomobil fren balatalarında kullanıldığı gibi ahşap talaş yongalı bölme elemanlarının (sunta) yapıştırıcısı olarak kullanılmaktadır.

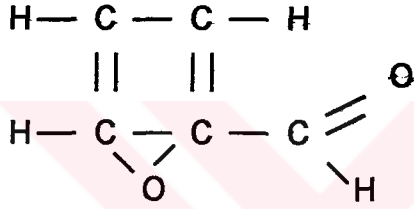
Fenoplastlar'da alkol veya aldehit türleri değiştirilerek çeşitli fenoplastlar üretilmektedir. Alkolün rezorsin olması halinde (rezorsin bir difenol'dür) elde edilen ürün plastik soğuk tutkaldır.

Formaldehit dışında ekonomik nedenlerle kullanılan hemen hemen tek aldehit furfural'dır. Furfural mısır ve arpa yapraklarının fermentasyon ürünüdür.

Furan olarak adlandırılan kök;



açık formülüne sahiptir. Furan kökünden türeyen furfural ise (bazen fural, furfural, furfuraldehit de denir),



formülüne sahip bir heterosiklik aldehit olmaktadır. Oldukça karmaşık bir yapıya sahip olan furfural, asit ortamda kendiliğinden polimerize olabilir. Örneğin fenol gibi bir alkolle polimerize olabilmekte, bir keton'la özellikle aseton'la reaksiyon yapabilmektedir.

Reçina betonu olarak furfural, genellikle 1. ve 3. türde sayılan polimerizasyon sürecine göre kullanılmaktadır. Furfural aseton (FA), %3 benzen sülfonik asit'le muamele edildiğinde ve agrega olarak andezit, kullanıldığında, 7 günde 1000 N/mm² basınç mukavemeti sağlanabilmektedir. Furan reçina betonları siyah renkli ve estetik görünüşü olmayan maddelerdir. Kimyasal dayanıklılıkları, özellikle asit ortama karşı iyidir. Bunlar daha çok aşınmaya dayanıklı beton elde edilmesinde kullanılırlar. Bu nedenle sıcaklığı fazla yükselmeyen, sülfürik, hidroklorik asit ve tuzların bulunduğu sanayi kimya bacalarının kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadırlar (Akman, 1987).

5.1.4. Polimer betonların yerleştirilmesi

5.1.4.1. Kuru paket yerleştirme

Bu metotta agrega alana yerleştirilerek sıkıştırılır. Agregası sıkıştırıldıktan sonra polimer agrega üst yüzeyinden dökülür. Yaylı kutular ve benzer polimer dağıtıcı sistemler bu iş için kullanılabilir. Bu metod mekanik mikser kullanım zorluğunun ortadan kaldırmaktadır, fakat polimer miktarı çok iyi tayin edilmelidir.

5.1.4.2. Premix yerleştirme

Bu metotta polimer betonların yerleştirilmesi, portland çimentolu betonun yerleştirilmesinde kullanılan yöntemle aynıdır. Polimer bağlayıcı, direkt olarak karışıma ilave edilir. Bütün taneler ıslanıncaya kadar sürekli olarak karıştırılır. Bu metotta düşük ve yüksek viskoziteli polimer kullanılabilir ve polimer malzemenin miktarı önceden tayin edilmelidir. İmalata bağlı olarak yerleştirildikten sonra polimer betonun çökmesi, agrega sıkıştırıcısı ve parmak vibratörlerle sağlanabilir. Süper akışkanlaştırıcılar bu metotta çok kullanışlıdır.

5.1.4.3. Prepakt polimer beton

Prepakt polimer beton sistemler elle veya mekanik mikserlerle sıkıştırılabilir. Betonyer kullanılırsa monomer ve reçine sistemlerin hepsi birden betoniye içine konular ve karıştırılır, sonra sırasıyla uçucu kül, ince

agrega ve kaba agrega ilave edilir. Karışım zamanına uygun olarak karıştırılır. Sonra tam kompozit karışım kalıba yerleştirilir ve sıkıştırılır.

5.1.5. Aletlerin temizlenmesi

Kürek, agrega sıkıştırıcısı ve mala gibi aletler organik solvent emdirilmiş bezlerle, trikloroethan, metilenklorid, kısilen veya metil etil keton gibi maddelerin eşit oranlarda karışımı ile temizlenip silinmelidir.

Mekanik mikserlerde ise bu kimyasal maddeler tambura konularak çalkalanır, ardından büyük agrega ile yüklenerek temizlenir. Bu metotla tanbur yüzeyinde yapışık haldeki reçine ve monomer temizlenmiş olmaktadır.

5.1.6. Emniyet

Bazı polimer beton üretiminde kullanılan kimyasal maddeler; yanıcı, uçucu ve/veya toksiktir. Tehlikenin derecesi malzemenin yüksek buhar basıncıyla artmaktadır (ACI Commite 548,1986).

5.2. Polimer Portland Çimento Betonları (PPCC)

Polimer portland çimento betonlarında (Polymer Portland Cement Concrete PPCC) polimer malzeme, normal taze betonla karıştırılmaktadır. Betonun prizi sırasında polimerde polimerize olarak, istenilen süneklikte ve geçirimsizlikte beton elde edilmektedir. Üretim süreci dikkate alınırsa kullanılan polimerin önce emülsiyon (suda erimiş süspansiyon yapı) haline

getirilmesi, sonra bu emülsiyondaki organik polimerin çimentonun kireci ile reaksiyona girip koagüle olmaması ve nihayet polimerizasyonun sulu ve alkali ortamda oluşması gerekmektedir. Bu şartlar ancak önceleri PVA (Polivinil asetat) ile mümkün olabilmıştır. PVA emülsiyonu, sodyum parafinat türü tansioaktif madde ile sağlanmaktaydı. PVA'larda stabilizan olarak nişasta, kazein veya sodyum, potasyum hidratlar kullanılmaktaydı. PPCC'lerde polimerin katılması ile yeni hidrate ürünler oluşabilmektedir, bunların oluşumunu önlemek üzere prizi hızlandıran maddeler (CaCl_2 v.b.) ilave edilebilmektedir. Amaçlanan geçirimsizliği ve sünegliği sağlayabilmek için PVA yüzdesi oldukça fazla olmalıdır (Çimentonun %20'si kadar). İlave edilen PVA miktarındaki hata mukavemetlerde ve elastisite modüllerinde önemli azalmalara neden olabilmekte ve zamanla bunların suya dirençide azalmaktadır. Bu neenle, çimentoyla uyum sağlamasına rağmen PVA dışında polimerler aranmıştır. Bunların sayıları oldukça fazladır: Polivinil propionat (PVP), Stiren Butadyen Lateks (SBR), Akrilonitril Butadyen Lateks (NBR), Vinil Klorür+ Vniliden Klorür (PVC) emülsiyonları, Poliakrilik Ester (PAE) emülsiyonları, epoksi emülsiyonları v.b.

PIC'lar PPCC'lere oranla çok daha üstün nitelikli malzemelerdir. Ancak PPCC'ların yerinde dökülme niteliğine sahip olmaları, bunlardan vazgeçilmeyi önlüyor. Yeni patentler üzerinde de çalışmalar sürdürülmektedir. Örneğin jeotermal kaynaklarda yüksek sıcaklık ve zararlı tuzlara dayanıklı, yarı organik bir PPCC üretilmiştir. Bu PPCC iki siloksan'ın kopolimerizasyonu ile elde edilmektedir. Ticari ad olarak Organo Siloxane Polymer Concrete (OSPC) adını alan bu malzemedeki iki siloksan şunlardır:

1. Tetrametil tetravinil cyclotetra siloxane
2. Dimetil siloxane

Katalizör Ditert Butyl Peroxyde (DTBP)'dir. ASTM'de tip II olarak adlandırılırlar. Nispeten sülfata dayanıklı, normal portland çimento kullanılarak üretilen harçlarda, agrega silis unudur. Çimento/Silis unu oranı

1/9'dur. Katkı maddesi olarak $MgSiO_3$, $CaSiO_3$ ve Fe_2O_3 ilave edilmektedir. Harç 4 saat süreyle pompa betonu kıvamını koruyabilmektedir. $25^{\circ}C$ ile $350^{\circ}C$ arasında, basınç dayanımı 72 N/mm^2 değerindedir. Bunların jeotermal ortamda stabilite kayıpları yoktur.(Akman, 1987).

Polimer lateksler çok küçük küresel (0.01 ile 1 mikron çap arası) parçacıklardan oluşan sürüklenmiş hava kabarcıkları gibi davranırlar. Bunların ilave edilmesi taze betonda işlenebilmeyi düzeltir ve hamurun terlemesini azaltır. Lateks içinde bulunan emilsiyonlaşmaya imkan veren tansiyoaktif katkılar, önemli miktarda hava sürüklerler. Sürüklenen havayı normal sınırlar içinde tutmak üzere köpükleşmeyi önleyen katkılar ilave edilir. Çimento hamuruna lateks katılması W/C (Su/Çimento) oranını azaltır. Böylece karışımda azaltılan su miktarına eşit miktarlarda lateks ilave edilir. Burada hatırlanması gereken bir husus da latekslerin %50 ağırlığında katı içermeleridir. Genellikle çimento ağırlığının %10'u ile %25'i kadar polimer betona ilave edilmektedir. Daha yüksek miktarlarda polimer ilave edilmesi durumunda lateksin kusulması ve yüzeyden bir kabuk oluşması olasılığı vardır. (Mindess ve Young, 1981).

Polimer Portland Çimento Betonu (PPCC) veya lateks ile geliştirilmiş betonlar (LMC)'ın bir çok özellikleri, sadece dispers lateksin beton içinde sürekli bir film tabakası oluşturmasıyla elde edilmektedir. Çimentonun hidratasyonu sırasında hamur içindeki suyun azalması, bu filmin oluşmasında yardımcı olmaktadır. Ancak bu durum sürekli ıslak bir kürlenmede meydana gelmektedir, bu bakımdan pek çok satıcı sadece 1-2 gün ıslak kürlenmeyi ve daha sonra % 50 bağıl nemde kurutmayı tavsiye etmekte idiler. Kararlı polimerlerde betonun %80-%95 bağıl nemde kürlenmesi optimum sonuca götürebilmektedir. Bu ortamda çimento yavaş ve sürekli bir hidratasyona uğradığı gibi lateks de sürekli bir filme dönüşmektedir.

Basınç, çekme ve eğilme mukavemetleri Çizelge 5.7'de görüldüğü gibi artar, ancak çekme ve eğilmede artış daha yüksektir. LMC'larda göçme anında yüksek deformasyonlar meydana gelmekte ve buda elastisite modülünün düşmesine neden olmaktadır.

Mekanik Özellikler	Katkısız Beton	Stiren Bütadyen	Soran	Akrelük	PVAc	Epoksi
Basınç Muk. (Mpa)	31	33	61	32	26	52
Çekme Muk. (Mpa)	2.2	4.3	6.3	5.8	4.8	5.0
Eğilme Muk. (Mpa)	4.2	9.9	12.9	12.7	12.7	11.3
Elastisite Mod. (Gpa)	23	10.8	15.5	--	--	18
Aderans Muk. (Mpa)	0.35-1.4	>4.5	>4.5	>4.5	>4.5	--
Darbe Muk. (Mkg)	0.07	0.22	--	0.25	0.18	--
Oturma Direnci(% Aşınma)	24	2.5	--	1.7	5	--

Kum/Çimento=3 Polimer/Çimento=0.20 28 gün %50 bağıl nem.

Çizelge 5.7. LMC harçlarının mekanik özellikleri

LMC'lerin eski betona ve donatıya aderansıda iyileştirilmiştir. Genellikle göçmeler eski betonda olur. W/C oranındaki azalmalar düşük hidrolik rötre ve sünmeye imkan verir, fakat polimer fazın varlığı sünmeyi artırma yönündedir. Bu durum yüksek sıcaklıklarda anlam kazanır. Pek çok uygulamada sünme önemli sorunlar doğurmaz. Zaten LMC'ların yüksek esnekliği rötre çatlamlarını önlemektedir.

LMC durabilite açısından önemli gelişmeler sağlar. Çekme çatlamlarına olan direnç bu hususta önemli rol oynar. Çatlaklar meydana geldiğinde boyları oldukça küçük kalmaktadır. Buda ileride çevreden gelecek

etkilere karşı zayıf bir nokta olmasını önler. Latekslerin hava sürüklenme niteliği doğal olarak donma dayanıklılığını da artırır.

Polimer latekslerin maliyetlerinin yüksekliği sağladıkları performansla karşılanır. Bunlar durabilite, esneklik ve aderans yeteneklerinin artmasıdır. LMC'lar onarım çalışmalarında mükemmel aderans yetenekleri ve yüksek durabilite nedeniyle ideal malzemelerdir. LMC'ların en çok kullanıldığı yerler yol kaplamaları, köprü tabliyeleri ve duvar kaplamalarıdır. Çünkü bunlar ince tabakalar halinde sürülebilirler. Eğilme dayanımları yüksektir. Rötire çatlamasına dayanırlar. Aşınma ve donma dayanımları yüksek, donmayı çözen tuzlara karşı dirençleri mükemmeldir. Lateksler kagır duvar harçlarında da işlenebilmeleri ve aderans yetenekleri bakımından aranan malzemelerdir (Mindess ve Young, 1981).

5.3. Polimer Emdirilmiş Betonlar (PIC)

Polimerle geliştirilmiş betonlar arasında en ilgi çekici olanı "PIC" grubudur. Prefabrike üretimde çok yüksek kaliteli PIC'lar elde edilmektedir. Ancak PIC'ların yerinde üretimi hususunda da önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. (Akman, 1987)

1960'lı yıllarda kullanılmaya başlayan polimer emdirilmiş betonlar (PIC) çok yüksek mukavemetlerin elde edilmesine olanak sağlamalarıyla hemen öne çıkmışlardır. 1969 yılında Brookhaven National Laboratory'de M. Steinberg, 28 günlük basınç dayanımı 85 Mpa olan bir özel betona Metil Metakrilat (MMA) emdirerek ve bunu beton boşluklarında polimerize ederek basınç dayanımını 268 Mpa'a yükseltmiştir. Bu sonuç klasik betonun normal olarak ulaşabileceği maksimum değer olan 150 Mpa'dan oldukça yüksektir. Konuyu dikkate alan ACI bu yeni malzemeleri incelemek ve geliştirmek

üzere 1971 yılında "Polymer in Concrete" teknik komitesini kurmuş, 1988 yılına kadar da 6 kongre düzenlemiştir (Akman, 1991).

PIC'larda önceden dökülmüş betonlara monomer emdirilmektedir. Proses'e bağlı olarak betonun en ince kılcal boşluklarına kadar nüfus eden, monomer burada katalizör yardımıyla polimerize olmaktadır. geçirimsiz, çok yüksek dayanımlı betonlar elde edilmektedir. Gerekli hallerde katalizör betona önceden emdirilebilir. Bu yöntemde sertleşmiş betonun kalitesi büyük önem taşımamaktadır. İstenilen monomerin kolayca emilebilmesi için düşük viskoziteli olmasıdır. Polimerizasyonun alkali ortamda gerçekleşmesi istenmez, çünkü polimer koagüle olabilir. Operasyonun başarısı emdirilen polimerin miktarına, yeterince derine nüfus etmesine, polimerizasyonun tam olarak gerçekleşmesine bağlı olmaktadır.

PIC'larda kullanılan monomer, büyük çoğunlukla metil metakrilat (MMA), katalizör benzoil peroksittir. Bunlara ek olarak muhtelif vinil monomerleri, epoksiler, oligomerik izosiyanatlar, ester akrilatlar ve kükürt ile de çalışmalar yapılmıştır. Ancak MMA en çok kullanılan monomerdur, onu vinil stiren monomeri izlemektedir. Polimer türleri, karışımları, miktarları üzerinde sürekli araştırmalar yapılmakta ve her yıl yeni yeni karışımlar geliştirilmektedir.

Aşağıda bu kombinasyonlardan bir kaçı verilmiştir:

- a- % 95 MMA, % 5 DOP (dioktil ftalat), % 0.5 ABN (Azabisizobütilnitril)
- b- % 89 MMA, % 1 BP (benzoil peroksit), % 10 TMPTMA (trimetilolpropan trimetakrilat)
- c- % 89 IDMA (izodesil metakrilat), % 1 BP, % 10 TMPTMA

PIC'ların prefabrike elemanlarda kullanımı çok daha etkin bir üretim prosesine imkan vermektedir. Ve sonuç çok daha başarılı olmaktadır.

Üretimde ilk aşama betonun iyice kurutulması, boşluklarının su ve havadan arındırılmasıdır. Monomer eriyiğinin emdirilmesi ise yüksek basınçla (8 atmosfer) daha kısa zamanda ve daha çok miktarda gerçekleştirilir. Prosesin ikinci aşaması polimerizasyondur. Termokatalitik yöntemle veya radyasyonla polimerizasyon aktive edilir. Radyasyon da genellikle Co^{60} izotopu kullanılıyor. Termik yöntemde en önemli sorun, uçucu nitelikteki MMA'nın buharlaşmasını önlemektir. En güvenilir yöntem polimerizasyonu 80°C sıcaklıktaki su altında yapmaktır.

İnşaat yerinde PIC elde etmede kısmi polimerizasyon uygulanmasına gitmek zorunludur. Elde edilen ürün fabrika ürünü kadar başarılı olmamakla beraber yeterli mukavemet ve kalite artışları sağlanmaktadır. Kısmi polimerizasyonda termokatalitik yöntem geçerlidir. Kurutma özel ısıtıcılarla sağlanmalı, emdirme basınçsız yapılmalıdır. Polimerizasyon sırasında sıcak buhar kuru tatbik edildiği sırada, ıslak kum serilerek buharlaşma önlenmelidir (Akman, 1991).

PIC'lar çok yüksek mukavemetleri yanında özellikle durabilite açısından çok değerli ürünler olmaktadır.

PIC'ların mekanik ve fiziksel özellikleri aşağıda çizelge 5.8' de verilmiştir.

Özellikler	Normal Beton	PEB (MMA)	PEB (Stiren)
Basınç Mukavemeti (MPa)	37	140	70
Çekme Mukavemeti(MPa)	2.8	11	5.8
Eğilme Mukavemeti(MPa)	5.2	18	---
Elastisite Modülü (Gpa)	24	44	44
Su Geçirimsizlik Kats.(m/sec)	5.3×10^{-8}	1.4×10^{-8}	1.5×10^{-8}
Su Emme (%)	6.4	0.3	0.7
Termik Genleşme Kats.(1/°C)	10×10^{-6}	9.5×10^{-6}	9.0×10^{-6}
Çelik Aderans Muk.(MPa)	1.7	3.8	4.1

Çizelge 5.8. Normal beton ve PIC'ların bazı özellikleri

PIC'ların gevrekliği normal betona oranla fazladır. Kırılma yükünün %70'ine kadar gerilme-deformasyon bağıntısı lineerdir. Jel yapının büyük ölçüde değişmesi ve serbest suyun yok olması sonucu ortaya çıkan bu davranışa paralel olarak PIC'larda hidrolik rötre ve sünme'de sıfıra indirgenmiştir. Su emme ve geçirgenlik özelliklerindeki iyileşme bu betonların sülfatlara dayanıklılığını artırdığı gibi klor iyon diffüzyonunu kısıtlayarak donatı korozyonunu da önlemektedir. Yapılan testler aşınma dayanımının 4 kat, asitlere dayanıklılığı 3 kat, dona dayanıklılığını 10 kat artabileceğini göstermiştir.

PIC'larda sağlanan mukavemet artışının 150 Mpa değerini kolaylıkla aşması, boşluk doldurma kriterlerinin bu ürünlerdeki mukavemet artışını açıklamaya yetmediğini göstermektedir. MMA'nın çimentodaki Ca iyonları ile birleşerek farklı bir ürün meydana getirdikleri görülmüştür. Bu Ca iyonları agrega-çimento veya çelik-çimento ara yerlerinde oluşan düşük mukavemetli Ca(OH)_2 kristallerinin esasını teşkil ederler. Böylece ara yerdeki zayıflık bertaraf edilmiş olur. Aynı sonuçlar Stiren'le yapılan deneylerde de tesbit edilmiştir. Şu halde bu kimyasal değişim sonunda geçiş çevresi kalitesi

mükemmel olmaktadır. İkinci bir durumda, beton içinde sürekli bir ağ teşkil eden ve karşılıklı bağ kuran polimer, betondan ayrı bir taşıyıcı iskelet de meydana getirmektedir. Bu iskeletin beton ögelerini daha iyi bağladığı unutulmamalıdır. PIC yöntemi, süper akışkanlaştırıcı ve silis dumanı ile elde edilecek yüksek mukavemeti daha da yükseltecek bir yöntem olarak belirmektedir.

PIC'ların küçük boyutlu elemanlara tatbik edilebilmesi ve yüksek sıcaklıklara duyarlı oluşları, uygulama alanlarını kısıtlamaktadır. Ülkemizde henüz yaygınlaşmayan bu betonlar dünyanın pek çok yerinde başarıyla tatbik edilmektedir. Köprü, hava alanı, hidrolik yapı onarımlarında, atık su tesislerinde kimyasal madde üreten kuruluşlarda, deniz yapılarında, jeotermal yapılarda çok sayıda başarılı uygulamalar mevcuttur. Amerika, Japonya, Rusya, v.b endüstri ülkelerinde PIC'lar aranılan malzemelerdir (Akman, 1991).

Polimer yanabilir malzeme olmakla beraber PIC'lar içinde dağıtılmış olduklarından yanmanın sürekliliğini sağlayamazlar, ancak zehirli gazların çıkmasına sebep olabilirler. Yangın geciktirici katkılar bu problemde yararlı olabilir. Asıl önemli sorun yüksek sıcaklığa maruz kalan PIC'ların mekanik özelliklerinin düşmesidir. Bu konu PIC'ların yüksek mukavemet istenen uygulamalarında önemli bir sınırlama sebebidir (Mindess ve Young, 1981).

PIC'larda sünmesinin, normal betonundaki değer 1/10'u olduğu söylenmektedir. Bu çok şaşırtıcı değildir. Çünkü monomer emdirilen önce betonun çok iyi kurutulmuş ve çimento hamurunda sünmeye yol açacak su kalmamıştır. Yüksek sıcaklıklarda polimerin yumuşaması sonucu sünmede artış olur (Mindess ve Young, 1981).

Bugüne kadar yapılan pek çok uygulamada PIC'ların durabiliteyi geliştirdiği anlaşılmıştır. Kapiler boşluklar polimerle dolu olduğu için zararlı kimyasal maddeler sadece dış yüzeye etkir ve derinlere giremez. Kısmi emdirmede benzer yararlar sağlanır. Kısmi emdirmede mekanik

mukavemetler az olabilir. Yine kısmi emdirmede dikkat edilmesi gereken husus üniform bir emme tabakasının oluşmasının sağlanmasıdır.

Durabilitenin iyileştirilmesinde diğer bir husus da polimer emdirilmeden önce betonun iyice kurutulmasıdır. Bu betonlarda donma çözünme mukavemeti çok yüksektir, çünkü donacak su kalmamıştır. Öte yandan hava sürüklenmiş boşlukların tümü dolacağından hava sürüklenmiş betona ihtiyaç kalmaz, ama kısmi emdirmede bir miktar hava sürüklenmesi gerekebilir. Her ne kadar Çizelge 5.9. da durabilite sonuçları çok çarpıcı ise de henüz uzun yıllar sonunda ne olacağını gösteren veriler yoktur. Arazi ve laboratuvar testleri bu bilgiyi sağlamak açısından gereklidir (Mindess ve Young, 1981).

Özellikler	Normal Beton	PEB (MMA)	PEB (Stiren)
-Donma Çözünme Tekrar Sayısı	740	2650	5440
-Ağırlık Kaybı%	25	2	21
-Sülfat Etkisi			
Gün Sayısı	48	720	630
-Genleşme%	0.488	0.006	0.003
-Asite Direnç %15 Hcl			
Gün Sayısı	105	805	805
-Ağırlık Kaybı %	27	9	12
-Aşınma Direnci			
Aşınma Derinliği mm	1.25	0.38	0.93
-1000 gr Darbede	14	4	9
Ağırlık Kaybı %			

Çizelge 5.9. Polimer Emdirilmiş Betonların Durabilitesi

Polimer emdirilmiş betonların kalınlığı fazla olduğu zaman radyasyon yönteminde gama ışınları ile polimerizasyonda zorluk çıkabilir. Çünkü betonun gama ışınlarını emmesi (absorbe etmesi) tehlike doğurabilir. İkinci bir sakıncası da polimerize olmayan monomer ayrılmaya neden olabilecek ve belki de sulu çimento hamuru ile reaksiyona girebilecektir.

Bununla beraber bir çok uygulamada betonun yüzey tabakasındaki polimerizasyon elverişli olur. Bu tabaka kimyasal ve mekanik etkilere karşı bir koruma sağlayabilmektedir (Neville,1981)



6. DENEYSEL ÇALIŞMA

6.1. Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzeme Ve Özellikleri

6.1.1. Agregat

Agregat olarak, Elazığ Palu Yeniköy Ocağından elde edilen doğal agregat kullanılmıştır. Bu agregata ait özellikler şu şekilde belirlenmiştir.

Birim Ağırlık kg/dm ³		Özgül ağırlık kg/dm ³		Su Emme		Aşınma		Don Kaybı	200 Nolu Elekten % Geçen	Organik Madde
Gevşek	Sıkışık	Kum	Çakıl	Kum	Çakıl	100D	500D	Çakıl		
2.08	2.15	2.17	2.75	1.4	0.77	2.12	16.6	1.83	2	Hafif Sarı

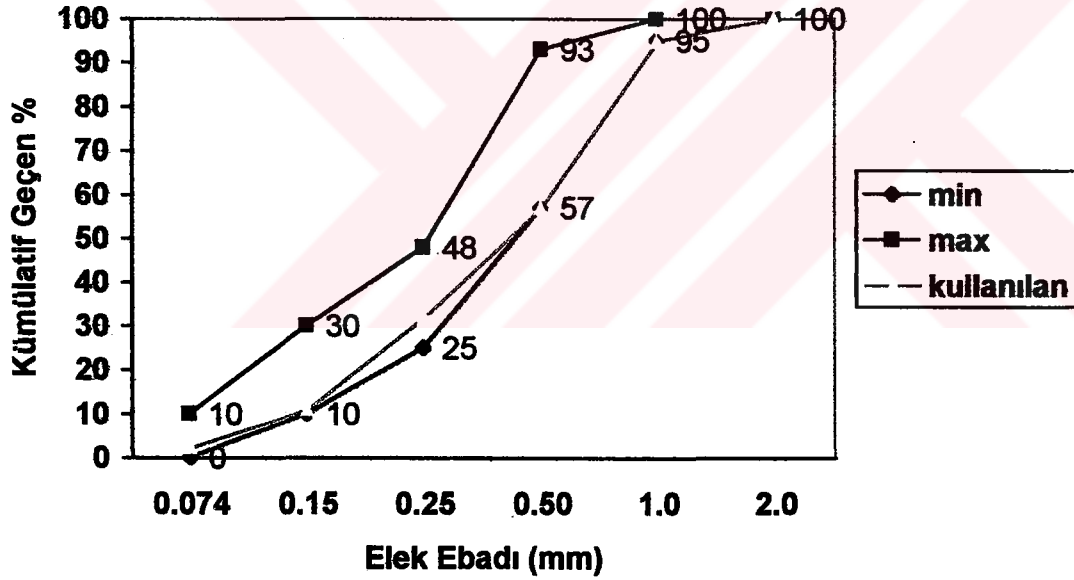
Çizelge 6.1. Agreganın Genel Özellikleri

6.1.1.1 Kumun Granülometrisi

Prepakt betonun harcında kullanılan kumun granülometrisi aşağıdaki gibidir.

Elek Ebadı (mm)	2.0	1.0	0.50	0.25	0.15	0.074
Küm. Geçen (%)	100	95	57	32	11	2.24

Çizelge 6.2. Kumun Granülometrisi



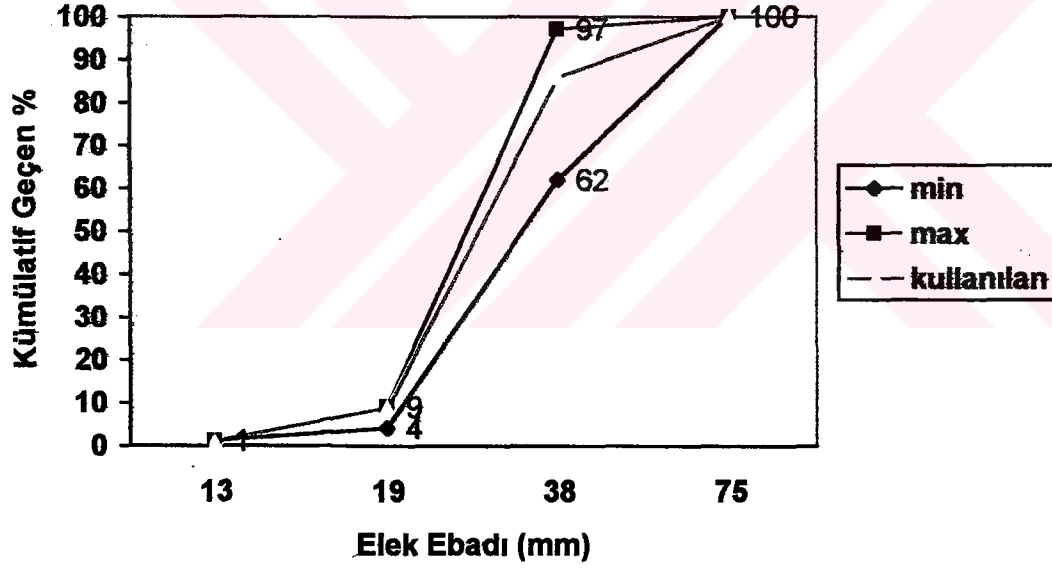
Şekil 6.1. Prepakt Beton Harç Kumunun Granülometri Eğrileri

6.1.1.2. Çakılın Granülometrisi

Prepakt betonun iskeletini oluşturan kaba agreganın granülometrisi aşağıdaki gibidir.

Elek Ebadı (mm)	75	38	19	13
Küm. Geçen (%)	100	86	9	1

Çizelge 6.3. Çakılın Granülometrisi



Şekil 6.2. Prepakt Beton Kaba Agrega Granülometri Eğrileri

6.1.2. Çimento

Deneysel çalışmada kullanılan çimento, TS 10156'ya uygun KPÇ 32,5 Elazığ Çimentoşudur.

6.1.3. Filler

Elazığ Ferrochrom işletmesinden elde edilen silis dumanı kullanılmıştır. Kullanılan fillerin maksimum tane çapı 0.074 mm 'dir.

6.1.4. Polimer

Bu çalışmada polimer olarak epoksi kullanılmıştır. Kullanılan epoksi ön polimer ve katalizör olmak üzere iki bileşenden oluşuyor. Sika ürünü olan bu malzemenin özellikleri şöyledir:

Yüksek dayanımlı epoksi reçine esaslı iki bileşenli, solventsiz, düşük viskoziteli enjeksiyon sıvısıdır. Hem kuru, hem de nemli koşullarda uygulanabilmektedir. Düşük sıcaklıklarda da kullanılabilir. Değişik iklim şartları için iki ayrı tipi mevcuttur. Yüksek mekanik dayanıma sahip olan bu epoksi aynı zamanda iyi bir yapıştırıcıdır. Sert fakat kırılgan değildir. Viskozitesi çok düşüktür. Yoğunluğu ~1.1 kg/l'tir. İki bileşenli epoksi reçinasının karışım oranı ağırlık ve hacimce A:B=2:1' dir. Burada A ile Ön polimer, B ile sertleştirici ifade edilmektedir.

6.2. Prepakt Beton Numunelerin Hazırlanması

6.2.1. Çimento bağlayıcılı prepakt beton numunelerin hesabı

Bu numunelerin hazırlanmasında Çimento/Kum oranı 0.50, Su/Çimento oranı 0.56 olarak alınmıştır. Çimento ağırlığının %1 kadar silis dumanı kullanılmıştır. Prepakt betonun dayanım ve dayanıklılıkları tespit edilmeye çalışılırken standart 15/30 boyutunda silindir numuneler kullanılmıştır.

6.2.2. Polimer bağlayıcılı prepakt betonda kullanılan polimerin hesabı

Agrega tanelerinin taşıyıcı bir iskelet gibi davranabilmeleri için, çok sağlam bir şekilde, birbirlerine bağlı olmaları gerekir. Bunun için çevrelerinin bir bağlayıcı tarafından bir film tabakası gibi sarılmış olması gerekir. Ayrıca dane boyutu arttıkça bu film tabakasının kalınlığının artması gerekir. Çünkü yapılan deneyler dane boyutu arttıkça danelerin daha büyük kuvvetlerin etkisi altında kaldığını göstermiştir. İşte bu düşünceden hareketle çimento esaslı betonlar için Bolomey formülü geliştirilmiştir. Formül aşağıda gösterilmiştir.

$$W = \frac{N \times q}{\sqrt[3]{d_1 \times d_2}} \quad (6.1)$$

Burada W kg cinsinden, boyutları d_1 ve d_2 taneleri arasında bulunan q kg agrega taneleri için gerekli su miktarını vermektedir. N bir katsayı olup plastik kıvam ve yuvarlak taneli agregalar için 0.095 değeri kullanılabilir. Bolomey formülü boyutları 0.25 mm'den küçük taneler için uygulanmaz. Bu grup taneler için ağırlıklarının % 23'ü kadar su kullanmak kafidir (Postacıoğlu, 1987).

Bolomey formülü su için verilmiştir. Bu formülden çıkan kg cinsinden su miktarı m^3 'e çevrilerek, polimerler bağlayıcılı prepakt betonlarda polimer miktarının hesaplanmasında kullanılacaktır.

Bolomey formülünde d_1 ve d_2 ile ifade edilen agrega boyutları dairesel delikli eleklerle saptanan değerlerdir. Agreganın granülometri bileşimi örgü eleklerle belirlendiği için d_1 yerine $1.25d_1$ ve d_2 yerine $1.25 d_2$ yazılır. Bu suretle formül ;

$$W = \frac{N \times q}{\sqrt[3]{1.56 \times (d_1 \times d_2)}} = \frac{N \times q}{1.16 \times \sqrt[3]{d_1 \times d_2}} \quad (6.2)$$

şeklini alır.

Bu formül 0.25 mm 'den büyük taneler için kullanılırsa gerekli olan su miktarı hesaplanır. Yukarıda bahsedildiği üzere 0.23 mm'den küçük taneler için gerekli su miktarı ağırlıklarının % 23'ü kadardır (Postacıoğlu, 1987).

Yapılan hesaplar sonunda gerekli su miktarı $W=0.552$ kg olduğu görülür. Bu su miktarı m^3 'e çevrilerek kullanılacak polimerin ağırlığı hesaplanır.

$$W_{\text{polimer}} = 0.552 \times 1.1 = 0.607 \text{ kg}$$

6.2.3. Polimer bağlayıcılı prepakt beton numunelerin hesabı

Bu numunelerin hazırlanmasında iri ve ince agrega miktarı, çimento bağlayıcılı numunelerde kullanılan miktarla aynıdır. Numunelerin hazırlanmasında polimer beton döküm yöntemlerinden, kuru paket yerleştirme yöntemi kullanılmıştır.

6.3. Beton Basınç Dayanım Deneyi

6.3.1. Deney metodu :

Taze betondan alınan silindir veya küp şekilli numunelerin belirli (kural olarak 28 günlük) yaştaki basınç dayanımı, kırılma yükünün basınç yüzeylerine bölünmesi ile hesaplanır (TS 3114,1978)

6.3.2. Aygıtlar ve yardımcı gereçler

a- Deney presi: Kapasitesi deney numunelerini kırmaya yeterli olmalı ve kırılma yükünün en az %1'ini gösterecek duyarlılıkta olmalıdır. Yükleme devamlı olmalı, darbe etkili olmamalıdır. Yükleme hızı hidrolik çalışan preslerde (deneylerde bu tür pres kullanılmıştır) saniyede $1,5-3,5 \text{ kgf/cm}^2$ ($0,15-0,35 \text{ N/mm}^2$), deformasyon kontrollü (sonsuz vidalı tip) preslerde $1,3 \text{ mm/dak.}$ olmalıdır. Deney numunesinin yerleştirileceği kısım, yeterli genişlikte olmalıdır.



Resim 6.1. Deney Basınç Presi

b- Deney numune kalıpları : Kalıp olarak standart silindir kalıplar kullanılmıştır. Çap $d=15$ cm, yükseklik $h=30$ cm olup kalıplar kullanılmaları sırasında boyutlarının sabit kalmasını sağlayacak rijitlikte ve kesinlikle sızdırmazlığı sağlanmıştır.



Resim 6.1. Deney Basınç Presi

b- Deney numune kalıpları : Kalıp olarak standart silindir kalıplar kullanılmıştır. Çap $d=15$ cm, yükseklik $h=30$ cm olup kalıplar kullanılmaları sırasında boyutlarının sabit kalmasını sağlayacak rijitlikte ve kesinlikle sızdırmazlığı sağlanmıştır.

6.3.3. Deneyin yapılışı

Deney numuneleri, kür odasından çıkarıldıktan sonra önce tartılarak yaklaşık birim hacim ağırlıklar saptanır. Daha sonra, boyutları 1 mm duyarlılıkla ölçülür.

a- Deney numunelerine aşağıda belirtilen şekilde başlıklama yapılır.

Kükürt, kükürt – grafit veya kükürt – uygun filler karışımında yapılan başlık.

Kükürt başlıklamada % 100 kükürt tozu kullanılır. Kükürt – grafit tozundan yapılan başlıklamada ise yaklaşık % 70 kükürt, %30 grafit veya uygun filler kullanılmaktadır.

Kükürt ve uygun fillerden meydana gelen karışım özel bir kap içerisinde 125 °C 'ye kadar ısıtılır. Ergiyen karışım özel olarak cam veya metalden yapılmış ortası silindir tabanının kolayca oturabileceği kadar derinleştirilmiş (ki bu derinlik yaklaşık olarak 12 mm'dir) bir plakaya dökülür. Silindir numunenin başlık yapacak yüzü bu karışımın üzerine silindir eksenine düşey olacak şekilde oturtulur ve soğuyup sertleşmesi beklenir. Sonra diğer yüz başlıklanır. Deney numunesi, aradan en iki saat geçmeden deneye tabi tutulur.

b- Deney presinin alt bloku iyice temizlenir. Silindir deney numuneleri alt yüzü (küp kullanıldığı dökme yönüne dik yüzlerden biri) alt blok üzerine düşey olarak yerleştirilir.

c- Deney numunesi yavaş yavaş oynatılarak, düşey ekseninin pres üst başlık blokunun merkezi ile çakışması sağlanır.

d- Yüklemeye, sabit bir hızla ve darbe etkisi yapmayacak tarzda, deney numunesi kırılıncaya kadar devam edilir.

e- Yükleme hızı kuvvet kontrollü preslerde saniyede $(1.5- 3.5)\text{kgf/cm}^2$ $(0.15 - 0.35 \text{ N/mm}^2)$ deformasyon kontrollü preslerde 1.3 mm/dak. olmalıdır.

f- Deney numunesinin kırıldığı andaki pres ibresinin gösterdiği yük okunur. (F_k)

g- Basınç dayanımı aşağıdaki bağıntıya göre ve tam sayıya yuvarlatılarak bulunur.

$$f_c = \frac{F_k}{A} \quad (6.3)$$

Burada ;

f_c = Deney numunesinin basınç dayanımı (N/mm^2)

F_k = Kırılma yükü (N)

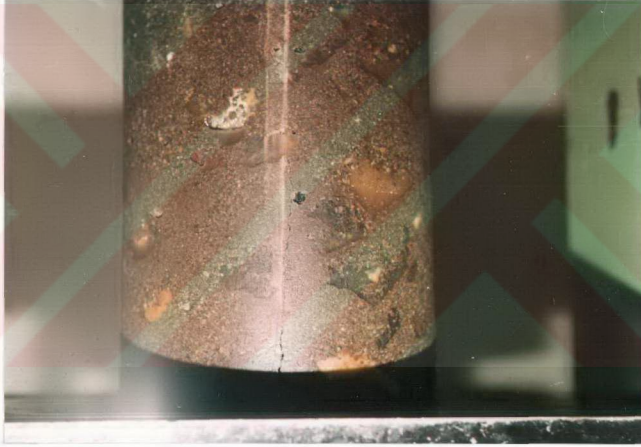
A = Deney numunesi kesit ortalama alanı (mm^2)

Numune No	Kırılma Yüğü F_k (kg)	28 günlük silindir dayanım $f_c(\text{N/mm}^2)$
1	31800	18.0
2	31200	17.7
3	33600	19.0

Çizelge 6.4. Çimento bağlayıcılı prepakt betonda basınç dayanım değerleri

Numune No	Kırılma Yüğü (kg)	28 günlük silindir dayanım (N/mm ²)
1	95000	53.8
2	98400	55.7
3	102100	57.8

Çizelge 6.5. Polimer bağlayıcılı prepakt betonda basınç dayanım değerleri



Resim 6.2. Polimer Bağlayıcılı Prepakt Beton Numunenin Basınç Kırılması

6.4. Betonda Yarmada Çekme Dayanımı Tayini Deneyi (Silindir Yarma Metodu)

6.4.1. Deney metodu

Polimer bağlayıcılı prepakt beton deney numuneleri ile çimento bağlayıcılı prepakt beton deney numuneleri üzerinde yarma metodu ile çekme dayanımının tayin edilmesidir (TS 3129, 1978).

6.4.2. Deney aygıtları ve gereçleri

a) Kalıplar : Saçtan veya iç yüzü su sızdırmayacak bir tabaka ile kaplanmış, numune alınması sırasında şekil değiştirmeyecek kadar sağlam bir malzemeden yapılmış, iç çapı 100, 150, 200, 250 veya 300 mm olan silindir şeklindeki kalıplardan herhangi biri.

b) Deney presi : Deney numunelerini kırmaya yeterli kapasitede yükleme hızı saniyede 1.5 – 3.5 kgf /cm² olan deney presi.

c) Silindir Çap Çizme Düzeneği : U çeliğinden yapılmış ve üzerinde kayabilen işaretleme sürgüsü bulunan düzenek.

d) Kontrplak bantlar : Silindir alt ve üst temas noktalarına konan 2 mm kalınlığında 300 mm genişliğinde ve en az deney numunesi uzunluğunda kontrplak bantlar.

6.4.3. Deney yapılışı

Deney numunesi, paralel iki düzlem içine konarak eksene göre simetrik iki doğrultmanı çizilir. Bu doğrultmanlar üzerinde uçlara yakın iki yerden ve bir de ortadan olmak üzere 0.1 mm duyarlıkta üç çap ölçümü yapılır. Sonra üç ölçümün aritmetik ortalaması alınarak ortalama çap bulunur(d).

Deney numunesinin uzunluğu ise 0.1 mm duyarlıkta aritmetik ortalama alınarak bulunur (h).

Silindirlerin her iki taban yüzüne çap işaretlemesi, çap çizme düzeneği ile yapılır. Bunun için silindirler 100 mm'lik bir U profil çeliği üzerine oturtulur. U profili boyunca serbestçe hareket edebilen bir sürgüye yerleştirilmiş olan "A" çubuğu, silindir taban yüzüne değdirilir. Bu çubuk içinde bulunan 1.5 mm genişliğinde yarıktan, silindir taban yüzü merkezinden geçen silindirin çapı çizilir.

Deney silindiri pres tablasına yerleştirilirken, çizilmiş bulunan silindir çap çizgisinin tam düşey olmasına dikkat edilir. Gerekğinde uzatıcı plakalar kullanılır. Deney silindiri alt ve üst yan yüzüne kontrplak bantlar konarak deneye başlanır. Deneyden sonra bu kontrplak bantlar tekrar tekrar kullanılmamalıdır.

Deney numunesine, presin hızı devamlı ve darbesiz olarak saniyede (1.5 – 3.5) kg/cm² olacak şekilde, deney silindiri kırılıncaya kadar arttırılır ve kırılma anında deney presi kadranındaki en büyük değer okunur (P).

Deney numunesinin silindir yarma metoduna göre silindir yarma çekme dayanım değeri aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\sqrt{\sigma_c} = \frac{P}{\pi \times \frac{d}{2} \times h} \quad (6.4)$$

Burada:

$\sqrt{f_{yc}}$ = Silindir yarma çekme dayanımı (kg/cm^2)

P = Deney presinde kırılma anındaki en büyük yük (kg)

h = Silindirin ölçülen boyu (cm)

d = Silindirin ölçülen çapı (cm)

Numune No	Kırılma Yüğü P (kg)	Silindir Yarma Çekme Dayanımı $f_{yc}(\text{N/mm}^2)$
1	13500	1.91
2	12800	1.81
3	13100	1.85

Çizelge 6.6. Çimento bağlayıcılı prepakt betonun silindir yarma çekme dayanım değerleri

Numune No	Kırılma Yüğü P (kg)	Silindir Yarma Çekme Dayanımı $f_{yc}(\text{N/mm}^2)$
1	28000	3.96
2	28750	4.07
3	29200	4.13

Çizelge 6.7. Polimer bağlayıcılı prepakt beton silindir yarma çekme dayanım değerleri



Resim 6.3. Polimer Bağlayıcılı Prepakt Betonun Silindir Yarma Deneyi ile Çekme Kırılması

6.5. Çabuk Donma ve Çözülme Koşulları Altında Betonda Dayanıklılık Faktörü Tayini

6.5.1. Deney metodu

Çabuk donma ve çözülme deneyi, çözülme sıcaklığından donma sıcaklığına ve tekrar çözülme sıcaklığına geçişin, en az iki en çok dört saatte gerçekleştiği deneydir (TS 3449, 1980).

6.5.2. Aygıtlar ve yardımcı gereçler

a) Donma çözülme aleti : En az 15 beton deney numunesine çabuk donma çözülme için gerekli şartları sağlayacak kapasitede olmalıdır.

b) Sıcaklık Denetim Araçları : Numune hücresi veya donma çözülme aleti içindeki numunelerin bulunduğu bölümdeki sıcaklığı dışarıdan + 1 °C duyarlı okumak için alete veya numuneye veya hücrelere monte edilebilen çeşitli termometre ve termočiftlerdir.

c) Teraziler : Deney numunesi ağırlığından yaklaşık % 50 daha büyük çekerli ve çekerinin % 0.1' ine duyarlılıkta bir terazi.

6.5.3. Deneyin yapılışı

Numuneler, donma çözülme aletinin numune hücrelerine yerleştirilir. Numuneler hücrelere yerleştirilmeden önce, hücrelerin içi temiz su ile yıkanmalı ve içerisine numuneleri 3 mm kadar örtecek miktarda su konulmalıdır.

Donma sıcaklığı - 18°C + 2°C sıcaklıktır.

Çözülme sıcaklığı 5°C + 2°C sıcaklıktır.

Numunelere, donma çözülme aşamaları birbirini izleyerek uygulanır. Bu şekilde 30 devir sayısına erişen numuneler donma çözülme aletinden çıkarılarak, boyut ve ağırlıkları belirlenir. Numunelerde bozulma olup olmadığı saptanır.

Numune No	İlk Ağırlık (kg)	30 Devir donma Çözülme Sonrası Ağırlık (kg)	Kayıp %
1	12.840	12.150	5.4
2	12.680	11.870	6.4
3	12.710	11.930	6.1

Çizelge 6.8. Çimento bağlayıcılı prepakt beton çabuk donma çözülme değerleri

Numune No	İlk Ağırlık (kg)	30 Devir donma Çözülme Sonrası Ağırlık (kg)	Kayıp %
1	12.950	12.860	0.7
2	13.000	13.000	0
3	13.140	13.020	0.9

Çizelge 6.9. Polimer bağlayıcılı prepakt beton çabuk donma çözülme değerleri

6.5. Sertleşmiş Betonda Su Emme Oranı Tayini

6.6.1. Deney metodu

Sertleşmiş betonun su emme oranı, betonun etüv kurusu ağırlığı ile suya doygun ağırlığı arasındaki farktan yararlanılarak belirlenir (TS3624,1981).

6.6.2. Aygıtlar ve gereçler

a) Terazı : En az 5 kg çekerli ve 0.1 gr duyarlı.

b) Su kabı : Deney numunelerini su içinde tutmak için yeterli büyüklükte su kabı.

c) Etüv : En az 6 adet deney numunesini içine alacak büyüklükte, yeterli hava dolaşımı olan ve 20°C – 110°C arasında $\pm 2^\circ\text{C}$ duyarlılıkta istenilen sıcaklıkta tutulabilen bir etüv.

6.6.3. Deneyin Yapılışı

Laboratuarda hazırlanan deney numuneleri deney yaşına kadar standart kürde tutulur.

Deney numuneleri tartıldıktan sonra 100°C–110°C arasındaki sıcaklıkta bir etüvde 24 saat kurutulur.

Etüvden çıkarılan deney numuneleri kuru havada tartılır, birbirini izleyen bu iki tartım arasındaki fark küçük ağırlığın %0.5'inden fazla ise numuneler yeniden 24 saatlik kuruma süreci için etüve konur. Bu işleme iki tartım arasındaki fark küçük ağırlığın %0.5'inden daha küçük bir değere ininceye kadar devam edilir. Ve bu noktaya erişildikten sonraki kuru ağırlık saptanır. Bu değer "A" ile gösterilir.

Belirtilen şekilde etüv kurusu ağırlığı saptanmış numuneler 20~25°C'ye kadar soğutulduktan sonra $21 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki su içine batırılır. Numune su içinde 24 saat bekletilir ve bu sürenin sonunda sudan çıkarılan numunelerin ıslaklığı alınarak tartılır, tekrar suya konulur. 24 saat

sonra tekrar sudan çıkarılarak tartılır ve bu işleme iki tartım arasındaki fark büyük ağırlığın %0.5' inden az oluncaya kadar devam edilir. Bu aşamaya gelindikten sonra ölçülen ağırlık doymuş kuru yüzeyli numune ağırlığı olarak kaydedilir ve "B " ile gösterilir.

$$ml = \frac{B - A}{A} \times 100 \quad (6.5)$$

formülünden bulunur.

Burada ;

A = Numunenin kuru ağırlığı

B = Numunenin doymuş kuru yüzey ağırlığı

ml = Ağırlıkça su emme oranı

Numune No	Kuru Ağırlık (kg)	Doymuş Ağırlık (kg)	Su Emme Oranı %
1	12.840	13.100	2.02
2	12.680	13.000	2.52
3	12.710	12.980	2.12

Çizelge 6.10. Çimento bağlayıcılı prepakt betonun su emme oranları

Numune No	Kuru Ağırlık (kg)	Doygun Ağırlık (kg)	Su Emme Oranı %
1	12.950	12.910	0.3
2	13.000	13.000	0
3	13.140	13.060	0.6

Çizelge 6.11. Polimer bağlayıcılı prepakt betonun su emme oranları

6.7. Betonun Sürtünme ile Aşınmaya Dayanıklılık Tayini (Böhme Metodu)

6.7.1. Deney metodu

Bir beton deney numunesi, zımpara tozu vasıtası ile aşınmaya tabi tutulur. Ortaya çıkan aşınma kaybı her deney yüzeyi için hacimsel veya ağırlıksal kayıp olarak belirlenir (DIN 52108,1968).

6.7.2. Aygıtlar ve yardımcı gereçler

- a. Böhme yüzeysel aşındırma cihazı
- b. Tas testeresi
- c. Etüv
- d. Kumpas
- e. Duyarlı terazi: 2 kg çekerli 0.1 g duyarlı
- f. Mikrometre: kalınlık kaybını ölçmek için
- g. Standart zımpara tozu

- h. Küçük kürek
- i. İnce cetvel

6.7.3. Deneyin yapılışı

- a. Aynı beton karışımına sahip üç değişik numune veya betondan alınan parçalar, deney uygulanacak boyutları, 71 mm x 71mm x 71mm (yaklaşık yüzey alanı $50 \text{ cm}^2 + 2 \text{ cm}^2$) olacak şekilde kesilerek hazırlanır.
- b. Deney yüzeyi ile karşılarındaki yüzeyin eğrilik ve paralellik kontrolü yapılır, gerekiyorsa traşlanır.
- c. Numuneler etüvde kurutularak etüv kurusu haline getirilir ve aşındırma yüzeyi kenarları 1'den 4'e kadar numaralandırılır.
- d. Numune deney yüzeyi aşağı gelecek şekilde tutma düzeneğine yerleştirilir ve dikey yöndeki hareketi engellenmez.
- e. Tutma düzeneğindeki klama vidası ile yükleme kolundaki baskı pistonu numune merkezine getirildikten sonra sabitleştirilir. Numune ortasının döner diskin merkezine olan uzaklığı 22.0 cm olması sağlanır.
- f. Baskı pistonu yüksekliği, yükleme kolu yatay olacak şekilde ayarlanır.
- g. Cihazın fırçaları (zımpara tozunu ortaya toplar) amaca uygun biçimde deney numunesine yaklaştırılır.
- h. Yükleme kolu sonuna 6 kg yüklenir (5kg.ağırlık+1kg.askı düzeneği). Bu şekilde numune 300 N+3 N (30 kgf + 0.3 kgf) ile yüklenmiş olur.
- i. Cihaz orta aksındaki otomatik sayaç düzeneği sıfıra getirilir.

- j. Sürtünme yolu üzerine 20 g standart zımpara tozu homojen şekilde yayılır.
- k. Cihaz çalıştırılır. Döner diskin 22 devri 1 periyot olarak alınır. Kural olara numunenin deney yapılan yüzeyine 16 periyotluk aşındırma uygulanır.
- l. Deney numunesi üzerine 1 periyotluk aşındırma yapıldıktan sonra cihaz otomatik olarak durur.
- m. Deney numunesi gevşetilir, zımpara tozu ve dökülen parçalar disk üzerinden alınarak disk ve deney numunesi yüzeyi temizlenir.
- n. Tekrar disk üzerinde sürtünme yoluna 20 g standart zımpara tozu homojen olarak yayılır.
- o. Numune saat eksenini yönünde ve düşey eksenini etrafında 90° döndürülür ve deney tekrar edilir. Bu işlem işaretlenen kenarların her birinin döndürülmesi sonucunda toplam 4 kere yapılır ve sonunda numune temizlenerek tartılır.(88 devir)
- p. Deney yöntemi aynı biçimde 3 kez daha tekrar edilerek aşındırma yüzeyine 16 periyot (352 devir) uygulanmış olur. Sonuçta kalınlıklar saptanır. Her 4 periyot sonunda ağırlık saptanır.
- q. Deney sonrasında ağırlık kaybı (hacimsel kayıp) veya kalınlık kaybı olarak numunedeki kayıp hesaplanır.

1- Aşınma dayanımı kalınlıktaki azalmanın ölçülmesi yolu ile belirlenecekse deneye başlamadan önce numunenin aşınacak yüzeyi belirtilen 9 noktada mikrometre ile mm duyarlılıkta ölçülür. Numunenin sürtünme ile aşındırılması yüzeyi (16 periyot sonunda) iyice temizlendikten sonra yukarı gelecek şekilde ölçü masasına konur ve belirtilen 9 noktadan kalınlık 0.01 mm duyarlılıkta mikrometre ile ölçülür bu ölçümlerin aritmetik ortalaması alınarak deney numunesi kalınlığı bulunur.

Aşınma yüzeyinin kenarları da 0.1 mm duyarlıkta ölçülür ve bu yüzün alanı 0.01 cm^2 'ye yuvarlatılarak hesaplanır.

Kalınlıktaki azalmanın ölçülmesi ile aşınma kaybı şu bağıntıya göre hesaplanır.

$$e = l_{0m} - l_{16} \quad (6.6)$$

Burada ;

e = Ortalama kalınlık kaybı (mm).

l_{0m} = Deney başlangıcında numunenin belirtilen 9 noktada ölçülen kalınlığın aritmetik ortalaması (mm).

l_{16} = Deney sonunda numunenin belirtilen 9 noktada ölçülen kalınlığın aritmetik ortalaması (mm).

2- Aşınma dayanımı hacim azalmasının ölçülmesi yolu ile belirlenecekse (tartma suretiyle) deneyden evvel yapıldığı gibi numune 0.1 g duyarlıkta tartılır.

Hacimsel kayıp aşağıdaki bağlantıdan hesaplanır.

$$\Delta v = \frac{\Delta_m}{Q_R} \quad (6.7)$$

Buna göre kalınlık kaybı da diğer bir şekilde şu bağıntıya göre hesaplanır.

$$\Delta_1 = \frac{\Delta_m}{Q_R \times e} = \frac{\Delta_v}{e} \quad (6.8)$$

Burada ;

Δ_1 = Ortalama kalınlık kaybı (cm).

Δ_v = Hacimsel kayıp

Δ_m = 16 periyot sonundaki ağırlık kaybı (gr)

Q_R = Numune birim hacim ağırlığı (veya çok tabakalı numunede aşınan tabaka birim hacim ağırlığı alınır gr/cm³)

$e = 50 \text{ cm}^2$



Beton Sürtünme İle Aşınmaya Dayanıklılık Tayini (Böhme Metodu)											
DENEY KAYIT VE HESAPLAMA FORMU											
Numune No	BOYUTLAR (mm)			Alan cm ²	Birim Ağırlık	Deney Başlangıcı	AĞIRLIK (g)			Aşınma Kaybı g	cm/50
	Uzunluk	Genişlik	Yükseklik				88	176	264		
1	71	71	71	50.41	2.69	962.20	960.70	959.10	958.30	957.90	4.3
2	71	71	71	50.41	2.68	960.80	959.20	958.60	957.80	956.0	4.8
3	71	71	71	50.41	2.70	965.60	964.60	962.90	961.70	960.40	5.2

Çizelge 6.12. Çimento bağlayıcılı prepakt betonun aşınma deneyi sonuçları

Beton Sürtürme İle Aşınmaya Dayanıklılık Tayını (Böhme Metodu) DENEY KAYIT VE HESAPLAMA FORMU											
Numune No	BOYUTLAR (mm)			Alan cm ²	Birim Ağ.	Deney Başlangıcı	AĞIRLIK (g)			Aşınma Kaybı	
	Uzunluk	Genişlik	Yükseklik				88	176	264	352	g cm/50
1	71	71	71	50.41	2.52	900.20	899.80	899.05	898.80	898.35	1.85 0.015
2	71	71	71	50.41	2.54	910.75	910.00	909.80	909.15	908.65	2.10 0.018
3	71	71	71	50.41	2.57	921.30	921.00	920.20	919.00	919.55	1.75 0.014

Çizelge 6.13. Polimer bağlayıcılı prepat betonun aşınma deneyi sonuçları

7. ÇİMENTO BAĞLAYICILI VE POLİMER BAĞLAYICILI PREPAKT BETONLARIN EKONOMİK ANALİZİ

Beton ve betonarme malzemeleriyle üretilen yapı elemanlarının ömrü oldukça uzun bir süre olarak hedeflenmektedir. Yapı ömrü yapının önemi ve kullanım yerine göre değişmesine rağmen bu sürenin çok fazla olması ve arttırılmaya çalışılması yapı mühendisliğinin gayelerindendir. Kullanıldıkları süre içerisinde iç ve dış etkiler altında kalan yapılar, önemli onarıma ihtiyaç göstermeden, betonun kendinden beklenen işlevi yerine getirmesi uzun vadede kazanç olarak görülür.

Polimerlerin fiyatları, betonu oluşturan diğer ana malzemelere göre pahalı gibi görülmektedir. Maliyet dayanım ilişkisi esas alınarak yapılan değerlendirmede polimer betonların normal betonlara göre oldukça müspet nitelikler taşıdığı tespit edilmiştir.

Bu nedenle günümüzde, özellikle inşaat sektörünün ileri olduğu ülkelerde önemlilik arz eden yapı elemanlarında polimerli betonlar tercih edilmektedir.

Polimer bağlayıcılı betonların, çimento bağlayıcılı betonlara göre mekanik yönden ne kadar iyi sonuçlar verdiği çalışmanın altıncı bölümünde incelendi ve görüldü. Bu bölümde ise 1 m³ prepakt betonun bağlayıcı olarak çimentonun kullanılmasıyla yapılan harcamalar ile bağlayıcı olarak polimer kullanılması halinde yapılan harcamalar ayrı ayrı incelenecektir.

Maliyet yönünden yapılan bu incelemelerde T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı birim rayiçleri esas alınmıştır.

Malzeme adı	Birimi	Miktarı	Fiyatı	Tutarı
Granülometrik Çakıl	m ³	0.690	1083000	736440
Granülometrik Çakıl	m ³	0.130	1161000	150930
Çimento	Ton	0.350	7472000	2615200
Su	m ³	0.182	380000	69160
Beton Sulama Suyu	m ³	0.400	380000	152000
Toplam				3723730 TL
				12\$

Çizelge 7.1. 1 m³ çimento bağlayıcılı prepakt betonun malzeme giderleri

İşçilik Giderleri	Birimi	Miktarı	Fiyatı	Tutarı
Düz İşçi	sa.	5.50	193500	1064250
İnşaat yerindeki yükleme yatay ve düşey taşıma, boşaltma, düz işçi	"	2.50	193500	483750
Beton Ustası	"	0.50	295700	147850
Betoniyer	"	0.25	1197816	299454
Vibratör	"	0.15	315004.5	47401
Toplam				2042705 TL
				7\$

Çizelge 7.2. 1 çimento bağlayıcılı prepakt betonun işçilik giderleri

Malzeme Adı	Birimi	Miktarı	Fiyatı	Tutarı
Granülometrik Çakıl	M ³	0.680	1083000	736440
Granülometrik Kum	M ³	0.130	1161000	150930
Polimer	Kg	114.53	3000000	343590000
Toplam				344477370 TL
				1130\$

Çizelge 7.3. 1 m³ polimer bağlayıcılı prepakt betonun malzeme giderleri

İşçilik Giderleri	Birimi	Miktarı	Fiyatı	Tutarı
Düz İşçi	sa.	5.50	193500	1064250
İnşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltım, düz işçi	"	2.50	193500	483750
Vibratör	"	0.15	315004.5	47401
Betoniyer	"	0.25	1197816	299454
Beton Ustası	"	0.50	295700	147850
Toplam				2042705 TL
				7\$

Çizelge 7.4. 1 m³ polimer bağlayıcılı prepakt betonun işçilik giderleri

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Beton çağımızın en önemli ve en çok kullanılan yapı malzemesidir. Bu kadar önemli ve çok kullanılan yapı malzemesinin dayanım ve dayanıklılıklarının çok iyi olmasının yanında bunu ucuza maletmek esas amaçtır.

Bu çalışma da "Polimer Bağlayıcılı Prepakt Betonların Mekaniksel ve Ekonomik Yönden İncelenmesi" amaçlanmıştır. Çalışmada iki ayrı türde hazırlanan prepakt betondan hazırlanan standart silindir numuneler üzerine 5 ayrı deney uygulanmıştır.

Su emme oranının tayininde, çimento bağlayıcılı prepakt betonda bu oranlar % 2.02, % 2.12 ve % 2.52 , polimer bağlayıcılı prepakt beton numunelerden iki tanesinde bu oranlar % 3 ve % 6, bir tanesinde ise bu oran sıfır olarak tespit edilmiştir. Prepakt betonlarda kaba agrega ile ince agrega arasındaki dane grubu kullanılmamaktadır. Granülometrisi bu şekilde kesikli olan prepakt betonlardaki boşluk oranı, normal betonlara göre daha azdır. Bu nedenle su emme oranları daha düşük olur. Polimer bağlayıcılı prepakt betonlarda iki ayrı sonucun çıkması numunelerin dökümü sırasında meydana gelen bazı küçük aksaklıklardan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu numuneler incelendiği zaman dış yüzeyde bazı agregaların polimer filmi ile iyi kaplanmadığı, çok küçük boşlukların kaldığı görülmüştür. Su emme bu kılcal boşluklar nedeniyle agreganın su emmesi ile gerçekleşmiştir. Her iki tür betonda su emme oranının bu kadar düşük olması, su emmeden dolayı meydana gelen olumsuzlukların da bu oranda azalmasını sağlayacaktır.

Polimer betonların üretimi sırasında hiç su kullanılmaması nedeniyle rötire çatlakları oluşmamaktadır. Bu özelliğin sonucunda polimer betonlar, dona ve kimyasal etkilere dayanıklı malzemeler olurlar (Dikeou ve

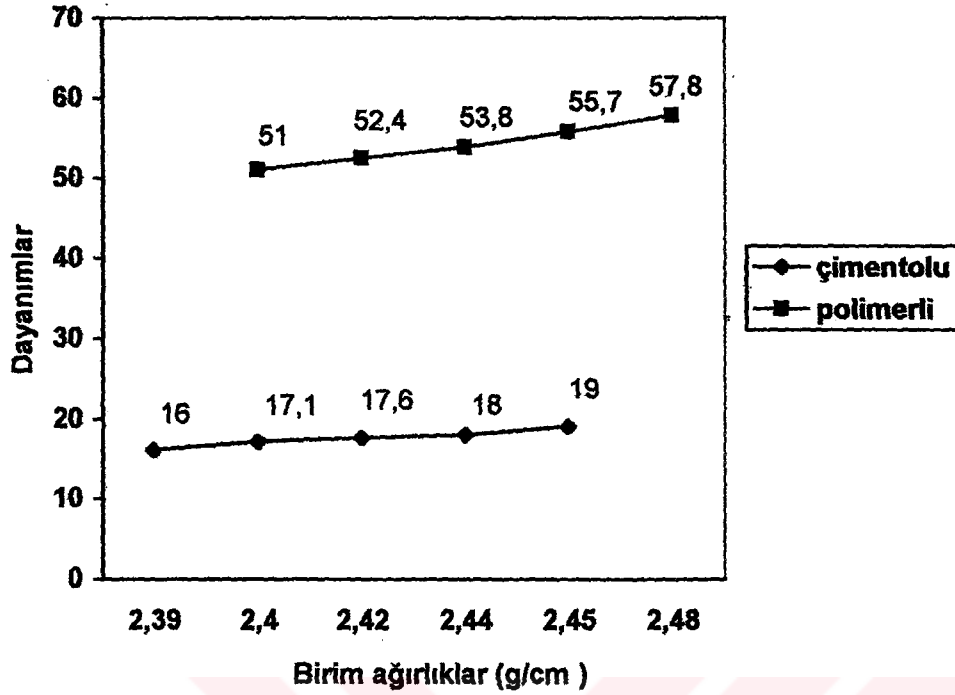
Fowler,1981). Çabuk donma ve çözülme deneyine tabi tutulan polimer bağlayıcılı prepakt beton numunelerde don kayıpları %7, %9, %0'dır. Bazı numunelerde don kaybının meydana gelmesi deney sırasındaki bazı küçük hatalara bağlanmıştır. Çimento bağlayıcılı prepakt betonlarda don kayıpları ise % 5.4, %6.1, %6.4 olarak belirlenmiştir. Normal betonlara göre don kayıplarının daha az olması, kullanılan agreganın iri olmasına ve orta boyutlu agrega grubunun beton yapımında bulunmamasından olabileceği düşünülmüştür.

Böhme aşınma deneyi yapılarak ağırlıkça aşınma kayıpları, çimento bağlayıcılı olan numunelerde % 4.5 , % 5.0, % 5.4, polimer bağlayıcılı numunelerde ise %1.9, %2.1 %2.3 olduğu tesbit edilmiştir. Polimer bağlayıcılı prepakt betonda elde edilen sürtünme ile aşınma kaybı çimento bağlayıcılı prepakt betonlara göre oldukça azdır.

Yapılan basınç dayanımı deneylerinde, çimento bağlayıcılı prepakt beton numunelerde dayanımlar 18, 17.7, 19 N/mm² iken polimer bağlayıcılı olan numunelerde dayanımlar 53.8, 55.7, 57.8N/mm² olarak tespit edilmiştir. Burada polimerin çimentoya göre yaklaşık 3 kat dayanım artışı sağladığı görülmüştür.

Silindir yarma deneyinde ise polimer bağlayıcılı numunelerin, çimento bağlayıcılı olan numunelere göre çekme dayanımlarının 2 kat daha fazla olduğu yapılan deneylerden anlaşılmıştır. Dikeou ve Fowler (1981), polimerlerin en önemli özelliklerinden birinin de yapışabilme yetenekleri olduğunu, yani kuvvetli bir aderans sağladığını ifade etmişlerdir. Bu özellik çalışmada elde edilen sonuçlar ile paralellik göstermektedir.

Harcın akışkanlığını artırmak, ayrışma ve su kusmayı azaltmak, süspansiyondaki katı bileşenleri tutmak, kohezyonu daha iyi bir harç elde edebilmek için, deneylerde çimento bağlayıcılı prepakt beton numunelerin üretiminde, Neville (1981)'nin ifade ettiği gibi çimento ağırlığının %1'i kadar puzzolan (silis dumanı) ilavesi yapılmıştır.



Şekil 8.1. Çimento ve Polimer Bağlayıcılı Prepakt Betonların Basınç Dayanımları - Birim Ağırlık Eğrileri

Manson (1981)'de, polimer betonlarda agrega granülometrisini uygun seçerek agregaların tümünün yüzeylerini kaplamak ve aralarını doldurmak için ağırlıkça % 7-8 oranında polimer kullanmak gerektiğini bildirmiştir. Bu çalışmada prepakt yani kesikli granülometrili bir beton polimer bağlayıcılı olarak üretilmeye çalışılmıştır. Bu numunelerin yapımı sırasında ağırlıkça % 5-6 oranında polimer kullanılmıştır. Kullanılan polimer miktarındaki azalma uygun kesikli granülometri ile sağlanmıştır. Bu azalma maliyet yönünden oldukça önemlidir.

Polimer malzemelerin fiyatları ortalama olarak çimentonun 5~30 katı kadar olduğu, epoksinin fiyatı ise 5.51 \$/Kg olduğu bildirilmiştir (Dikeou ve

Fowler, 1981). Yapılan bu çalışmada kullanılan epoksinin fiyatı 10 \$/Kg 'dır. Bu ise 1998 yılı birim fiyatlarına göre çimentonun yaklaşık 40 katı olduğu belirlenmiştir. Aradaki farkın, polimer malzemelerin ithal edilmesine bağlanmıştır.

1m³ polimer bağlayıcılı prepakt betonun fiyatı 1137 \$ iken, 1m³ çimento bağlayıcılı prepakt betonun fiyatı ise 19 \$ olarak tespit edilmiştir. Maliyetteki bu büyük fark, polimerlerin kullanım alanlarını ve kullanma isteğini azalmaktadır. Fakat yüksek dayanım ve dayanıklılık gerektiren yerlerde uygun kesikli granülometri ile polimer betonlar tercih edilmelidir. Polimerlerin fiyatları üstün özellikleri yanında ihmal edilebilir seviyededir.

Yapılan literatür incelemelerinde prepakt betonlarda bağlayıcı olarak polimerlerin kullanılmasına dair herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu konu oldukça yenidir, her türlü araştırma ve incelemelere açıktır. Büyük ve küçük tamir işlerinde prepakt betonlar tercih edilmelidir. Bu betonda iri agregalar elle yerleştirilebilir. Özellikle donatı bulunan yerlerde elle yerleştirme tercih edilmektedir.

Betonda kompasitenin iyi olabilmesi için, agrega granülometrisi bakımından şu koşullar öne sürülmektedir (Postacıoğlu,1987).

- a- İri agrega miktarı maksimum olmalıdır.
- b- Kum iri agrega taneleri arasındaki toplam boşluğu dolduracak miktarda olmalıdır.(Prepakt betonlarda gerekli kum miktarı iri agregalar arasında kalan boşluk miktarına göre hesaplanmaktadır.)
- c- İri danelerin boyutları, kum tanelerinin boyutlarına göre olabildiğince büyük olmalıdır. Bu durum daha ziyade iri danelerin boyutlarını artırmak suretiyle elde edilir.

Prepakt betonlarda geçirgenliğin az olması, bu betonlarda sağlanabilen maksimum kompaktifitenin bir sonucudur.

Bu çalışmada, kesikli ganülometrik yapıları ile prepakt betonların üretim metodları, kullanım alanları ve avantajları ortaya konulmuştur. Aynı zamanda prepakt betonlar, polimer bağlayıcı olarak üretilmeye çalışılmıştır. Yüksek dayanım ve dayanıklılık gerektiren yerlerde polimerlerin, prepakt betonlarla kullanılmasının özellikle maliyet yönünden sağladığı faydalar ifade edilmeye ve deney sonuçları ile de ispat edilmeye çalışılmıştır.

Polimer bağlayıcı prepakt betonların kimyasal maddelere dayanıklılıkları incelenmemiştir. Polimer betonların kullanım alanlarından olan; kanalizasyon borularında ve jeotermal uygulamalarda özellikle kimyasal maddelere dayanıklılığı ön plana çıkarmaktadır. Bu nedenle bu tür yapıların yapımlarında veya özellikle tamir işlerinde polimer bağlayıcı prepakt betonlar tercih edilmesi durumunda, kimyasal maddelere dayanıklılıklarının tespit edilmesi gerekmektedir.

Polimerlerin iyi bir yapıştırma maddesi oldukları, yani kuvvetli bir aderans sağladıkları bildirilmiştir. Polimerlerin, prepakt betonlarda bağlayıcı olarak kullanılmasıyla elde edilen bu betonların aderans dayanımları da incelenebilecek konular arasındadır.

Polimer bağlayıcı prepakt betonların, elastisite modülleri, eğilme mukavemetleri, darbeye karşı mukavemetleri, ısı genleşme katsayıları, bu konu üzerinde yapılabilecek araştırmalardan bazılarıdır.

KAYNAKLAR

ABDUL AWAL, ABU S.M., (1988). **Failure Mechanism of Prepacked Concrete.** Journal of Structural Engineering. v 114. n 3. pp727-732.

ACI JOURNAL, (1986). **Guide For The of Polymers in Concrete.** ACI Committee 548.

AKMAN, M.S., (1987). **Yapı Malzemeleri.** İTÜ. İstanbul.

AKMAN, M.S., (1992). **Deniz yapılarında Beton Teknolojisi.** İTÜ. İstanbul.

AKMAN, M.S., (1991). **Beton Niteliğini Yükseltmek Amacı ile Polimerlerin Kullanılması.** II. Ulusal Beton Kongresi.

DIKEOU, J.T. ve FOWLER, D.W., (1981). **Polymer Concrete Uses, Materials and Properties** ACI, Detroit

DIN 52108., (1968). **Betonun Sürtünme İle Aşınmaya Dayanıklılık Tayini (Böhme Metodu).** DIN

GAMBHIR, M.L., (1993) **Concrete Technology** Tata-McGraw-Hill Publishing Company Limited New Delhi.

MANSON, J.A., (1981). **Overview of Current Research on Polymer Concrete: Materials and Future Needs.** ACI. Publication SP-69 Applications of Polymer Concrete.

MİNDES, S., YOUNG, J.F., (1981). **Concrete.** Englawood Cliffs. New York.

NEVILLE, A.M., (1981). **Properties of Concrete.** New York.

POSTACIOĞLU, B., (1987). **Beton** Cilt 2 Matbaa Teknisyenleri Basımevi. İstanbul

WADDELL, J.J. ve CORDON, W.A., (1968) **Concrete Construction Handbook** California

TS 500., (1982). **Betonarme Yapıların Hesap ve yapım Kuralları.** TSE. Ankara.

TS 706., (1980). **Beton Agregaları.** TSE. Ankara.

TS 707., (1980). **Beton Agregalarında Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi.** TSE. Ankara.

TS 3114., (1978). **Beton Basınç Dayanımı deneyi Metodu.** TSE. Ankara.

TS 3129., (1978). **Betonda Yarmada Çekme Dayanım Tayini Deneyi.** TSE. Ankara.

TS 3449., (1980). **Çabuk Donma ve Çözülme Koşulları Altında Betonda dayanıklılık Deneyi Faktörü Tayini.** TSE. Ankara.

TS 3523., (1980). **Beton Agregalarının Yüzey Nemi oranının Tayini.** TSE. Ankara.

TS 3527., (1980). **Beton Agregalarında İnce Madde Oranı Tayini.** TSE. Ankara.

TS 3655., (1981). **Beton Agregalarında Dona Dayanıklılık Tayini.** TSE. Ankara.

TS 3675., (1982). **Beton Agregalarında Organik Kökenli Madde Tayini deney Metodu.** TSE. Ankara.

TS 10156., (1992). **Katkılı Portland Çimentoları.** TSE. Ankara.