**POLİMER BAĞLAYICILI PREPAKT BETONLARIN MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ\***

**\*Sibel SAĞLIYAN, \*\*M. Şükrü YILDIRIM**

**\*Fırat Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu – ELAZIĞ**

**\*\*Namık Kemal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Bölümü - Çorlu/TEKİRDAĞ**

**ssagliyan@firat.edu.tr** **,** **myildirim@nku.edu.tr**

**ÖZET**

Bu çalışmada çimento ve polimer bağlayıcılı olarak üretilen prepakt beton numunelerinin basınç, çekme dayanımları, aşınma, su emme ve dona dayanıklılık özelliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Prepakt beton üretim yöntemlerinden biri olan elle yerleştirme kullanılmıştır. Kullanılan kaba agrega kalıp içerisine elle yerleştirildikten sonra, harç kaba agreganın üst yüzeyinden dökülerek alt kısma nüfus etmesi sağlanmıştır.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde polimer bağlayıcılı prepakt betonların (PBPB), çimento bağlayıcılı prepakt betonlara (ÇBPB) göre daha iyi performans sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca polimer bağlayıcılı prepakt betonlardaki polimer miktarının, polimer betonlara göre daha az kullanıldığı saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Prepakt Beton, Polimer, Çimento, Durabilite, Mekanik Özellikler

**A STUDY ON MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMER BINDER PREPACKED CONCRETE**

**ABSTRACT**

In this study, it was aimed to compare the properties of prepacked concrete samples, produced with cement binder and polymer binder, such as pressure, tensile strength, water absorption and resistance to frost and abrasion.

Handled deposition, one of the prepacked production methods, was used. After the coarse aggregate had been handled and deposited into the pot, mortar was poured ın the coarse aggregate in such a manner that it penetrated into the lower side.

Evaluating the obtained data, it was determined that polymer binder prepacked concrete (PBPC) provides a higher performance comparing to the cement binder prepacked concrete (CBPC). Besides, it was also noticed that polymer amount used in polymer binder prepacked concrete was less than the polymer amount in the polymer concrete.

**Keywords:** Prepacked Concrete, Polymer, Cement, Durability, Mechanical Properties.

**\*”Polimer Bağlayıcılı Prepakt Agrega Betonların Mekaniksel ve Ekonomik Yönden İncelenmesi” adlı Yüksek Lisans Tezinden Özetlenmiştir.**

**1. GİRİŞ**

Yapılar hangi amaçla yapılırsa yapılsın, öm-rünün uzun olması ve bu ömrü süresince dayanı-mından herhangi bir kayba uğramaması, onarım ihtiyacı doğurmaksızın kalması yapı mühendisliği-nin temel amaçlarındandır. Bu amacı gerçekleştire-bilmek için günümüzde en yaygın kullanım alanına sahip olan malzeme betondur. Beton ve betonarme yapılar servis ömürleri boyunca çeşitli nedenlerle restorasyona ve onarıma/güçlendirmeye ihtiyaç duy-maktadırlar. Bu nedenle onarım/güçlendirme yön-temleri ile bu yöntemlerde kullanılacak malzemele-rin önemi artmaktadır. İnşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan polimer takviyeli veya polimer onarım harçlarının, mekanik özellikleri ile uzun süreli yük ve kullanma şartları altındaki davranışları yoğun bir şekilde araştırılmaktadır (Özturan, 2003; Ateş, 2006; Abdul Awal, 1988).

En az enerji tüketimi ile üretilen ve günümü-zün en yaygın kullanım alanına sahip taşıyıcı yapı malzemesi olan betonun mukavemetini yükseltme çabaları daima çimento hamuru fazını iyileştirme yönünde olmuştur. Hiç boşluk içermeyen bir çimen-to hamur fazı üretilmesi ile en yüksek mukavemete ulaşılabilmektedir. Bu amaçla en az boşluklu ve çok iyi aderans sağlayan yöntemler üzerinde çalışılmak-tadır (Akman, 1991; Waddell, 1974; Neville, 1981). Bu beton üretim yöntemlerinden biride prepakt be-tonlardır.

**2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ**

Bu çalışmada, beton üretim yöntemlerinden biri olan prepakt/preplaced betonlar (agregası önceden yerleştirilmiş betonlar) çimento ve polimer bağlayıcılı olarak üretilmiştir. Üretilen numunelerin basınç, yarmada çekme dayanımı, su emme, aşınma ve dona dayanıklılık özellikleri incelenmiştir.

Prepakt sözcüğü önceden paketlenmiş anlamına gelir. Bu üretim tekniği ”prepacked aggre-gate concrete” olarak bilinir. Bu üretim tekniğinde iri agregalar yerleştirildikten sonra aralarındaki boşluklar çimento harcı enjekte edilerek doldurulur. Önceleri bir onarım yöntemi olarak tasarlanan prepakt beton günümüzde betonlama işleminin güç olduğu yapı elemanlarının üretiminde, köprü ayak-ları kesonlarında, nükleer santral betonlarında (Ak-man, 1992; Waddell, 1974), rıhtımların su altı tamirlerinde, mesnet tamirlerinde, tünel tamirlerin-de, taşma savağı ve köprü payandalarında (Gambhir, 1993) uygulama alanı bulmaktadır.

Prepakt beton kesikli granülometrili bir betondur. Kullanılan iri agregalar, kırmataş veya yuvarlak olabilir. Maksimum tane çapının, donatı sıklığının ve kalıbın elverdiği ölçüde büyük seçil-mesi yararlıdır. Tanelerin harç enjeksiyonu sırasında oynamamaları için ağır olmaları tercih nedenidir. Kaba agrega maksimum tane çapı, betonun yer-leşeceği yapı elemanının genişliğinin ¼ ’ünü veya iki donatı arası mesafenin 2/3’ünü aşmaması gerekir. Ayrıca iri agrega alt sınırının da yeterince büyük olması gerekir. Minimum kaba agrega 16 mm veya donatı sıklığı nedeniyle maksimum tane çapı fazla büyütülemiyorsa, 8 mm’ ye kadar indirilebilir (Akman, 1992). Waddell (1974) ise kaba agrega minimum boyutu için, kalınlığı 304,8 mm’e kadar olan elemanlarda 12,7 mm, 304,8 mm’den daha kalın elemanlarda ise 19,05 mm’den daha az olması gerektiğini ifade etmiştir. Prepakt betonların harç fazı, maksimum tane çapı 2 mm’yi aşmayan kumla, çok zengin çimento dozajlı harçlardan oluşur. Çimento/kum oranı ağırlıkça ½, hatta 1/1 seçilebilir (Akman, 1992).

Akman (1991) 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 belirtmiştir.

Neville (1981) prepakt betonlardaki iri agre-ga yığın hacminin, bütün hacmin %30-35’ini, Ak-man (1992) ise %35-40’ını geçmemesi gerektiğini ifade etmiştir. Agrega yığın boşluk oranını bu düzeyde gerçekleştirebilmek için iri agregaların granülometrilerinin uygun olmasının yanında, yer-leştirilmeleri de önem taşır. Agregaların hortumlar içinde, yüksekten düşürülerek ve imkan varsa vibrasyona tabi tutularak iyi yerleşmeleri temin edilmelidir. Onarım işlerinde ve donatı problemi söz konusu olan yerlerde agregaların elle yerleştirile-bileceği de ifade edilmektedir.

Prepakt beton üretiminde farklı metotlar kullanılmaktadır. Bunlar, ya kalıp kısmen harçla doldurulur ve kaba agrega bu harcın içine çöktürülür ya da özellikle ince kalınlıklı kısımların yapımında/onarımında ve donatı probleminin söz konusu olduğu durumlarda kaba agrega kalıp içerisine elle yerleştirilir. Harç kaba agreganın üst yüzeyinden dökülerek alt kısma nüfuz etmesi sağlanır. Büyük hacimli betonlama işlemlerinde ise kaba agrega yerleştirilir ve harç borular vasıtasıyla pompalanır. Bu metotta iri agrega yerleştirilmeden harç doldurma borularının gerekli biçimde yerleştirilip tutturulması gerekir. 20-25 mm çaplı bu borular 1,5 ile 2,5 m aralıklarla, alt uçları tabana 10-15 mm uzaklıkta olacak şekilde yerleştirilirler. Harç bütün borulardan aynı zamanda ve eşit debi ile sevk edilerek agrega boşluklarını aynı yatay seviyeyi koruyarak doldurmasına çalışılır. Harç yükselmesini ve homojenliğini denetlemek üzere, düşey kontrol borularının içine ultrasonik aygıtlar yerleştirilerek ses hızları ölçülür. Sıkışan havayı dışarıya atmak içinde hava kaçış boruları yerleştirilir. Agrega özgül ağırlıklarının büyük olması bu metotta bir tercih nedenidir. Kalıpların su sızdırmazlığı sağlanmalı ve ek yerleri bantlarla sıkıca kapatılmalıdır. Bu metotta harç basınçla verildiği için özellikle sızdırmazlık ve kalıpların dayanımları büyük önem taşır (Akman, 1992; Waddell, 1974; Neville, 1981).

Preplaced/Prepakt agrega betonlarda kaba agregalar önceden yerleştirildiği için normal beton-lara oranla iç ve dış sıcaklık farkları daha düşüktür. Bu nedenle özellikle kütle betonlarında karşımıza çıkan beton iç ve dış sıcaklık farkı problemleri (termal çatlaklar vb.) prepakt betonlarda daha az görülür. Bayer (2004) yaptığı çalışmada prepakt betonlardaki iç ve dış sıcaklık farkının geleneksel betonlara göre daha düşük olduğunu belirlemiştir. Bu betonlarda harç akışkanlığını artıran süper akışkanlaştırıcı kullanarak elde ettiği numunelerin basınç dayanımlarının da geleneksel betonlar kadar iyi performans gösterdiğini belirlemiştir.

Polimer beton, sürekli polimer matriksi içinde filler ve agregadan oluşan dağılı faza sahip bir kompozittir. Polimer beton malzemelerde farklı bir çok reçine kullanılmaktadır. Çalışmalarda epoksi ve polyester reçine kullanımı oldukça yoğundur. Bu nedenle çalışmada epoksi reçine tercih edilmiştir. Epoksi reçine oda sıcaklığında sıvı halde bulunan ve sertleştirici ile katı halini alan prepolimer ve sertleştirici olmak üzere iki bileşenli bir termosettir. Prepolimer ve sertleştiricinin karıştırılması sonunda polimerizasyon meydana gelir. Polimerizasyonda köprüleşme ve hacimsel molekül oluşur. İlginç yön bu işlemde yan ürün oluşmaması ve dolayısıyla rötrenin minimum düzeyde kalmasıdır. Polimeri-zasyon ekzotermiktir. Bu bakımdan epoksileri büyük oranda üretmek olanaksızdır. Dolgu mal-zemeleri ile reçinenin yapışma özellikleri son derece önemlidir. Dolgu malzemesi çok temiz, kuru ve yeterli mukavemette olmalı, reçine ve sertleştiriciyle reaksiyon oluşturmamalıdır. Dolgu malzemesinin oranını maksimum ağırlığın %90’ına kadar alınabilir (Akman 1987, Capuano, 1987). Polimer beton özellikleri tane dağılımından etkilendiğinden iyi bir granülometri ile yüksek dayanım sağlanabilir. Hava boşluğunu en aza indirmek ve sık bir yapı elde edebilmek için farklı agrega boyutları bir arada tutulmalıdır. Bunun için süreksiz granülometri de kullanılabilir (Ateş, 2006). Polimer malzemelerin maliyeti çimentoya oranla oldukça fazladır. Bu nedenle agregalar arasındaki boşluğun az olması sağlanmalıdır., Dıkeou ve Fowler (1981). Agrega-ların tümünü ıslatmak ve aralarını doldurmak için ağırlıkça %7-8, hacimce %14-16 oranında polimer kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Polimer betonlar, portland çimentolu beton-larda, beton yüzeyindeki aşınma ve kaplamaların tamirinde, yapısal ve dekoratif konstrüksiyon panellerinde, kanalizasyon borularında, yer altı tünel ekipmanlarında, drenaj kanallarında, jeotermal uygulamalarda, karbon-çelik boruların astarlanma-sında, yüzme havuzlarında ve güvertelerde kulla-nılmaktadır (Fontana-Bartholomew, 1981; Manson, 1981).

Polimer betonların üretiminde kuru paket yerleştirme, premix yerleştirme ve prepackaged PC gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır. Kuru paket yerleştirmede agrega alana yerleştirilerek sıkıştırılır. Sıkıştırılan agrega üst yüzeyinden polimer dökülür. Yaylı kutular veya benzer polimer dağıtıcı sistemler bu iş için kullanılmaktadır. Bu metot mekanik mikser kullanım zorluğunu ortadan kaldırmaktadır. Fakat uygulamanın gerçekleşebilmesi için polimer miktarı iyi ayarlanmalıdır (ACI Journal,1986).

Agrega tanelerinin taşıyıcı bir iskelet gibi davranabilmeleri için, çok sağlam bir şekilde, birbirlerine bağlanmalıdır. Bunun için çevrelerinin bir bağlayıcı tarafından bir film tabası gibi sarılmış olması gerekir. Ayrıca dane boyutu arttıkça bu film tabakasının kalınlığının artması gerekir. Çünkü da-ne boyutu arttıkça daneler daha büyük kuvvetlerin etkisi altıda kalır. İşte bu düşünceden hareket ile çimento esaslı betonlar için Bolomey formülü geliştirilmiştir.

$$W=\frac{N\*q}{\sqrt[3]{d\_{1}\*d\_{2}}} (1)$$

Bolomey formülünde W kg cinsinden, boyut-ları d1 ve d2 arasında olan q kg agrega daneleri için gerekli su miktarını ifade etmektedir. N bir katsayı olup, plastik kıvam ve yuvarlak taneli agregalar için 0,095 değeri kullanılabilmektedir. Bolomey formülü 0,25 mm’den küçük taneler için uygulanmaz. Bu grup daneler için ağırlıklarının %23’ü kadar su kullanmak yeterlidir. Bu formülde d1 ve d2 ile ifade edilen agrega boyutları dairesel delikli eleklerle saptanan değerlerdir. Agrega granülometrisi kare örgülü elekle belirlendiği için d1 yerine 1,25xd1 ve d2 yerine 1,25xd2 yazılır. Bu suretle formül;

$$W=\frac{N\*q}{1,16\*\sqrt[3]{d\_{1}\*d\_{2}}} (2)$$

şeklini alır (Postacıoğlu, 1987).

**3. MATERYAL VE METOD**

Bu çalışmada, prepakt betonlar, çimento ve polimer bağlayıcılı olarak iki ayrı türde ince-lenmiştir. Hazırlanan numuneler üzerinde basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, çabuk donma ve çözülme koşulları altında betonun dayanıklılık tayini, sertleşmiş betonun su emme oranı tayini ve sürtünme ile aşınmaya dayanıklılık tayini deneyleri yapılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Agrega olarak, Elazığ Palu Yeniköy Ocağın-dan elde edilen kesikli granülometriye sahip doğal agrega kullanılmıştır. Kaba agregada en büyük tane çapı 75 mm, en küçük çapı 13 mm’dir. İnce agregada ise en büyük çap 2 mm’dir. Kullanılan agregalar TS 706 (1980) ve TS 707 (1980)’deki esaslara göre alınmış ve özellikleri belirlenmiştir. Bu agregaya ait özellikler Tablo 1. ‘de verilmiştir.

Numunelerin üretilmesinde kullanılan çimento TS 10156 (1992)’ya uygun KÇ 32,5’dur. Kullanılan çimentonun özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Agreganın fiziksel özellikleri

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Birim Hacim Ağırlık (g/cm3) | Özgül Ağırlık (g/cm3) | Su Emme (%) | Aşınma Kaybı (%) | Don Kaybı (%) | 200 Nolu Elekten Geçen (%) | Organik Madde |
| Gevşek | Sıkışık | Kum | Çakıl | Kum | Çakıl | 100 Devir | 500 Devir | Çakıl |
| 2.08 | 2.15 | 2.17 | 2.75 | 1.4 | 0.77 | 2.12 | 16.6 | 1.83 | 2 | Hafif Sarı |

Tablo 2. KÇ 32,5 çimentonun özellikleri

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Özellik | TS10156’da İstenen Değerler | Deneyle Bulunan Değerler |
| Priz | Başlama süresi | ≥ 1 saat | 1 saat 18 dakika |
| Sona erme süresi | ≤ 10 saat | 4 saat 29 dakika |
| Hacim genişlemesi | ≤ 10 mm | 5 mm |
| Özgül yüzey | ≥ 2800 cm2/g | 2900 cm2/g |
| Basınç dayanımı N/mm2 | 7günlük | 21 | 21.8 |
| 28günlük | 32.5 | 34.5 |

Çimento bağlayıcılı numunelerde, çimento ağırlığının %1’i kadar silis dumanı kullanılmıştır. Kullanılan silis dumanı Elazığ Ferrokrom İşlet-mesinden temin edilmiş ve özellikleri Tablo 3’de verilmiştir.

 **Tablo 3.** Silis dumanının kimyasal bileşim ve fiziksel özellikleri

|  |  |
| --- | --- |
| Özellikler | Silis Dumanı |
| SiO2 (%) | 93 |
| Al2O3(%) | 0.58 |
| Fe2O3(%) | 0.24 |
| CaO (%) | 0.71 |
| MgO (%) | 0.33 |
| SO3 (%) | 1.06 |
| Na2O(%) | 0.38 |
| K2O (%) | 2.34 |
| Kızdırma kaybı (%) | 1.36 |
| Özgül ağırlık (g/cm3) | 2.2 |
| Özgül Yüzey (cm2/g) | 5500 |
| 45μm geçen | %98 < 45μm |

 **Tablo 4.** PBPB ve ÇBPB karışım oranları (kg/m3)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Çimento Bağlayıcılı | Polimer Bağlayıcılı |
| Çakıl  | 1700 | 1700 |
| Kum | 566 | 566 |
| Çimento | 283 | - |
| Su | 158.5 | - |
| Silis dumanı | 2.83 | - |
| Polimer | - | 114.5 |

Numunelerin hazırlanmasında Çimento/Kum oranı ½ ve 1/1, Su/Çimento oranı 0,52, 0,54 ve 0,56 olarak alınmıştır. Çimento bağlayıcılı olarak üretilen numunelerden Çimento/Kum oranı 0,50, Su/Çimento oranı 0,56 olan numunelerin ve prepakt

 bağlayıcılı olan numunelerin beton karışımlarının 1m3’ünde kullanılan malzeme miktarları Tablo 4’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan ince ve iri agrega granülometrisi Şekil 1 ve 2’de verilmiştir

 Şekil 1. Prepakt betonda en büyük tane çapına göre kumun granülometri sınır eğrileri

Şekil 2. Prepakt betonda en büyük tane çapına göre iri agreganın granülometri sınır eğrileri

Polimer olarak epoksi (Sika, Sikadur 52) kullanılmıştır. Kullanılan epoksi, ön polimer ve katalizör olmak üzere iki bileşenli, solventsiz, düşük viskoziteli enjeksiyon sıvısıdır. Hem kuru hem de nemli koşullarda uygulanabilen epoksi düşük sıcaklıklarda da kullanılabilmektedir. Yoğunluğu ~ 1,1 kg/lt’dir. Karışım oranı ağırlık ve hacimce A:B=2:1’dir. Burada A ön polimeri, B katalizörü ifade etmektedir.

Numunelerin üretiminde standart 15/30 boyutlu silindir numuneler kullanılmıştır. Çimento bağlayıcılı ve polimer bağlayıcılı numunelerde kaba agregalar el ile yerleştirilmiştir. Polimer bağlayıcılı numuneler için gerekli polimer miktarının belirlenmesi için Bolomey formülü kullanılmıştır. Bu formül yardımı ile bir numune için gerekli su miktarı iri ve ince agrega sınıfları için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu hesaplamada 0,25 mm’den küçük daneler için ağırlıklarının %23’ü kadar su kullanılmıştır. Bir numune için bu değer W=0.552 kg olarak elde edilmiştir. Bu değer polimerin birim hacim ağırlığı ile çarpılarak bir numunede kullanılacak polimer ağırlığı hesaplanmıştır.

Wpolimer = 0.552\*1.1=0.607 kg

Dökümü yapılan çimento ve polimer bağlayıcılı prepakt beton numuneler üzerinde basınç, yarmada çekme dayanımı ve aşınma, su emme ve donmaya dayanıklılık tayini deneyleri yapılmıştır.

**4. BULGULAR**

Çalışmada iki ayrı türde hazırlanan prepakt beton silindir numuneler üzerinde yapılan deney-lerden elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

1. **Beton Basınç Dayanım Tayini Deneyi**

15/30 cm ebatlı silindir numunelerin basınç dayanımları $f\_{c}=\frac{F\_{k}}{A}$tespit edilmiş (TS 3114, 1978) ve sonuçlar şekil 3’de verilmiştir.

**Şekil 3.** Prepakt Beton Birim Hacim Ağırlık- Basınç Dayanımı Eğrisi

**b. Beton Yarmada-Çekme Dayanımı Tayini Deneyi**

Numuneler üzerinde yarma metodu ile çekme dayanımı tayin edilmiştir (TS 3129, 1978). Deney numunesi kırılıncaya kadar, presin hızı devamlı ve darbesiz olarak arttırılmış ve kırılma anında deney presi kadranındaki en büyük değer tespit edilmiştir (Tablo 5 ve Tablo 6). Silindir yarma çekme dayanımı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

 $σ\_{yç}=\frac{P}{π\frac{d}{2}h}$ (3)

**Tablo 5.** ÇBPB Yarma Çekme Dayanımı

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Numune No | Kırılma Yükü P (kg) | Silindir Yarma Çekme Dayanımı σyç (MPa) |
| 1 | 13500 | 1.91 |
| 2 | 12800 | 1.81 |
| 3 | 13100 | 1.85 |

**Tablo 6.** PBPB yarma çekme dayanımı

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Numune No | Kırılma Yükü P (kg) | Silindir Yarma Çekme Dayanımı σyç (MPa) |
| 1 | 28000 | 3.96 |
| 2 | 28750 | 4.07 |
| 3 | 29200 | 4.13 |

**c. Betonun Aşınmaya Dayanıklılığının Belirlen-mesi (Böhme Metodu)**

71x71x71 mm (yaklaşık yüzey alanı 50 cm2) boyutlu deney numunesi, zımpara tozu vasıtasıyla aşınmaya tabi tutulmuştur. Ortaya çıkan aşınma kaybı her deney yüzeyi için hacimsel veya ağırlıksal olarak tespit edilmiştir (DIN 52108, 1968) (Tablo 7 ve Tablo 8). Hacimsel kayıpları aşağıda verilen 4 nolu bağıntıdan hesaplanmıştır. Ağırlıkça kayıplar ise Şekil 4 ve Şekil 5‘de verilmiştir.

 $∆v=\frac{∆\_{m}}{Q\_{R}}$ (4)

**Tablo 7.** ÇBPB aşınma deneyi sonuçları

|  |
| --- |
| Beton sürtünme ile aşınmaya dayanıklılık tayini (Böhme Metodu)Deney kayıt ve hesaplama formu |
| Numune No(N.No.) | Boyutlar (mm) | Alan (cm2) | Birim Ağırlık(g/cm3) | Ağırlık (g) | Hacimsel Aşınma Kaybı |
| Deney Başlangıcı | Devir Sayısı |
| 88 | 176 | 264 | 352 | Δv(cm3) |
| 1 | 71x71x71 | 50.41 | 2.69 | 962.20 | 60.70 | 59.10 | 58.30 | 57.90 | 1.60 |
| 2 | 2.68 | 960.80 | 59.20 | 58.60 | 57.80 | 56.00 | 1.79 |
| 3 | 2.70 | 965.60 | 64.60 | 62.90 | 61.70 | 60.40 | 1.93 |

**Şekil 4.** ÇBPB Ağırlıkça Aşınma Kaybı

**Tablo 8.** PBPB aşınma deneyi sonuçları

|  |
| --- |
| Beton sürtünme ile aşınmaya dayanıklılık tayini (Böhme Metodu)Deney kayıt ve hesaplama formu |
| Numune No(N.No.) | Boyutlar (mm) | Alan (cm2) | Birim Ağırlık(g/cm3) | Ağırlık (g) | Hacimsel Aşınma Kaybı |
| Deney Başlangıcı | Devir Sayısı |
| 88 | 176 | 264 | 352 | Δv(cm3) |
| 1 | 71x71x71 | 50.41 | 2.52 | 900.20 | 899.80 | 899.05 | 898.80 | 898.35 | 0.73 |
| 2 | 2.54 | 910.75 | 910.00 | 909.80 | 909.15 | 908.65 | 0.83 |
| 3 | 2.57 | 921.30 | 921.00 | 920.20 | 919.00 | 918.55 | 0.68 |

**Şekil 5.** PBPB ağırlıkça aşınma kaybı

d. **Sertleşmiş Betonun Su Emme Oranının Belir-lenmesi**

TS 3624 (1981)’de belirtildiği gibi etüv kurusu halindeki numuneler suda bekletilmiştir. Kuru ağırlık ile su emmiş ağırlık arasındaki fark, kuru ağırlığa bölünerek ağırlıkça su emme oranları tespit edilmiştir (Tablo 9 ve Tablo 10).

$\% S\_{a}=\frac{P\_{1}-P\_{o}}{P\_{o}}\*100$ (5)

**Tablo 9.** ÇBPB su emme oranları

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Numune No | Kuru Ağırlık(kg) | Doygun Ağırlık(kg) | Su Emme Oranı(%) |
| 1 | 12.84 | 13.10 | 2.02 |
| 2 | 12.68 | 13.00 | 2.52 |
| 3 | 12.71 | 12.98 | 2.12 |

**Tablo 10.** PBPB Su emme Oranları

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| NumuneNo | Kuru Ağırlık(kg) | Doygun Ağırlık(kg) | Su Emme Oranı(%) |
| 1 | 12.95 | 12.99 | 0.3 |
| 2 | 13.00 | 13.00 | 0 |
| 3 | 13.14 | 13.22 | 0.6 |

**e. Sertleşmiş Betonun Donmaya Dayanıklılığının Belirlenmesi**

Çabuk donma ve çözülme deneyi ile numunelerin donmaya dayanıklılıkları tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu deney TS 3449 (TS 1980) ‘da belirtildiği gibi, numuneler donma çözülme aletinin numune hücrelerine yerleştirilir ve içerisine numuneleri 3 mm kadar örtecek miktarda su konulur. Çözülme sıcaklığından donma sıcaklığına ve tekrar çözülme sıcaklığına geçişin, en az iki en çok dört saatte gerçekleşmesi sağlanır. Numunelere, donma çözülme aşamaları birbirini izleyerek uygulanmıştır. Bu şekilde 30 devir sonunda numuneler boyut ve ağırlıkları belirlenmiştir (Tablo 11 ve 12).

 **Tablo 11.** ÇBPB çabuk donma çözülme değerleri

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Numune No | İlk Ağırlık (kg) | 30 Devir Donma Çözülme Sonrası Ağırlık (kg) | Kayıp (%) |
| 1 | 12.84 | 12.15 | 5.4 |
| 2 | 12.68 | 11.87 | 6.4 |
| 3 | 12.71 | 11.93 | 6.1 |

**Tablo 12.** PBPB çabuk donma çözülme değerleri

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Numune No | İlk Ağırlık (kg) | 30 Devir Donma Çözülme Sonrası Ağırlık (kg) | Kayıp % |
| 1 | 12.95 | 12.68 | 0.7 |
| 2 | 13.00 | 13.00 | 0 |
| 3 | 13.14 | 13.02 | 0.9 |

**5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR**

Beton çağımızın en önemli ve en çok kullanılan yapı malzemesidir. Betonun dayanım ve dayanıklılığının çok iyi olması yapılan çalışmaların esas amacıdır. Bu çalışmada, kullanım alanları ve avantajları açıklanmış kesikli granülometrili prepakt betonlar polimer ve çimento bağlayıcılı, olarak üretilmiş elde edilen bu numunelerin mekanik ve fiziksel özellikleri incelenmiştir.

Çimento ve polimer bağlayıcılı prepakt beton numuneler üzerinde yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar sırası ile şöyledir.

* Basınç dayanım deneylerinde, polimerin çimentoya göre 3 kat dayanım artışı sağladığı,
* Silindir yarma deneyinde, polimer bağlayı-cılı numunelerin çimento bağlayıcılı olan numu-nelere göre çekme dayanımlarının 2 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir.
* Böhme aşınma deneyi yapılarak ağırlıkça kayıplar elde edilmiştir. Çimento bağlayıcılı olan numunelerde %4.5, %5.0, %5.4, polimer bağlayıcılı numunelerde ise %1.9, %2.1, %2.3 olduğu tespit edilmiştir. Polimer bağlayıcılı olan numunelerde sürtünme ile aşınma kaybı çimento bağlayıcılı olanlara göre oldukça azdır.
* Su emme oranının tayininde, çimento bağlayıcılı numunelerde %2.02, %2.12, %2.52, polimer bağlayıcılı olanlarda ise %0.3, %0.6 ve %0 olarak tespit edilmiştir. Prepakt betonlarda kaba agrega ile ince agrega arasındaki dane gurubu kullanılmamaktadır. Granülometrisi bu şekilde kesikli olan prepakt betonlarda boşluk oranı, normal betonlara göre daha azdır. Bu nedenle su emme oranları daha düşük olur. Polimer bağlayıcılı olan 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. Bu deneyde elde edilen sonuçların bu küçük aksaklıklar göz önüne alınarak değerlendirildiğinde dökümünde kusur olamayan numunelerin su emme oralarının sıfır olduğu görülmüştür. Her iki tür betonda su emme oranlarını normal betonlara göre bu kadar düşük olması, su emmeden dolayı meydana gelen olumsuzlukların da bu oranda azalmasını sağlayacaktır.
* Çabuk donma ve çözülme deneyine tabi tutulan çimento bağlayıcılı olan numunelerde don kayıpları %5.4, %6.1, %6.4, polimer bağlayıcılı numunelerde ise %0.7, %0.9, % 0’dır. Don kayıp-larının normal betonlara göre daha az olması, kullanılan agreganın iri olmasına ve orta boyutlu agrega gurubunun kullanılmamasıyla ve su emme oranlarının çok düşük olmasıyla ilişkili olabileceği düşünülmüştür.

Dikeou-Fowler (1981) polimer betonların üretimi sırasında hiç su kullanılmaması nedeniyle rötre çatlakları oluşmadığını ve böylece polimer betonların dona ve kimyasal etkilere dayanıklı malzeme olduklarını ifade etmiştir. Yapılan çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir..

Manson (1981), polimer betonlarda agrega granülometrisini uygun seçerek agregaların tümünün yüzeylerini kaplamak ve aralarını doldurmak için ağırlıkça %7-8 oranında polimer kullanmak gerektiğini bildirmiştir. Bu çalışmada kesikli granülometrili olan prepakt beton numunelerde %5-6 oranında polimer kullanılmıştır. Bu azalma granülometrinin kesikli olmasına bağlanmıştır.

Çalışmada elde edilen olumlu sonuçlardan, büyük ve küçük tamir işlerinde prepakt betonlar tercih edilmelidir. Bu betondaki iri agregalar elle yerleştirilebilinir. Özellikle donatı bulunan yerlerde elle yerleştirme tercih edilmektedir.

Yüksek dayanım ve dayanıklılık gerektiren yerlerde polimerlerin, prepakt betonlarla kullanılmasının polimer miktarında ağırlıkça %1-2 oranında azalma sağladığı tespit edilmiştir.

Yapılan literatür incelemelerinde prepakt betonlarda bağlayıcı olarak polimerlerin kullanılmasına dair herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Her türlü araştırma ve incelemelere açık bir konudur. İyi bir yapıştırma maddesi olan polimerlerin kullanılmasıyla elde edilen betonlarda aderans dayanımı, elastisite modülleri, eğilme mukavemetleri, darbeye dayanıklılıkları, ısıl genleşme katsayıları incelenebilecek konular arasındadır.

**6. SEMBOLLER**

d1 , d2= Agrega dane boyutları(mm)

N= 0,095 katsayı

q= Agrega miktarı (kg)

W= Su miktarı

P= Yük miktarı

d= Silindir numune çapı(cm)

h= Silindir numune yüksekliği (cm)

fc = Basınç dayanımı (kg/cm2)

$σ\_{yç}$= Yarmada çekme dayanımı (kg/cm2)

P1 = Numunenin suya doygun ağırlığı (kg)

P0 = Numunenin kuru ağırlığı (kg)

Sa = Ağırlıkça su emme yüzdesi

Δv = Hacimsel kayıp (cm3)

Δm = 16 periyot sonundaki ağırlık kaybı (g)

QR = Numune birim hacim ağırlığı (g/cm3)

N.No= Numune no

PBPB = Polimer bağlayıcılı prepakt beton

ÇBPB= Çimento bağlayıcılı prepakt beton

PBPC= Polymer binder prepacked concrete

CBPC= Cement binder prepacked concrete

**7. KAYNAKLAR**

1. Abdul Awal, Abu S.M., 1988. Faılure Mechanısm of Prepacked Concrete, Journal of Structural Engineering., 114,3:727-732.
2. ACI Journal, 1986. Guide for the use of Polymers in Concrete, ACI Commitee 548.
3. Akman, M.S. 1987. Yapı Malzemesi. İTÜ Yayınevi. İstanbul.
4. Akman, M.S. 1991. Yüksek Dayanımlı Beton, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 2. Ulusal Beton Kongresi, 27-30 Mayıs, ss: 312-317.
5. Akman, M.S. 1992. Deniz Yapılarında Beton Teknolojisi. İstanbul, İTÜ Gemi İnşaatı ve De-niz Bilimleri Fakültesi Ofset Baskı Atölyesi.
6. Ateş, E. 2006. Epoksi ve polyester Reçineli Polimer Betonda Granülometri ve Bağlayıcı Oranları Değişimiyle Eğilme Dayanımı Optimizasyonu. Makine Tasarım ve İmalat Dergisi, 8,1:41-52.
7. Bayer,İ.Raci, 2004. Use of Preplaced Aggregate Concrete for Mass Concrete Applications, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Üniversitesi
8. Capuano T.D. 1987. Polymer Concrete, An Engineering Material with and İdentity Problem, Machine Design, 59(20), Sep. p.113.
9. Dikeou, J.T. and Fowler, D.W. 1981. Polymer Concrete Uses, Materials and Properties ACI Special Publication, 89, pp: 44-45.
10. DIN 52108 1968. Betonun Sürtünme ile Aşınmaya Dayanıklılık Tayini (Böhme Meto-du) DIN.
11. Fontana, J.J. and Bartholomew, J. 1981. ACI Special Publication, 69, pp: 21-44.
12. Gambhir, M.L., 1993. Concrete Technology. New Delhi, Tata-McGraw-Hill Publiching Company Limited.
13. Manson, J.A. 1981. Overview of Curreat Researchon Polymer Concrete, ACI Committe Special Publication, 69, pp: 7.
14. Neville,A.M. 1981. Properties of concrete. New York, Longman Scientific.
15. Özturan, T. 2003. Betonarme yapıların restorasyonu ve onarım ve güçlendirme malzemeleri. Türkiye Mühendislik Haberleri 426, 147-150
16. Postacıoğlu, B. 1987. Beton (Cilt 2). İstanbul, Matbaa Teknisyenleri Basımevi.
17. Waddell J.J. 1974. Concrete Construction Handbook. Newyork, Mac Graw-Hill.
18. TS 706, 1980. Beton Agregaları TSE., Ankara
19. TS 707, 1980. Beton Agregalarında Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi TSE., Ankara
20. TS 10156, 1992. Katkılı Çimento TSE, An-kara.
21. TS 3114, 1978. Beton Basınç Dayanımı De-neyi Metodu TSE., Ankara.
22. TS 3129, 1978. Betonda Yarmada Çekme Dayanım Tayini Deneyi TSE., Ankara.
23. TS 3624, 1981. Sertleşmiş Betonda Özgül Ağırlık, Su Emme ve Boşluk Oranı Tayini Yöntemi TSE., Ankara.
24. TS 3449, 1980. Çabuk Donma Çözülme Ko-şulları Altında Betonda Dayanıklılık Faktörü Tayini TSE., Ankara.