



**Makale
(Article)**

Atık Polietilen (PE) bardaklardan üretilen çimentosuz harçların fiziksel ve mekanik özellikleri

Hanifi BİNİCİ¹, M. Hakkı ALMA², Remzi GEMCİ³, Muhammed Yasin DURGUN⁴

¹K.S.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye

²K.S.Ü., Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye

³K.S.Ü., Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye

⁴Bartın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bartın/Türkiye

Özet

Bu çalışmada kullanılmış polietilen bardaklardan çimentosuz harçların üretimi araştırılmıştır. Okul kantininden elde edilen kullanılmış polietilen (PE) bardaklar basit bir yöntemle parçalanarak lifli hale getirilmiştir. Daha sonra 180-200 °C sıcaklıkta değişik kumlarla eritilmiş ve polietilen katkılı harç numuneleri elde edilmiştir. Elde edilen harçların eğilme, basınç, tokluk, su emme ve aşınma özellikleri araştırılmıştır. Çalışmada eritilmiş PE katkılı harçların eğilme ve tokluk özellikleri geliştirilmiştir. Ayrıca üretilen numunelerin su emme ve aşınma değerleri oldukça düşük bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Eğilme dayanımı, PE, Çimentosuz harç, Tokluk

Physical and mechanical properties of recycled polyethylene (PE)-based mortar without cement

Abstract

In this study, the probability of the utilization of recycled PE bottles as mortar without cement was investigated. The PEs were mechanically crushed and converted into fibers. Then, the mortars were obtained by mixing the PE fibers with various types of sands at a temperature range of 180-200 °C. Specifically, some mechanical (e.g., flexural and compression strengths and mortar toughness) and some physical (e.g., water absorption and abrasion) properties were measured. The results indicated that the incorporation of PE into mortar significantly improved the flexural strength of mortars with a major improvement in mortar toughness. Furthermore, water absorption and abrasion of mortar were found to be negligible.

Keywords: Flexural strength, PE, Mortar without cement, Toughness

1. GİRİŞ

Son yirmi yıldır atık plastiklerin betonda kullanımı yaygınlaşmaktadır. Söz konusu atık plastikler ya agrega olarak ya da bağlayıcı olarak betonda yer almaktadır [1]. Polietilen ürün olarak polyethylene (PE) değişik şekillerde günlük yaşamda yer almakta ve daha sonra atık olarak değerlendirilmektedir [2]. Son zamanlarda atık plastiklerin betonda kullanımı ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır [3-5], özellikle PE'lerin betonda agrega ve lif olarak değerlendirilmesi konusunda birçok çalışma yapılmıştır [6-13]. Harca veya betona katılan PE liflerin beton veya harcın rötre çatlaklarını azaltabildiği yapılan

Bu makaleye atıf yapmak için

Binici H., Alma M. H., Gemci R., Durgun M.Y. "Atık Polietilen (PE) bardaklardan üretilen çimentosuz harçların fiziksel ve mekanik özellikleri" Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi 2011, 7(1) 71-79

How to cite this article

Binici H., Alma M. H., Gemci R., Durgun M.Y. "Physical and mechanical properties of recycled polyethylene (PE)-based mortar without cement" Electronic Journal of Construction Technologies, 2011, 7(1) 71-79

çalışmalardan anlaşılmaktadır. Özellikle plastik rötreinin malzemenin erken bozulmasına neden olduğu göz önüne alındığında atık plastik liflerin katkısının önemi daha iyi anlaşılmaktadır [14–16]. Numunelerde meydana gelen bu çatlaklar yüzünden ıslanma-kuruma, donma çözünme vb. birçok durabilite problemleri görülmektedir. Özellikle değişik boylarda kesilmiş olan plastik liflerin gevrek bir malzeme olan betona süneklik kazandırdığı birçok çalışmadan bilinmektedir [17]. Düşük elastisite modülüne sahip olan lifler harca yüksek performans kazandırmakta ve çekme gerilmelerini alarak çatlakların gelişimini engellemektedirler. Harç içerisinde homojen olarak dağılmış olan değişik çap ve boydaki lifler sertleşmiş harcın yüzeylerinde olası çatlakların gelişimini engellediğinden bu nedenle oluşacak durabilite problemleri de azalmaktadır [18, 19].

Tokluk, malzemelerin dinamik yükler altında deformasyon yapabilme kapasitesidir. Plastik lifler sertleşmiş harca tokluk kazandırmaktadır.

Çimentolu üretimi sırasında atmosfere %5 karbon dioksit salınmaktadır [20]. Çimentolu harçların diğer problemi ise durabilitedir. Bilindiği gibi çok eski zamanlarda yapılmış olan Roma ve Osmanlı eserleri halen oldukça iyi durumdadırlar [21], oysa yakın zamanlarda yapılmış betonarme yapılarda ciddi durabilite problemleri yüzünden kayda değer tamir giderleri harcanmaktadır.

Bu çalışmada çimentosuz beton blokların üretilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla okulun kantininde toplanan PE bardaklar ve değişik kaynaklardan elde edilen kumlar 200 derece sıcaklıkta eritilerek değişik kalıplara alınmıştır. Elde edilen harçlar üzerinde eğilme, basınç, su emme ve aşınma deneyleri yapılmıştır.

2. Materyal ve metot

Çalışmada atık PE bardaklar, kalker, pomza, bazalt ve kuvars kumları kullanılmıştır. PE bardaklar, kullanılan kumun kütlece %30'u kadar alınarak açık alanda aynı kazanda yaklaşık 180–200 °C'ye kadar ısıtılmış ve PE'lerin tamamen erimesi sağlanmıştır. Daha sonra homojen karışım viskoz bir kıvama gelince, harçlar 4x4x16 cm ve 10x10x10 cm boyutlu kapılara alınmıştır.

2.1.1 Polietilen (PE)

Çalışmada kullanılan atık bazı plastik atık PE bardakların özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Polietilen bardakların bazı özellikleri

| Özellikler | Değerler |
|----------------------|-----------------------------|
| Kimyasal yapı | % 100 polietilen |
| Özgül Ağırlık | 0.91 g/cm ³ |
| Su emme | Eser miktarda |
| Ergime noktası | 160 °C |
| Tutuşma sıcaklığı | 250 °C |
| Isı iletkenliği | Düşük |
| Elektrik iletkenliği | Düşük |
| Çekme dayanımı | 300 – 400 N/mm ² |
| Elastiklik modülü | ~ 4000 N/mm ² |

2.1.2 Kumlar

2.1.2.1. Pomza kumu

Pomza boşluklu, süngerimsi, volkanik olaylar sonucu oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, gözenekli, camsı, volkanik bir kayadır. Yüksek oranda ve birbiriyle bağlantılı olmayan

gözenekler içeren, %50'ye yakın nem suyu bulduran ve dolayısıyla nemi alındığında özgül ağırlığı 0,5 g/cm³'e kadar düşebilen bir kayadır. Kayacın içerdiği SiO₂ oranı kayaca aşındırıcı bir özellik kazandırmaktadır (Tablo 2). Al₂O₃ bileşimi ise ateşe ve ısıya yüksek dayanım özelliği kazandırır. Na₂O ve K₂O tekstil sanayinde reaksiyon özellikleri veren mineraller olarak bilinmektedir. Çalışmada kullanılan ve Osmaniye bölgesinden temin edilen pomza bazaltik bir yapıya sahiptir [22]. Harç üretiminde 0-5 mm boyutunda granüle pomza kullanılmıştır.

Tablo 2. Kullanılan pomzanın kimyasal ve fiziksel özellikleri

| Bileşenler | % |
|--------------------------------------|------|
| SiO ₂ | 65.8 |
| Al ₂ O ₃ | 15.5 |
| Fe ₂ O ₃ | 2.5 |
| CaO | 2.4 |
| MgO | 2.7 |
| Na ₂ O + K ₂ O | 7.6 |
| Renk: Kahverengi - siyah. | |
| Sertlik: 1,6 | |

2.1.2.2. Kalker, bazalt ve kuvars kumları

Kalker, bazalt ve kuvars kumlarının fiziksel özellikleri Tablo 3'de ve Petrografik incelemem sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 3. Kalker, bazalt ve kuvars kumlarının bazı fiziksel özellikleri

| Özellikler | Kum türü | | |
|-------------------------------------|----------|--------|--------|
| | Kalker | Bazalt | Kuvars |
| Özgül ağırlık (kg/dm ³) | 2.67 | 2.67 | 1.54 |
| Su Emme Oranı (%) | 1.96 | 1.95 | 2.28 |
| İnce Madde Oranı (%) | 7.44 | 5.23 | 3.03 |
| Hafif Madde Oranı (%) | 0.20 | 0.98 | 2.10 |
| Organik Madde Durumu | Yok | Yok | Yok |

Tablo 4. Kullanılan bazı agregaların petrografik inceleme sonuçları

| Kayaç Cinsi | % Kum türü | | |
|-------------------------|---------------|--------|--------|
| | Kalker | Bazalt | Kuvars |
| Kireçtaşı | 63.4 | 19.5 | - |
| Spilit, Bazalt, Andezit | 20.1 | 53 | 0.2 |
| Sileks, Opal | 12.5 | 18 | 0.2 |
| Serpantinize Peridotit | - | - | 1 |
| Gabro, Diyorit | 1.9 | 1 | 1.5 |
| Kuvars | 1.1 | 8.5 | 97.1 |
| Şist | - | - | - |
| Kumtaşı | - | - | - |

2.2. Metot

Deneysel çalışmalarda kullanılacak kumlarla sırası ile kütlece %30 oranında atık PE'ler ile çimentosuz beton elde edilmiştir. Malzeme üretim aşamasında ilk olarak PE'ler yaklaşık 200 °C'de eritilmiştir (Şekil 1). Yeterince viskoz kıvama gelen PE'lerle belirlenen oranda kumlar karıştırılmıştır. Isıtılma sırasında homojenlik sağlanılmaya çalışılmıştır. Yeterli homojenlik sağlandıktan sonra üretilen harçlar, 40 x 40 x 160 mm ve 100 x 100 x 100 mm boyutlu kapılara konulmuştur (Şekil 2–4). Üretilen harç ve betonlar üzerinde, eğilme ve basınç dayanımları, aşınma ve su emme deneyleri yapılmıştır. Kontrol örneğinin üretiminde hacimce eşit oranlarda pomza, kuvars, bazalt ve kalker kumu kullanılmıştır. 300 dozlu beton kontrol olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 1. PE 'lerin eritilmesi



Şekil 2. Harçların kalıplanması



Şekil 3. 40 x 40 x 160 mm boyutlu numuneler



Şekil 4. 100 x 100 x 100 mm boyutlu numuneler

Çalışmada kontrol numuneleri olarak söz konusu kumlar eşit oranda karıştırılarak su/çimento oranı 0,5 olacak şekilde aynı boyutlarda harç numuneleri üretilmiştir. Elde edilen harçlar 28 gün kür edildikten sonra basınç dayanımları bulunmuştur. Numunelerine aşınma ve su emme değerleri de belirlenmiştir.

3. Deneysel çalışmalar

3.1 Basınç dayanımı

Belirli yaşlardaki beton numuneleri birim alanının taşıyabileceği yük miktarının belirlenmesi ve aynı karışımla üretilen betonun gerçek uygulamadaki elemanın taşıyabileceği yük hakkında fikir yürütmek amacıyla kullanılmaktadır. Sertleşmiş plastik beton ve kontrol örneklerinin basınç dayanımları 100 x 100

x 100 mm'lik numunelerde tek eksenli basınç aleti ile belirlenmiştir (Şekil 5). Sonuçlar Tablo 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Basınç dayanımı testi

Tablo 5. Basınç dayanım sonuçları

| Örnekler | Basınç dayanımı, (MPa) |
|-----------------------------------|------------------------|
| Pomza kumlu beton PE bağlayıcılı | 18.55 |
| Kalker kumlu beton PE bağlayıcılı | 27.57 |
| Kuvars kumlu beton PE bağlayıcılı | 32.15 |
| Bazalt kumlu beton PE bağlayıcılı | 29.17 |
| Kontrol (300 dozlu beton) | 20.37 |

Basınç dayanımları değerlendirildiğinde plastik katkıların basınç dayanımını daha fazla bulunmuştur. Özellikle kuvars ve kalker kumu katkıli betonların dayanımları kontrole göre %60 kadar daha büyük olduğu bulunmuştur. Pomza kumu katkıli betonların basınç dayanımları ise kontrole göre daha düşük bulunmuştur.

3.2 Eğilme dayanımı

Sertleşmiş plastik beton ve kontrol örneklerinin eğilme dayanımları 160 x 40 x 40 mm'lik numunelerde orta noktadan yükleme yapan ve deplasman hesaplayabilen eğilme cihazı ile ölçülmüştür. (Şekil 6) ve sonuçlar Tablo 6 ile Şekil 7'de verilmiştir.

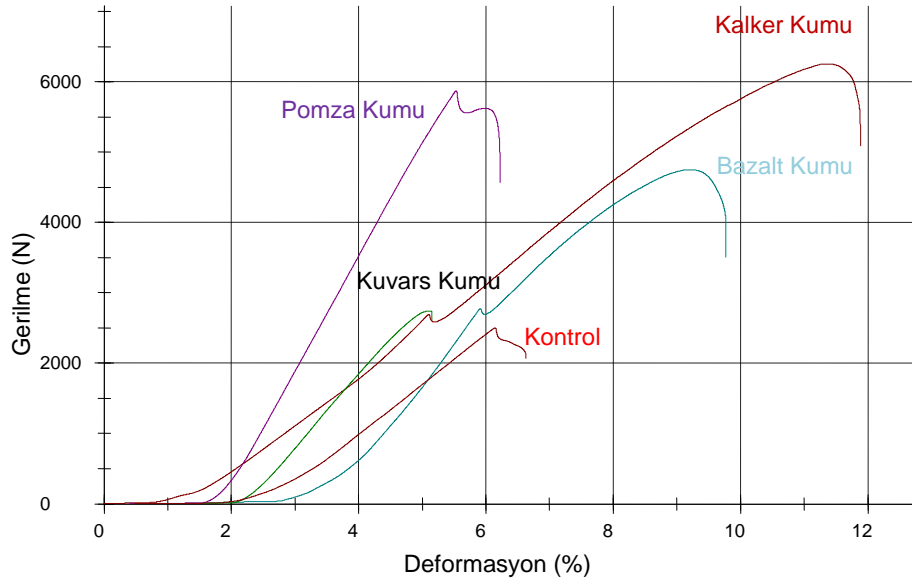


Şekil 6. Eğilme dayanımı

Tablo 6. Örneklerin Elastisite, gerilme ve deformasyon değerleri

| Örnekler | Elastisite modülü (MPa) | Gerilme (MPa) | Deformasyon (%) |
|-------------------------------|-------------------------|---------------|-----------------|
| Pomza kumlu çimentosuz beton | 27.109 | 13.18 | 8.12 |
| Kalker kumlu çimentosuz beton | 32.236 | 13.77 | 5.13 |
| Kuvars kumlu çimentosuz beton | 30.096 | 11.06 | 5.11 |
| Bazalt kumlu çimentosuz beton | 28.845 | 14.12 | 5.02 |
| Kontrol (çimentolu) | 24.322 | 6.43 | 4.02 |

Numunelerin süneklik ve toklukları hakkında bilgi sahibi olmak için yapılan testte elde edilen gerilme-deformasyon eğrisi Şekil 1’de, tokluk değerleri ise Tablo 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Gerilme-deformasyon eğrisi

Tablo 7. Örneklerin Tokluk Değerleri

| Örnekler | Tokluk değerleri |
|---------------------------------|------------------|
| Kontrol | 74.8 |
| Bazaltlı kumlu çimentosuz beton | 285.4 |
| Pomzalı kumlu çimentosuz beton | 124.7 |
| Kalkerli kumlu çimentosuz beton | 135.4 |
| Kuvarslı kumlu çimentosuz beton | 36.2 |

Plastik, çimentosuz betonların tokluklarını büyük oranda artırmıştır. Aynı zamanda betonların sünekliklerini de geliştirmiştir. Özellikle pomza katkılı örneklerin çok daha sünek bir yapıya sahip oldukları görülmüştür. Diğer yandan kuvars kum katkılı betonların toklukları ise en büyük bulunmuştur. Kalker ve bazalt kumu katkılı çimentosuz betonların süneklikleri kontrol örneğe göre daha yüksek bulunmuşken kuvars kumu katkılı çimentosuz betonlar daha gevrek bir yapı göstermiştir. Pomza katkılı betonların sünekliklerinin kuvars katkılı çimentosuz betonlara göre daha fazla olması pomzanın amorf yapısı ile açıklanırken, kuvars katkılı betonların tokluklarının düşük olması ise kuvarsin kristal yapısına ve sertliğine bağlanmıştır. Genel olarak çimentosuz betonların süneklik değerlerinin farklılık göstermesi büyük ölçüde malzemede kullanılan agregaların yapısı ile açıklanabilir. Yani, örneğin çok gevrek ve

amorf bir yapıya sahip olan pomza katkılı numuneler kalker veya bazalt katkılı çimentosuz betonlara göre daha gevrek bir yapıya sahip olduklarından süneklik düzeyler daha düşük bulunmuştur.

3.3. Aşınma ve su emme değerleri

Yüzey aşınmasını bulabilmek için 71x71x71 mm boyutlarında yeni örnekler elde edilmiştir. Boyutlandırılan bu örneklerin eğrilik ve paralellik kontrolleri yapıldıktan sonra aşındırılacak yüzeyler 1'den 4'e kadar numaralandırılmış ve mikrometre ile ölçümleri yapılmıştır. Aşındırılacak yüzey aşağı gelecek şekilde yüzeysel aşındırma cihazına yerleştirilmiş. İşlem tamamlandıktan sonra her bir noktadan ayrı ayrı 0.01 duyarlıktaki mikrometre ile ölçümleri yapılmış ve kalınlıktaki azalmanın yardımıyla aşınma kaybı hesaplanmıştır [23]. Aşınma ve su emme değerleri de Tablo 8'de verilmiştir.

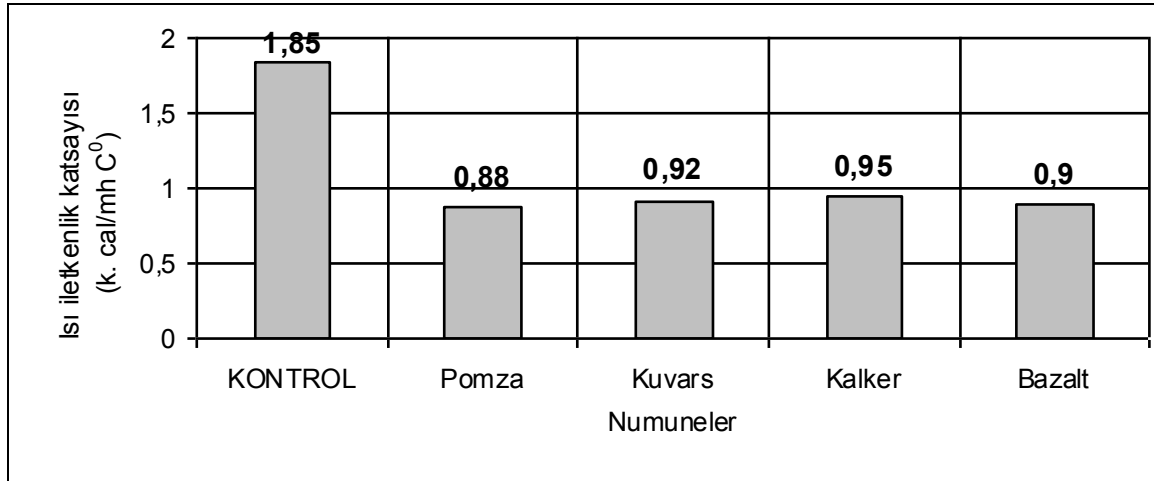
Tablo 8. Örneklerin aşınma ve su emme değerleri

| Örnekler | Kütle kaybı olarak Aşınma değerleri (Kalınlık Kaybı %) | Su emme (%) |
|-------------------------------|---|----------------|
| Pomza kumlu çimentosuz beton | 0.68 | 0.18 |
| Kalker kumlu çimentosuz beton | 0.15 | 0.07 |
| Kuvars kumlu çimentosuz beton | 0.04 | 0.05 |
| Bazalt kumlu çimentosuz beton | 0.09 | 0.06 |
| Kontrol (çimentosuz) | 12.45 | 10.32 |

Elde edilen sonuçlara göre en fazla aşınma ve su emme kontrol numunesinde görülmüştür. Diğer numunelerde ise agrega özelliklerine paralel olarak aşınma ve su emme değerleri bulunmuştur. Örneğin pomza katkılı örneğin elastisite modülü düşük olduğu görülmekte, aşınma dayanımı düşük olmakta ve pomzanın yapısına bağlı olarak su emme değerleri yüksek olmaktadır.

3.4. Isıl İletkenlik Deneyi

Üretilen 100 x 100 x 50 mm boyutlarındaki blokların ısı yalıtımı TS 415'e göre yapılmıştır. Çalışmada elde edilen numuneler üzerinde yapılan ısı yalıtım ölçümlerine göre kontrol örneğinin ısı iletkenlik değeri diğer örneklerden çok büyük bulunmuştur (Şekil 8). Isı yalıtım değerindeki farkın nedeni malzemenin üretiminde kullanılan agreganın yapısı ile açıklanabilir. Örneğin amorf ve gözenekli bir yapıya sahip olan pomza katkılı örneklerin ısı yalıtım değerleri diğerlerine göre daha iyi bulunmuştur. Bu çalışmada diğer kumlarla üretilen referans numuneler üretilmemiştir. Sonraki çalışmalarda bu konu da dikkate alınacaktır.



Şekil 8. Numunelerin ısı iletkenlik katsayıları

4. SONUÇLAR

Çalışmadan elde edilen veriler ışığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1-Basınç dayanımları değerlendirildiğinde plastik katkılı numunelerin basınç dayanımı daha fazla bulunmuştur. Özellikle kuvars ve kalker kumu katkılı betonların dayanımları kontrole göre %60 daha yüksek bulunmuştur. Pomza agregalı betonların basınç dayanımları ise kontrol örneklerine göre daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeni pomzanın boşluklu yapısı ile açıklanmıştır.

2-Plastik, betonların tokluklarını büyük oranda artırmış ve süneklikleri kontrol numunesine göre iyileştirmiştir. Özellikle pomza katkılı örneklerin çok daha sünek bir yapıya sahip oldukları görülmüştür. Diğer yandan kuvars agregalı betonların toklukları ise en büyük bulunmuştur. Pomza katkılı betonların sünekliklerinin kontrol numunesine göre daha fazla olması pomzanın amorf yapısı ile açıklanırken, kuvars agregalı betonların toklukları ise kuvarsın kristal yapısına ve sertliğine bağlanmıştır.

3-Betonların aşınması ve su emmesi ile betonda kullanılan agrega türü ve miktarı arasında yakın bir ilişki elde edilmiştir. Pomza katkılı örneklerin aşınma ve su emme değerleri diğer numunelere göre daha yüksek bulunmuştur. Buna rağmen tüm örneklerin aşınma ve su emme değerleri kontrol örneklerinden daha düşük bulunmuştur.

4-Polietilen katkı içermeyen kontrol örneklerinin ısı iletkenlik değerinin diğer örneklerden çok daha yüksek olduğu görülmüştür.

5- Polietilen katkı içeren örneklerin yüksek sıcağa dayanıklı olamayacağı dolayısı ile buna dikkat edilmesi gerekir. Diğer yandan aşınma direnci ve su geçirmezlik gerektiren yerlerde kullanılabilir.

TEŐEKKÜR

Eğilme deneylerinin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen KSÜ, Orman Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Fatih MENGELÖĞLU ve doktora öğrencisi Kadir KARAKUŐ'a teőekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Mahdi F, Abbas H, Khan AA. Strength characteristics of polymer mortar and concrete using different compositions of resins derived from post-consumer PE bottles. Constr Build Mater 2010;24:25–36.
2. Siddique R, Khatib J, Kaur I. Use of recycled plastic in concrete: A review. Waste Manage 2008;28:1835–52.
3. Manaseer AA, Dalal TR. Concrete containing plastic aggregates. Concr Int 1997;19(8):47–52.
4. Soroushian P, Plasencia J, Ravanbakhsh S. Assessment of reinforcing effects of recycled plastic and paper in concrete. ACI Mater J 2003;100(3):203–7.
5. Batayneh M, Marie I, Asi I. Use of selected waste materials in concrete mixes. Waste Manage 2007;27(12):1870–6.
6. Choi YW, Moon DJ, Chung JS, Cho SK. Effects of waste PE bottles aggregate on the properties of concrete. Cem Concr Res 2005;35:776–81.
7. Marzouk OY, Dheilily RM, Queneudec M. Valorization of post-consumer waste plastic in cementitious concrete composites. Waste Manage 2007;27:310–8.
8. Choi YW, Moon DJ, Kim YJ, Lachemi M. Characteristics of mortar and concrete containing fine aggregate manufactured from recycled waste polyethylene terephthalate bottles. Constr Build Mater 2009;23:2829–35.

9. Akçaözoglu S, Atis CD, Akçaözoglu K. An investigation on the use of shredded waste PE bottles as aggregate in lightweight concrete. *Waste Manage* 2010;30:285–90.
10. Silva DA, Betioli AM, Gleize PJP, Roman HR, Gomez LA, Ribeiro JLD. Degradation of recycled PE fibers in Portland cement-based materials. *Cem Concr Res* 2005;35:1741–6.
11. Ochi T, Okubo S, Fukui K. Development of recycled PE fiber and its application as concrete-reinforcing fiber. *Cem Concr Compos* 2007;29:448–55.
12. Kim JHJ, Park CG, Lee SW, Won JP. Effects of the geometry of recycled PE fiber reinforcement on shrinkage cracking of cement-based composites. *Compos Part B: Eng* 2008;39(3):441–50.
13. Kim SB, Yi NH, Kim HY, Kim JJ, Song YC. Material and structural performance evaluation of recycled PE fiber reinforced concrete. *Cem Concr Compos* 2010;32:232–40.
14. Sarigaphuti M, Shah SP, Vinson K. Shrinkage cracking and durability characteristics of cellulose fibre reinforced concrete. *ACI Mater J* 1993;90(4): 429–35.
15. Toledo Filho RD, Ghavami K, Sanjuan MA, England GL. Free, restrained and drying shrinkage of cement mortar composites reinforced with vegetable fibres. *Cem Concr Compos* 2005;27:537–46.
16. Ahmed SFU, Mihashi H. A review on durability properties of strain hardening fibre reinforced cementitious composites (SHFRCC). *Cem Concr Compos* 2007;29:365–76.
17. Figueiredo AD. Concreto com fibras de aço, *Boletim Técnico da Escola Politécnicada Universidade de São Paulo, BT/PCC/260, ISSN 0103-9830, São Paulo; 2000. p. 69.*
18. Bentur A, Mindess S. *Fibre reinforced cementitious composites*. UK: Taylor & Francis; 2006. p. 449.
19. Luiz A. Pereira de Oliveira, João P. Castro-Gomes, *Physical and mechanical behaviour of recycled PE fibre reinforced mortar, Construction and Building Materials xxx (2010) xxx–xxx. (Baskıda).*
20. Binici H, Shah T, Aksogan O Kaplan H, *Durability of concrete made with granite and marble as recycle aggregates, Journal of Materials Processing Technology, 2008;08:299–308.*
21. Binici H, Arocena J, Kapur S, Aksogan O and Kaplan H, *Investigation of the physico-chemical and microscopic properties of Ottoman mortars from Erzurum (Turkey), Construction and Building Materials, 2010;4:1995–2002.*
22. Aksoğan O, Binici H, Görür E.B, *Yüksek Fırın Cürufu ve Bazaltik Pomza Katkılı Betonların Durabilite Açısından Avantajları, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Dergisi, 2 (2005) 59–66.*
23. TS 2824 EN 1338, DIN 52108, 2002, *Testing of Inorganic Non-Metallic Materials – Wear Test Using The Grinding Wheel According to Boehme-Grinding Wheel Method.*