



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Kentsel Peyzajlarda Geçirimli Beton Kullanımı ve Özelliklerinin Değerlendirilmesi

 Gülay TOKGÖZ^{a,*},  Sedat KARAAHMETLİ^b,  Serkan TOKGÖZ^b

^a Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Mimarlık Fakültesi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Hatay, TÜRKİYE

^b İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Adana, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: gulay.tokgoz@iste.edu.tr

DOI:10.29130/dubited.1078837

ÖZ

Artan dünya nüfusu ile birlikte su ihtiyacı, temini ve yönetimi çok önemli bir konu haline gelmiştir. Özellikle iklim değişikliği nedeniyle şiddetli yağışlar, sel vb. durumlarda suyun yer altı sularına kolay ve hızlı bir şekilde ulaştırılması gerekir. Kentin yeşil altyapı sistemlerini güçlendiren sürdürülebilir yağış suyu yönetimi uygulamalarından birisi geçirimli betondur. Otopark, bisiklet yolları, yürüyüş yolları vb. peyzaj yapılarında geçirimli beton kullanılarak su etkin bir şekilde yeraltına iletilir. Geçirimli betonda su geçirgenliğini sağlamak için özellikle karışımdaki su/çimento oranı ve agrega miktarının uygun oranlarda olması önemlidir. Geçirimli beton, az miktarda kum ve çok miktarda iri agregadan oluşur. Geçirimli betonun hazırlanmasında farklı tipte çimentolar kullanılabilir. Sunulan çalışmada, CEM V/A 32.5 R, CEM I 42.5 R ve CEM I 52.5 R çimentoları kullanılarak hazırlanan geçirimli betonun mekanik özellikleri incelenmiş ve kentsel peyzajlarda kullanımı araştırılmıştır. Beton karışımlarından alınan küp ve prizma örneklerinden beton basınç dayanımı ve eğilme dayanımı değerleri elde edilmiştir. Ayrıca, polipropilen lif içeren geçirimli beton hazırlanmış ve dayanım değerleri belirlenmiştir. Bu araştırma çalışmasından elde edilen sonuçlar, geçirimli betonun otopark, bisiklet yolları ve yürüyüş yolları gibi kentsel peyzajlarda uygulanabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Geçirimli beton, Peyzaj, Yeraltı suyu, Beton basınç mukavemeti, Beton çekme mukavemeti

The Assessments of the Use of Pervious Concrete and Its Properties in Urban Landscapes

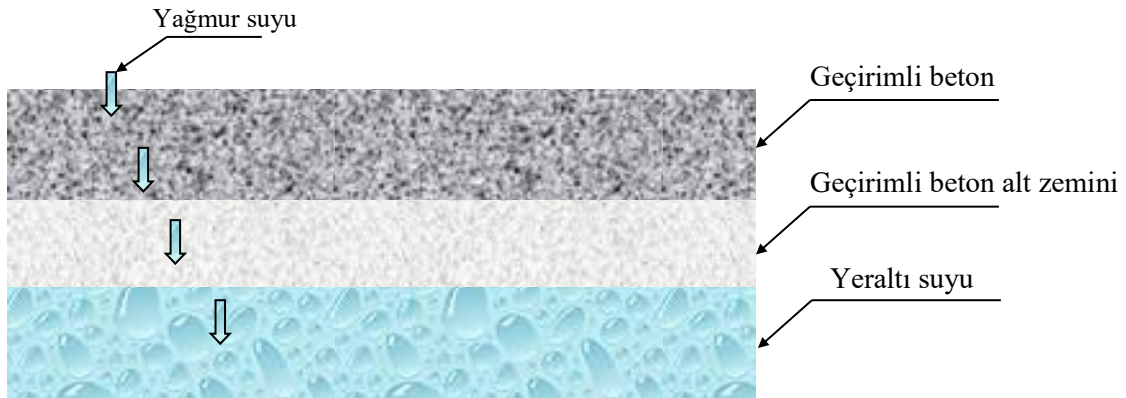
ABSTRACT

Water necessity, supply and management have become very important issue with increasing the population of the world. In the conditions of heavy rains, flood etc. due to especially climate change, it is very important to deliver the water easily and fast to the ground water. One of the applications of sustainable rainfall water management which is strengthened green infrastructure systems of urban is pervious concrete. Using pervious concrete in the landscape structures such as, parking, bicycle roads, walkways etc. water can be delivered to the underground effectively. It is important being especially suitable proportions of water/cement ratio and amount of aggregate in the mixture to provide water permeability at pervious concrete. The pervious concrete comprises of few sand and large amount of coarse aggregate. Different types of cements can be used in the preparation of pervious concrete. In the presented study, the mechanical properties of pervious concrete prepared using CEM V/A 32.5 R, CEM I 42.5 R ve CEM I 52.5 R have been examined and its usage in the urban landscape has been investigated. The concrete compressive strength and flexural strength values have been obtained from cube and prism samples taken from concrete mixtures. In addition, pervious concrete, including polypropylene fibers, has been prepared and the strength values have been determined. The results obtained from this research study indicated that the pervious concrete can be applicable on the urban landscapes, such as parking, bicycle roads and walkways.

Keywords: Pervious concrete, Landscape, Ground water, Concrete compressive strength, Concrete tensile strength.

I. GİRİŞ

Günümüzde nüfus artışına bağlı olarak devam eden kentleşme ve geçirimsiz yapı içeren kentsel alanların artışı, özellikle kentsel ısı adası etkisi, ani sel riski, nehir yataklarında su kalitesinin kötüleşmesi, yeraltı su kaynaklarında azalma gibi belirli çevresel ve toplumsal etkilere yol açmaktadır [1]. Küresel ısınma ve iklim değişikliği nedeniyle kuraklık ve su kıtlığının yaşandığı günümüzde, kentlerde su yönetimi önem arz etmektedir. Dünya genelinde birçok kentte öncelikli konulardan biri, yağış suyunun tutularak, doğal akış rejimine uygun şekilde su yüzeylerine ve su kaynaklarına iletilmesidir [2]. Yağış sularını yer altı suyu ile buluşturmak, su kaynaklarının artması bakımından önemlidir. Birçok bilimsel çalışma, kentsel peyzaj tasarımında yeşil altyapı uygulamalarına dikkat çekmektedir. Güngör [3], Güngör ve Tokgöz [4] çalışmalarında yeşil altyapı planlaması ve tasarımı yaklaşımlarının bir parçası olarak yeşil-gri altyapı entegrasyonunun kentsel su yönetimindeki önemine vurgu yapmışlardır. Kentlerin yeşil altyapı sistemlerini güçlendiren sürdürülebilir yağış suyu yönetimi uygulamalarından birisi olan geçirimli beton uygulaması yapısal özellikleri bakımından peyzaj çalışmalarında etkili kullanım alanı bulmaktadır [5]. Geleneksel betona göre daha fazla gözenek yapısına sahip olması nedeniyle üzerine gelen suyu hızlı ve kolay bir şekilde bulunduğu yüzeyin altına aktararak, daha fazla hava ve su geçirgenliği sağlar [6]. Doğru tasarlanan geçirimli beton, içerdiği boşluklar sayesinde yağış akış hızını azaltarak, akan suyu yer altına iletir (Şekil 1). Geçirimli betonun, araç tekerlerinden kaynaklanan gürültünün emilmesi, ağır metallere kaynaklanan kimyasal kirleticileri filtreleme, sıcaklığı hapsedebilmesi sayesinde şehirlerde kentsel ısı adası etkisini elimine edebilme, altında dolaşan hava ile kar ve buzların erimesini hızlandırma gibi önemli avantajları vardır [7]. Bunun yanında yapılan çalışmalarda laboratuvar test sonuçlarına göre geçirimli betonun yağmur suyunun arıtılması ve kalitesinin artmasında etkili olduğu da görülmüştür. Örneğin Haselbach vd. [8] yağmur suyundaki çözülmüş Cu ve Zn'nin konsantrasyonunun geçirimli betondan oluşturulmuş bir deney düzeneğinde önemli ölçüde tutulduğunu belirtmişlerdir. Lee vd. [9] bir agrega tabanı ile birlikte 20 cm kalınlığındaki geçirimli beton içeren bir sistemden akan sülfürik asit, deniz suyu ve motor yağı içeren çözeltilerin konsantrasyonlarında önemli oranda düşüş olduğunu belirlemişlerdir. Yapay deniz suyu çözeltilerinin tuzluluk içeriğinin %36'dan %1'e, yağ içeriğinin %3'ten %1'e düştüğünü tespit etmişlerdir. Ancak geçirimli beton çöp toplama alanları, yakıt ve kimyasalların depolandığı alanlar gibi yüksek kimyasal kirletici özelliği olan alanlarda kullanılmamalıdır. Araçlardan sızan yakıt ve zehirli kimyasallar geçirimli beton yüzeylerden sızabilir. Kullanımı sınırlayıcı bu faktörler için kum veya ince agregadan yapılmış bir filtre tabakası ya da toprak alt tabanında aralıklarla setler oluşturularak eğimli alanlar meydana getirmek, biyoswale, yağmur bahçeleri gibi özel tasarlanmış alanlar gerekir[10].



Şekil 1. Geçirimli beton tasarımı ve yeraltı suyu akış diyagramı

Geçirimli beton, araç yolları, otoparklar, yürüyüş yolları, kaldırımlar, yağmur bahçeleri, şev stabilizasyonu kaldırım kenarlarındaki drenaj çözümleri, gürültü bariyeri, spor tesislerinin alt yapısı, peyzaj düzenlemeleri ve dekoratif amaçlı kullanımlar için tercih edilmektedir [11,12]. Geçirimli beton konusunda literatürde birtakım çalışmalar mevcuttur. Yang ve Jiang [13] geçirimli betonun araç

yollarında uygulanması üzerine çalışmalar gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışmada, düşük dane çaplı agrega, uçucu kül ve akışkanlaştırıcı kimyasal malzeme kullanımının geçirimli betonun dayanımını arttırdığını ve araç yollarında kullanılabileceğini belirlemişlerdir. Obla [14] yayınlamış olduğu çalışmasında, geçirimli beton malzeme konusunda bilgiler ve geçirimli beton uygulama alanlarından olan otopark ve yürüyüş yolu örnekleri sunmuştur (Şekil 2(a,b)). Mehta vd.[15] uçucu kül ile yapılan geçirimli betonun mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda bağlayıcı malzeme olarak uçucu külün çimento yerine kullanılabileceği sonucuna varmışlardır. Sah vd. [16] yapmış oldukları çalışmalarında agrega boyutu, su/çimento oranı ve lif ilavesinin geçirimli beton davranışına olan etkilerini incelemişlerdir. Jain ve Chouhan [17] çalışmalarında geçirimli betonların geçirimlilik değerlerinin su/çimento oranına, agrega şekline ve boyutuna bağlı olarak değiştiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca küçük boyutlu agrega kullanılarak hazırlanan geçirimli betonların genelde daha yüksek basınç dayanımı gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Bonicelli vd. [18] karışımda bulunan kum miktarının betonun mekanik ve geçirimlilik özelliği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Karışıma kum ilave edilmesinin geçirimli betonun mekanik özelliklerinin iyileştirilmesine katkıda bulunduğunu, buna karşılık geçirimliliğini düşürdüğünü gözlemlemişlerdir. Rehder vd.[19] lif katkılı geçirimli beton üzerine araştırmalar yürütmüşlerdir. Çalışma sonucunda geleneksel betonlarda olduğu gibi geçirimli betonlarda da lif katkısının basınç dayanımı üzerine önemli etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Tennis vd.[20] geçirimli betonların eğilme dayanımı değerlerini etkileyen faktörler üzerine yaptıkları çalışmada, eğilme dayanımının yaklaşık 1 MPa ile 3.8 MPa aralığında değiştiğini ve sıkıştırma derecesi, porozite, agrega/çimento oranı gibi birçok faktörün eğilme dayanımını etkilediğini vurgulamışlardır.



(a) Grendale (Arizona) Stadyumu



(b) Çin (Pekin) Yürüyüş yolu

Şekil 2 (a, b). Geçirimli beton uygulama örnekleri [11]

Geçirimli betonlar geçirimlilik özelliği gösterebilmesi için, genel olarak karışımda yüksek miktarda agrega ve az miktarda ince kum malzeme ile üretilmektedir. Bu bakımdan hazırlanması ve uygulamaları geleneksel betona göre farklılıklar gösterir. Agrega/çimento ve su/çimento karışım oranları geçirimli betonun mekanik ve fiziksel özelliklerini etkileyen en önemli parametrelerdir [21,22]. ACI 522R-10 [11]'ye göre geçirimli beton için tipik karışım oranı belirlenmesine rağmen (Tablo 1), dünya genelinde farklı performans talepleri nedeniyle araştırmacılar tarafından farklı geçirimli beton karışım oranları geliştirilmiştir.

Tablo 1. ACI 522R-10'ye göre tipik geçirimli beton karışım oranları [7,11]

Malzemeler	Karışım oranları (ACI 522R-10 'ye göre)
Bağlayıcı malzeme (kg/m^3)	270-415
Agrega (kg/m^3)	1190-1480

Agrega/çimento oranı (ağırlıkça)	4:1-5.5:1
Su/çimento oranı (ağırlıkça)	0.27-0.34

Geçirimli beton yapısı gereği boşluklu olduğundan genel olarak basınç dayanımları geleneksel betona kıyasla daha düşük elde edilebilir. Söz konusu basınç dayanımı 3.5 MPa ile 28 MPa arasında değişebilmektedir [20]. Ancak geçirimli betonun uygulama alanları dikkate alındığında (örneğin otoparklarda) maruz kalacakları yükleri taşıyabilmeleri için belirli bir dayanım değerini sağlamaları gerekmektedir [14].

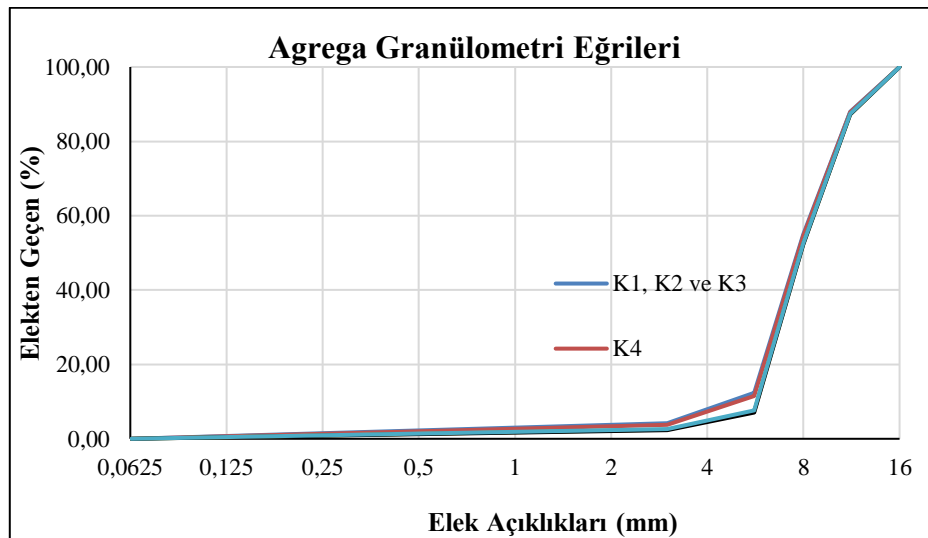
Yapılan çalışmada, farklı tipte çimento içeren geçirimli betonun özelliklerinin ve kentsel peyzajlarda kullanım alanlarının araştırılması amaçlanmıştır. CEM V/A 32.5 R, CEM I 42.5 R ve CEM I 52.5 R tipi çimento ile geçirimli beton numuneleri hazırlanarak basınç ve çekme dayanımının belirlenmesi için test edilmiştir. Böylece farklı çimento türlerinin geçirimli beton dayanımı üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Ayrıca polipropilen lif içeren küp ve prizma numuneler hazırlanarak test edilmiş ve dayanım değerleri belirlenmiştir.

II. MATERYAL ve YÖNTEM

A. DENEYSEL ÇALIŞMA

A.1. Geçirimli Beton Numune Hazırlığı

DeneySEL çalışma kapsamında, CEM V/A 32.5 R, CEM I 42.5 R ve CEM I 52.5 R çimento (Beyaz çimento) olmak üzere 3 farklı Portland çimento türü ile üretilen 150×150×150 mm küp ve 100×100×500 mm prizma geçirimli beton numuneleri hazırlanmıştır. Ayrıca, polipropilen lif içeren geçirimli beton küp ve prizma numuneler üretilmiştir. Geçirimli beton numunelerinin hazırlığında, çimento ile birlikte, maksimum dane çapı 16 mm olan agregalar, kum, su, akışkanlaştırıcı ve lifli numuneler için polipropilen lif kullanılmıştır. Agregalar TS EN 933-1 [23] göre elenmiştir. DeneySEL çalışmada kullanılan agregaların granülometri eğrileri Şekil 3'te sunulmuştur.



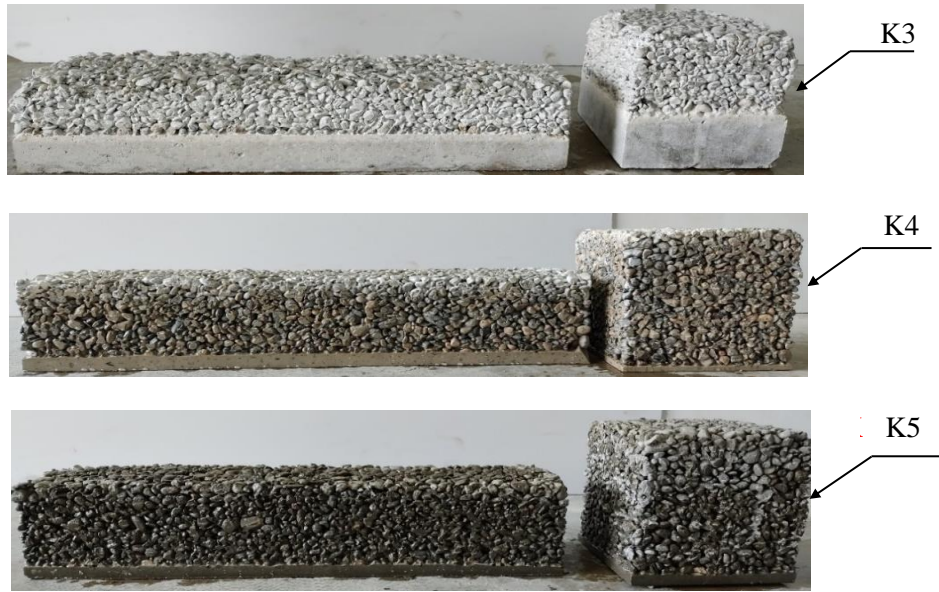
Şekil 3. Agregaların granülometri eğrileri

Hazırlanan numunelerin 1 m³ beton karışımı için; kum, çakıl, su ve çimento malzeme ağırlıkça değerleri, çimento türü, polipropilen lif ve akışkanlaştırıcı malzeme ağırlıkça değerleri ile su/çimento oranı değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Hazırlanan numunelerin 1 m³ beton karışım ağırlıkça değerleri, çimento türü ve su/çimento oranı

Karışım no	Kum (kg/m ³)	Çakıl		Su (kg/m ³)	Çimento (kg/m ³)	Çimento Türü	Polipropilen lif (kg/m ³)	Akışkanlaştırıcı (kg/m ³)	Su/Çimento Oranı
		(d _{max} =11.2 mm)	(kg/m ³)						
K1	240	1700	140	325	32.5R	-	10	0.43	
K2	240	1700	140	325	42.5R	-	10	0.43	
K3	240	1700	140	325	52.5R	-	10	0.43	
K4	220	1700	140	350	42.5R	-	10	0.40	
K5	150	1880	100	340	32.5R	-	5	0.29	
K6	150	1880	100	340	42.5R	-	5	0.29	
K7	150	1880	100	340	52.5R	-	5	0.29	
K8	150	1970	85	290	32.5R	-	5	0.29	
K9	150	1970	85	290	42.5R	-	5	0.29	
K10	150	1970	85	290	52.5R	-	5	0.29	
K11	150	1800	120	340	42.5R	9.1	5	0.35	

Geçirimli beton tasarımında, beton içerisinde su geçiriminin sağlanabilmesi amacıyla ağırlıkça optimum miktarda su, çimento ve agrega malzemelerini belirlemek amacıyla karışımlar hazırlanmıştır. Geçirimli beton numuneler Pan tipi mikser yardımıyla üretilmiştir. Her bir karışımdan 3 adet küp ve 3 adet prizma numunesi alınmıştır. Tablo 2’de sunulan K1-K7 numaralı deneme karışımlarında kum malzeme ve su miktarının geçirimli beton elde etmede gerekenden fazla olması nedeniyle çimento hamuru tabanda birikerek, segregasyon oluşmasına neden olmuş ve numune tabanından su geçirimliliği sağlanamamıştır. Bu durumu gösteren karışımlara ait örnek görseller Şekil 4’te sunulmuştur.



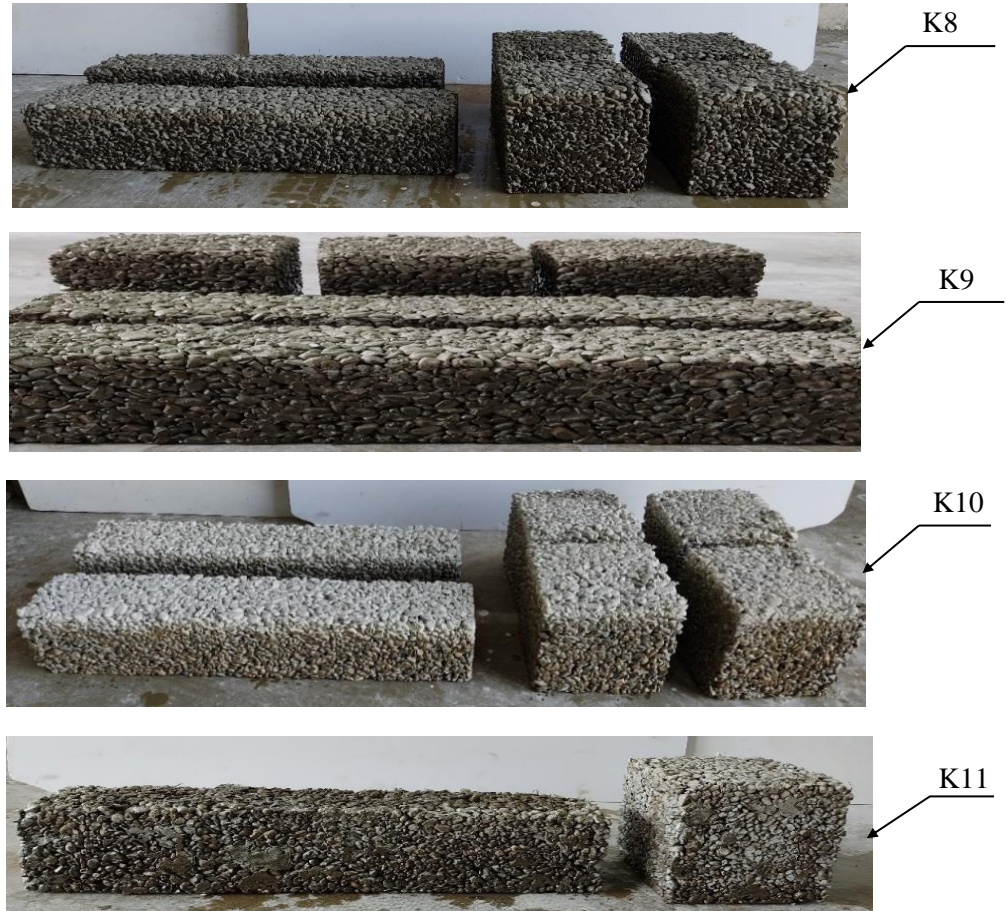
Şekil 4. K3, K4 ve K5 karışımlarında gözlenen segregasyon durumu

Deneysel çalışmada kullanılan polipropilen liflerin görünümü Şekil 5'te sunulmuştur. Polipropilen lifler 12 mm uzunluğunda, 0,032 mm çapında, düz şekilli ve 600-700 MPa özelliğindedir.



Şekil 5. K11 karışımında kullanılan polipropilen lif görünümü

Hazırlanan tüm küp ve prizma numuneler laboratuvarında 28 gün suda bekletilmiştir. Geçirimli beton numunelerinin üretim aşamasını içeren görseller Şekil 6'da sunulmuştur.



Şekil 6. K8-K11 karışımları ile hazırlanan geçirimli beton numuneleri

A.2. Deney Yöntemi

Basınç dayanım testleri TS EN 12390-3 [24] standardına uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Kür havuzunda bekletilen 150×150×150 mm boyutlu küp numuneler yüzeyleri kurutulurak suya doygun şekilde basınç test aletine yerleştirilmiş ve basınç deneyleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 7(a)). Geçirimli

küp beton numunesinin kırıldığı andaki en yüksek yük (P) kaydedilerek, beton basınç dayanımı Denklem (1)'de verilen bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

f_c : Basınç dayanımı (N/mm²)

P: Kırılma yükü (N)

A: Numune kesit alanı (mm²)

Eğilme dayanım testleri TS EN 12390-5 [25] standardına uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Kür havuzunda bekletilen 100×100×500 mm boyutlu prizma numuneler yüzeyleri kurutulularak, suya doymun halde eğilme test cihazına yerleştirilmiş ve dört nokta yüklemesi uygulanmıştır (Şekil 7 (b)). Geçirimli beton prizma numunesinin kırıldığı andaki en yüksek yük (P) kaydedilerek, beton eğilme dayanımı Denklem (2) ile hesaplanmıştır:

$$f_{cf} = \frac{P L}{d_1 d_2^2} \quad (2)$$

f_{cf} : Eğilme dayanımı (N/mm²)

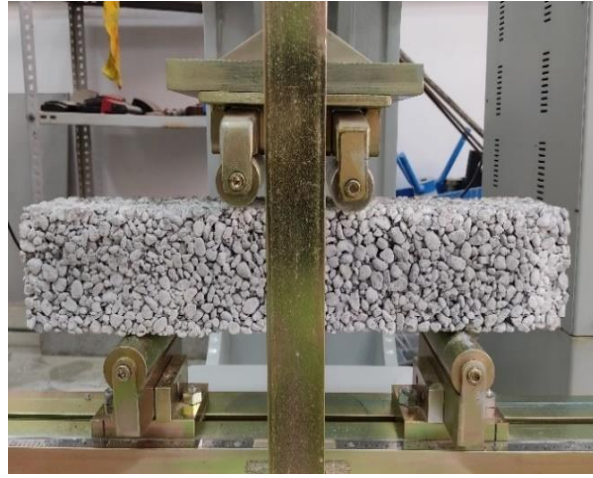
P: Kırılma yükü (N)

L: Mesnetler arasındaki açıklık (300 mm)

d_1, d_2 : Numunenin en kesit boyutları (mm)



(a)



(b)

Şekil 7 (a,b). Geçirimli beton basınç (a) ve eğilme (b) dayanım deneyi

III. BULGULAR ve TARTIŞMA

Geçirimli betonların en önemli özelliği, betonda bulunan boşluklar sayesinde maruz kaldıkları suyun tabana doğru hareketine olanak sağlamasıdır. Bu şekilde yağmur suları yer altı suyuna ulaşabilmektedir. Yapılan çalışmada, geçirimli betona uygulanan suyun beton içerisinden akarak geçtiği gözlenmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Geçirimli betonların su geçirgenliği görünümü

A. DAYANIM TESTLERİ

Basınç dayanımı betonun en önemli mekanik özelliğidir. Geçirimli betonun basınç dayanımının 3.5 MPa ile 28 MPa arasında değiştiği, eğilme kapasitesinin ise 1 MPa ile 3.8 MPa arasında olduğu bilinmektedir [14]. Peyzaj uygulamalarında kullanım amacına göre geçirimli betonun basınç dayanımının yeterli düzeyde olması beklenmektedir. Örneğin otoparklarda uygulanan geçirimli betonun basınç dayanımının yaklaşık olarak 10 MPa ve üzeri olması önerilmektedir [26].

Bu kapsamda, deneysel çalışmada hazırlanmış olan geçirimli betonun dayanımının belirlenmesi amacıyla küp numuneler aksel basınç testine, prizma numuneler ise eğilme testine tabi tutulmuştur (Şekil 7(a,b)). K1-K7 numuneleri tam olarak geçirimli beton özelliğini göstermediğinden bu numunelere dayanım testleri uygulanmamıştır.

Basınç dayanım testleri sonucunda, K8 ve K9 numaralı karışımlar ile hazırlanan geçirimli betonların taşıma gücü anında kırılma biçimleri, numune köşesinde oluşan çatlamlar ve ezilmeler ile meydana gelmiştir. Bunlara ilave olarak, K10 ve K11 numaralı karışım ile hazırlanan numunelerde taşıma gücü anında oluşan kırılma, beton yüzeyinde çok sayıda meydana gelen çatlak ile gerçekleşmiştir (Şekil 9). Polipropilen lifli olarak hazırlanan (K11) numunelerde meydana gelen çatlaklar ise, K10 numaralı karışım ile hazırlanan numunelerde oluşan çatlaklara nazaran kılcal düzeyde kalmıştır.



K8 karışımı numunesi



K9 karışımı numunesi



K10 karışımı numunesi



K11 karışımı numunesi

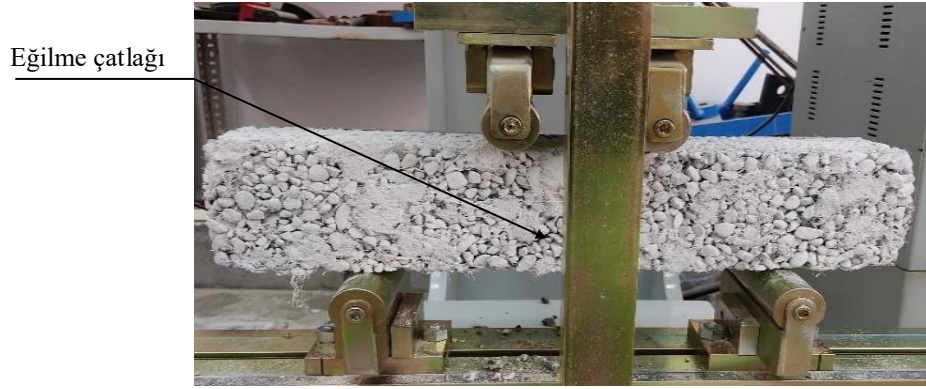
Şekil 9. Beton basınç dayanım deney sonu görselleri

Eğilme dayanımı testlerinde, lifsiz geçirimli beton prizma numunelerde kırılma ani ve gevrek olarak gerçekleşmiştir. Lifsiz prizma numuneler taşıma gücü anında iki parçaya ayrılarak kırılmıştır (Şekil 9). Lifli prizma numune testlerinde ise kılcal düzeyde eğilme çatlakları oluştuğundan sonra numunenin bir miktar

daha yük almaya devam ettiği ve lif etkisiyle numunenin iki parçaya ayrılmadan eğilme kapasitesine ulaştığı gözlenmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Geçirimli beton eğilme testi kırılma biçimi

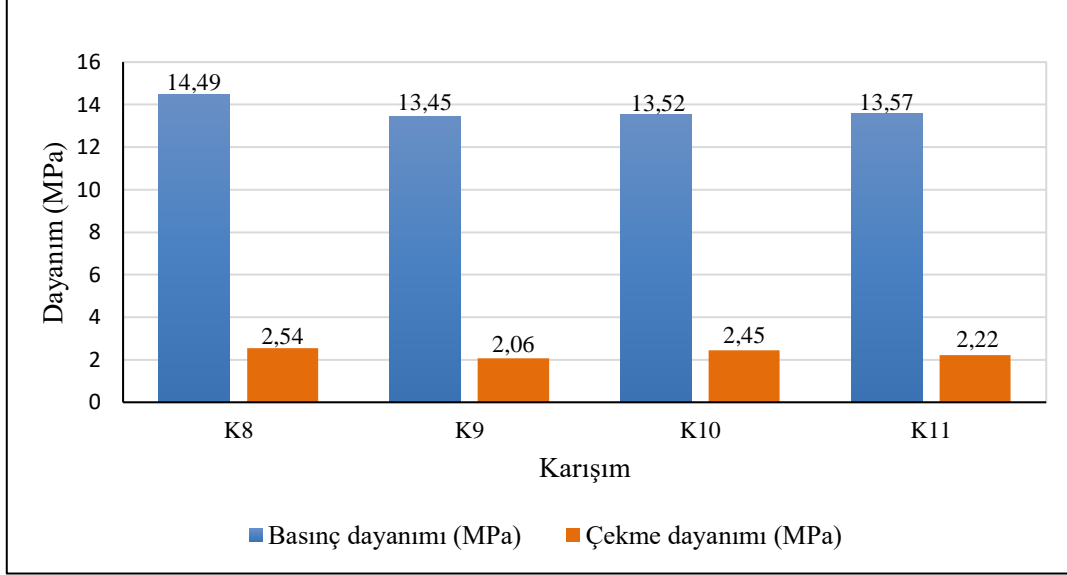


Şekil 11. Lifli geçirimli beton eğilme testi kırılma biçimi

Geçirimli beton K8-K11 nolu karışımları için küp ve prizma numunelerden elde edilen ortalama beton basınç dayanım değerleri ve ortalama eğilmede çekme dayanım değerleri Tablo 3’de ve karşılaştırmalı olarak Şekil 11’de sunulmuştur.

Tablo 3. Geçirimli beton numunelerine ait basınç ve çekme dayanımı değerleri.

Karışım no.	Basınç dayanımı (f_c) (MPa)	Eğilme çekme dayanımı (f_{ct}) (MPa)
K8	14.49	2.54
K9	13.45	2.06
K10	13.52	2.45
K11	13.57	2.22



Şekil 12. K8-K11 karışımları basınç ve çekme dayanımları

Tablo 3 incelendiğinde, geçirimli beton numune ortalama basınç dayanım değerlerinin 13.45 MPa ile 14.49 MPa (N/mm²) arasında, çekme dayanımlarının ise 2.06 MPa ile 2.54 MPa arasında elde edildiği görülmektedir. Çalışmada bulunan sonuçlara göre, karışımlarda kullanılan farklı çimento türlerinin geçirimli beton basınç ve çekme dayanımı üzerine önemli düzeyde etkili olmadığı belirlenmiştir. Dayanım değerleri genel olarak birbirine yakın değerlerde bulunmuştur (Şekil 12). Huhtala vd [27] yapmış oldukları çalışmalarında araçların yola uyguladıkları basıncın 0,7 MPa ile 0,85 MPa arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bu sonuca göre, test edilen numunelerin dayanım değerleri dikkate alındığında, geçirimli betonların yürüyüş yolları, bisiklet yolları, otopark gibi kentsel peyzaj uygulamalarında, maruz kalacakları yüke karşı yeterli dayanıma sahip oldukları sonucuna varılmıştır. Geçirimli beton malzemesinin üretim maliyetinin önemli olduğu peyzaj uygulama alanlarında, ekonomi sağlamak amacıyla CEM V/A 32.5 R veya CEM I 42.5 R türü çimentoların kullanılabilmesi öngörülmektedir. Beyaz çimento (CEM I 52.5 R) ile üretilen geçirimli betonun maliyeti diğer çimento türleri içeren geçirimli betonlara kıyasla daha yüksek olacaktır.

Yapılan deneysel çalışma sonucunda, K8-K10 geçirimli beton karışımlarının kentsel peyzajlar için uygun olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda Tablo 2’de K11 nolu karışımda görülen miktarlar ile üretilen polipropilen lifli geçirimli beton numunelerin dayanım ve geçirimsizlik bakımından uygun sonuçlar sağladığı görülmüştür.

IV. SONUÇ

Sunulan çalışmada, geçirimli betonun kentsel peyzajlarda uygulamaları ve özellikleri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında farklı tip çimento (CEM V/A 32.5 R, CEM I 42.5 R ve CEM I 52.5 R) içeren geçirimli beton küp ve prizma numuneler üretilerek mekanik özellikleri incelenmiştir. Betonun basınç dayanımının belirlenmesi amacıyla küp numuneler basınç testine tabi tutulmuştur. Ayrıca prizma numunelere dört nokta yüklemesi uygulanarak eğilmede çekme dayanımı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre geçirimli betonda kullanılan farklı tip çimentoların beton basınç ve çekme dayanımı üzerine çok büyük etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Çalışmada ayrıca polipropilen lif ile geçirimli beton üretilmiş ve mekanik özellikleri bakımından lifsiz geçirimli betonlara benzer değerler elde edilmiştir. Geçirimli beton karışımında kullanılan agrega dane boyutunun ve su/çimento oranının doğru bir şekilde ayarlanması ile dayanım ve su geçirimi özelliği bakımından uygun geçirimli beton elde edilebileceği belirlenmiştir. Ekonomik tasarım yapılması gerektiği durumlarda CEM V/A 32.5 R veya CEM I 42.5 R çimentonun kullanılabilmesi, özellikle estetik peyzaj yapısı istenilen durumlarda beyaz çimento (CEM I 52.5 R) içeren geçirimli betonun tercih edilebileceği önerilmektedir. Yapılan çalışmalarda, geçirimli betonun mekanik özellikleri dikkate alındığında, özellikle otoparklar ve yürüyüş

yolları gibi geniş yüzeylerde uygulanmasının ekonomik olacağı ve su yönetimi bakımından katkı sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

V. KAYNAKLAR

[1] M. Kováč and A. Sičáková, “Pervious concrete as a sustainable solution for pavements in urban areas,” *Environmental Engineering 10th International Conference*, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania, 2017, pp.1-18.

[2] G. Tokgöz, O. Güngör, “İklim değişikliği ile mücadelede peyzaj uygulamalarında geçirimli sert zemin kullanımının su döngüsüne katkıları,” *I. Uluslararası Sağlık ve İklim Değişikliği Kongresi* Ankara, Türkiye, 2021, ss.88-102.

[3] O. Güngör, “Examination of the open and green areas of Iskenderun (Hatay) in terms of urban green infrastructure planning principles,” *Theories, Techniques, Strategies For Spatial Planners & Designers*, England, Peter Lang, 2021, pp. 353-371.

[4] O. Güngör, G. Tokgöz, “Peyzaj tasarımı ile yağmur suyunu yönetmek: İskenderun kenti sahil bandı için öneriler,” *III Uluslararası Şehir, Çevre ve Sağlık Kongresi*, Türkiye, 2021, ss. 340-351.

[5] M. Ö. Alkan, G. Kaçmaz, Ş. Hepcan, Ç. Çoşkun, “Geçirimli betonun infiltrasyon performansının ölçülmesi: Peynircioğlu Deresi Parkı, Mavişehir, İzmir,” *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, c.18, s. 2, ss.225-231, 2021.

[6] S. Çelikten ve M. Canbaz, “Agrega tane boyutunun ve bağlayıcı türünün geçirimli beton özelliklerine etkisi,” *Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology B- Theoretical Sciences*, c.8, s.2, ss.171 -181, 2020.

[7] Ö. B. Topcu, “Geçirimli beton tasarımı ve zemin kaplama bloklarında kullanım olanaklarının araştırılması,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye, 2019.

[8] L. Haselbach, C. Poor and J. Tilson, “ Dissolved zinc and copper retention from stormwater runoff in ordinary Portland cement permeable concrete,” *Construction and Building Materials*, vol. 53, pp.652-567, 2014.

[9] M. G. Lee, M. Tia, S. H. Chuang, Y. Huang and C. L. Chiang, “Pollution and purification study of the permeable concrete pavement materials,” *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol 26, no. 8, 04014035, 2014.

[10]Minnesota Pollution Control Agency, (2022, February 6) [Online] Available: https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php/Design_criteria_for_permeable_pavement.

[11] ACI. 522R–10, “Report on Pervious Concrete,” ACI Committee 522, United States. 2010.

[12] Hazır Beton (2018, Mayıs-Haziran). Geçirimli Beton Uygulama Kılavuzu, [Çevrimiçi] Erişim: https://www.thbb.org/media/281170/gecirimli_beton_uygulama_k%C4%B1lavuzu_147.pdf

[13] J. Yang and G. Jiang, “Experimental study on properties of pervious concrete pavement materials,” *Cement and concrete research*, vol.33, no. 3, pp.381-386, 2003.

[14] K. H. Obla, “Pervious concrete – An overview”, *The Indian Concrete Journal*, vol. 84, no. 8, pp. 9-18, 2010.

- [15] S. Mehta, Y. Shah, V. Surti and R. Shah, "Study on compressive strength and permeability of pervious concrete," *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, vol. 5, no. 4, pp. 669-671, 2016.
- [16] S. K. Sah, S.N. Guntakal and S. S Selvan, "Experimental study on behavior of pervious concrete in strength and permeability by changing different parameters," *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 13, no. 6, pp. 4550-4554, 2018.
- [17] A. K. Jai and J. S. Chouhan, "Effect of shape of aggregate on compressive strength and permeability properties of pervious concrete," *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies* vol. 1, no.1, pp. 120-126, 2011.
- [18] A. Bonicelli, F. Giustozzi and M. Crispino, "Experimental study on the effects of fine sand addition on differentially compacted pervious concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 91, pp. 102–110, 2015.
- [19] B. Rehder, K. Banh and N. Neithalath, "Fracture behavior of pervious concretes: The effects of pore structure and fibers," *Engineering Fracture Mechanics*, vol.118, pp. 1-16, 2014.
- [20] P. D. Tennis, M.L. Leming and D.J. Akers, "*Pervious Concrete Pavements*," Portland Cement Association, Skokie, Illinois, and National Ready Mixed Concrete Association, Maryland, USA, Silver Spring, 2004, pp. 36.
- [21] A. Akkaya ve İ. H. Çağatay, "Geçirimli betonların permeabilite ölçümleri üzerine deneysel bir çalışma," *2 nd International Mediterranean Science and Engineering Congress*, Adana, Turkey, 2017, ss.1701-1707.
- [22] Ö.B. Topcu, B. Felekoğlu ve B. Çaylak, "Agrega kökeni, agrega/çimento oranı ve ince malzemeli agreganın kullanımının geçirimli betonun fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi üzerine bir çalışma," *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c.12, s.1, ss. 225-234, 2018.
- [23] *Agregaların geometrik özellikleri için deneyler bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımı tayini- Eleme Metodu*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 933-1,1999
- [24] *Beton-Sertleşmiş beton deneyleri-Bölüm 3:Deney numunelerinin basınç dayanımının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 12390-3, 2019.
- [25] *Beton-Sertleşmiş beton deneyleri-Bölüm 5:Deney numunelerinin eğilme dayanımının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 12390-5, 2002.
- [26] A. Sičáková and M. Kováč, "Relationships between functional properties of pervious concrete" *Sustainability*, vol 12, no. 16, pp. 6318, 2020.
- [27] M. Huhtala, J. Pihlajamaki and M. Pienimeki, "Effects of tires and tire pressures on road pavements," *Transportation Research Record*, vol. 1227, pp. 107-114, 1989.