




## Lif takviyeli beton yol kaplamalarının dinamik yük altındaki yorulma davranışının incelenmesi

*Investigation of fatigue behavior of fiber reinforced concrete pavements under dynamic load*

Cumhur KANBAK\*<sup>1,a</sup> , Sedat ÖZCANAN<sup>2,b</sup>  Muhammet Vefa AKPINAR<sup>3,c</sup>  Ali Osman ATAHAN<sup>1,d</sup> 

<sup>1</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 34485, Maslak/İstanbul*

<sup>2</sup>*Şırnak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 73000, Şırnak*

<sup>3</sup>*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon*

• Geliş tarihi / Received: 07.04.2022

• Kabul tarihi / Accepted: 02.09.2023

### Öz

Tam derzli beton yollarda derzlerden süzülen yağmur suları veya drenaj sularından kaynaklı kaplama altındaki hydropumping sonucu temel tabakasında yumuşama ve sonrasında ince tanelerin yüzeye çıkması sonrası boşluklar oluşmaktadır. Temel tabakasında meydana gelen boşalmalar sonucunda, araçların tekrarlı geçişleri esnasında derz bölgelerinde kısa zamanda oluşan çatlaklar beton kaplamanın hizmet ömrünü kısaltabilmektedir. Bu çalışma kapsamında, beton yollarda meydana gelen bu bozulmalara çözüm olarak piyasada son yıllarda beton sektöründe rağbet gören lif katkılı betonun performansı araştırılmıştır. Bu amaçla lif katkılı ve yalın beton ile hazırlanan plakalar, kaplama altında meydana gelen boşalma baz alınarak tekrarlı yüklemeler altındaki davranışı dinamik yüklemeler ile deneysel olarak incelenmiştir. Liflerin betonda oluşan çatlamlara etkisi, göçme bölgesinde taşıdığı yük miktarı, deplasman performansı gibi parametreler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında lif katkılı betonun yalın betona göre derz bölgesindeki çatlaklara karşı daha mukavemetli olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Beton yol, Dinamik analiz, Lif katkı, Yorulma davranışı

### Abstract

*In full-joint concrete roads, as a result of hydropumping under the pavement caused by rain water or drainage water filtered from the joints, cavities are formed after softening in the foundation layer and then the emergence of fine grains to the surface. As a result of the discharges in the foundation layer, cracks that occur in the joint areas during the repeated passage of vehicles can shorten the service life of the concrete pavement. Within the scope of this study, the performance of fiber-added concrete, which has been in demand in the concrete sector in recent years, has been investigated as a solution to these deteriorations in concrete roads. For this purpose, the behavior of plates prepared with fiber-reinforced and plain concrete under cyclic loading was investigated experimentally with dynamic loading, based on the discharge occurring under the pavement. Parameters such as the effect of fibers on cracking in concrete, the amount of load carried in the collapse zone, and displacement performance were investigated. In the light of the results obtained, it has been determined that fiber reinforced concrete is more resistant to cracks in the joint area than plain concrete.*

**Keywords:** Concrete pavement, Dynamic analysis, Fiber additive, Fatigue behavior

\*a Cumhur KANBAK; [ckanbak28@gmail.com](mailto:ckanbak28@gmail.com)

## 1. Giriş

### 1.1. Introduction

Lif takviyeli beton (LTB), performansını artırmak için beton karışımına eklenen çelik veya sentetik lifler gibi ayrı lifler içeren bir beton türüdür. Kaplama söz konusu olduğunda, betonun çatlamaya karşı direncini artırmak ve daha iyi dayanıklılık sağlamak için LTB kullanılır. LTB kaplamanın, gelişmiş yorulma direnci, gelişmiş çatlak direnci ve artan dayanıklılık gibi geleneksel beton kaplamaya göre birçok avantajı olduğu gösterilmiştir. Beton karışımında liflerin kullanılması, betonun işlenebilirliğini de geliştirerek yerleştirmeyi ve sonlandırmayı kolaylaştırır. Çelik lifler, sentetik lifler ve doğal lifler dâhil olmak üzere LTB kaplamada kullanılacak bir dizi farklı lif türü vardır. Her tür lifin kendine özgü özellikleri vardır ve betona farklı faydalar sağlayabilir.

Beton yollarda liflerin/fiber kullanımıyla ilgili yapılmış birçok çalışma mevcuttur. [Karakurt ve Arslan'ın \(2017\)](#) çeşitli fiberlerle takviye edilmiş betonun geleneksel betona karşı performansını araştırdıkları çalışmalarında, rijit kaplamaların servis ömrü boyunca oluşabilecek dış etkilere karşı fiberlerin dayanımı arttırdığı, polimer elyaf lifler ile betonun aşınma direnci ve mekanik davranışı üzerinde önemli iyileştirmeler tespit edildiğini ifade etmişlerdir. Bununla birlikte fiber kullanımının betonda topaklaşmaya neden olduğu, bu tip problemlerin çözümü ve fiberlerin betonun mekanik-durabilite özelliklerine olumlu katkısı için yeni nesil akışkanlaştırıcıların kullanılmasının zorunlu olduğu belirtilmiştir ([Alterra vd., 2021](#)). [Khan vd., \(2020\)](#) fiber takviyeli beton yol performansı için yaptığı çalışmada, fiber takviyenin beton yol mekanik özelliklerini iyileştirdiği ve beton yol kalınlığını düşürdüğünü belirtmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada, fiber takviyeli betonun daha yüksek çatlak performansı ve aşınma direnci gösterdiği vurgulanmıştır. Bununla birlikte üstyapı maliyetlerinde düşüş ve daha düşük karbon salınımı avantajları sağlamaktadır ([Öztürk & Özyurt, 2022](#)). Özellikle betonun çevresel etkilerini ve kaplama kalınlığını azaltmak, eğilme kapasitesi, çatlak ve yorulma direncini artırmak için ayrı liflerin kullanımı önerilmiştir ([Altoubat vd., 2008](#); [LaHucik vd., 2017](#); [Crick, 2020](#)). Kullanılan fiber malzemesinin türü ve miktarı beton performansını etkileyen faktörlerdir ([Ferrara vd., 2007](#); [Rooholamini vd., 2018](#)). Betonda farklı lif/fiber kullanımı betondaki bozulmalara karşı dayanımı arttırarak, bozulmaları geciktirmektedir ([Shakir vd., 2021](#)).

Derz kesilmiş donatılı ya da donatısız beton yollarda derzlerden süzülen yağmur suları veya drenaj suları kaplamanın altına geçmektedir. Kaplama altına geçen su temelde zemin boşalmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda, araçların tekrarlı geçişleri esnasında derz bölgelerinden 20-30-50 cm mesafede zamanla çatlaklar oluşmaktadır. Bu problemin çözümü için bu çalışmada, yalın, lif katkılı ve çelik hasırlı beton ve zeminin boşalma mesafelerindeki değişikliklere göre, tekrarlı yüklemeler altındaki davranışı incelenmiştir. Liflerin bu çatlamalara etkisi, katkısı ve göçme bölgesinde taşıdığı yük miktarı gibi parametreler incelenmiş, deneysel olarak tatbik edilmiştir. Bu çalışmanın beton üreticileri, lif üreten fabrikalar, belediyeler ve karayollarına katkı sunması beklenmektedir.

## 2. Materyal ve metod

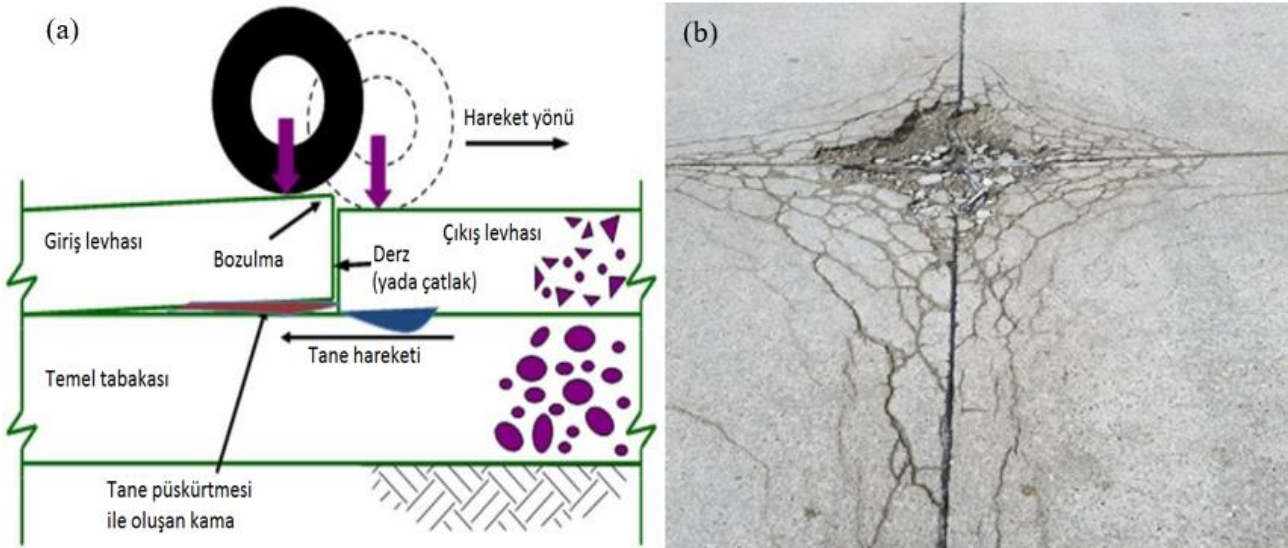
### 2.1. Material and method

#### 2.1.1. Problemin tanımı

##### 2.1.1.1. Description of the problem

Derzli beton yollarda, zamanla yağmur sularının, derzlerden girip derzin alt zeminine nüfuz edip, araç geçişleri ile yola gelen yükün, araç geçişinden sonra boşalması sonucu bir pompalama işlemi başlatır, bu pompalama işlemi ile birlikte alt zeminde bulunan düzensiz malzemeleri su ile dışarı atmaya başlar ve zamanla alt zemin boşalmaya başlar. Alt zeminin boşalması sonrasında araçların geçişi esnasında beton yolda deformasyonlar meydana gelir buna suyla pompalama (hydropomping) denir. Şekil 1'de suyla pompalama (hydropomping) mekanizması görülebilir.

Bu çalışmada yukarıda tanımlanan problemin çözümü araştırılmıştır. Araştırmada, derz altında bulunan alt zeminde meydana gelen zemin boşalması sonucunda, araçların tekrarlı geçişleri esnasında derz bölgelerinden 20-30-50 cm mesafelerde zamanla oluşan çatlakların, lif katkılı betonlarda, çelik hasırlı betonlarda, yalın betonlarda ve zeminin boşalma mesafelerindeki değişikliklere göre, tekrarlı yükler altındaki davranış dinamik yüklemeler ile incelenmiştir.



**Şekil 1.** (a) Suyla pompalama (hydropomping) mekanizması (Harrington vd., 2018) (b) Suyla pompalama sonucu derz bölgelerinde temel destek kaybı ve oluşan çatlaklar.

**Figure 1.** (a) Hydropomping mechanism (Harrington et al. 2018) (b) Loss of foundation support and cracks in joint areas as a result of hydropomping.

## 2.2. Deney düzeneği

### 2.2. The experimental setup

İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı deprem laboratuvarında bulunan yorulma çerçevesinde plaklar yorulmaya maruz bırakılacaktır. Şekil 2’de deneyde kullanılacak yorulma mekanizması verilmiştir.



**Şekil 2.** Yorulma çerçevesi.

**Figure 2.** Fatigue framework

Yorulma çerçevesi özellikleri;

- 2 adet hidrolik yük veren kolları olan
- 500 KN yükleme yapılabilen
- +-125 mm yerdeğiştirme imkanı veren
- Saniyede 8-10 devir yükleme yapılabilen özelliklerde olan bir çerçevedir.

Şekil 3’te yorulma çerçevesi boyutları görülmektedir.





**Şekil 3.** Yorulma çerçevesi boyutları.  
**Figure 3.** Fatigue frame dimensions.

### 2.3. Beton içinde kullanılacak lif çeşitleri

2.3. Types of fibers to be used in concrete

Lif çeşidi olarak Kordsa A.Ş. tarafından üretilen kratos marka makro lif çeşidi seçilmiştir. Kullanılan malzeme ile ilgili olarak; KraTos Yapısal Makro Sentetik Fiber Donatıları (Kordsa, t.y.); yüksek performanslı polipropilen hammaddeden üretilerek EN 14889-2 Sınıf 2 ve ASTM C 1116 standartlarına uygun hale getirilmiştir. Betonun yüzeydeki çatlama ve yük altında meydana gelen strüktürel çatlaklara karşı etkili bir çözüm sunan KraTos Makro, beton içinde 3 boyutlu(3D) homojen dağılımlı fiber tasarımı, servis ve tasarım yükleri altında betonun taşıma kapasitesini artırarak, her noktada etkin çatlak kontrolü sağlamaktadır. Çok geniş bir uygulama alanı olan malzeme, şap betonları, endüstriyel saha betonları, liman ve pist betonları, özellikli ray altı betonları, püskürtme ve tünel kaplama betonları ile prekast yapı elemanlarında kullanılabilir. Ayrıca malzeme CE belgeli ve yerli bir firma tarafından %100 yerli üretim teknolojisi üretilmektedir. Kolay karıştırılabilme ve hızlı uygulanabilme avantajlarıyla birlikte yüksek dayanım özellikleri, inşaat sektöründe birçok alanda kullanılabilen KraTos Makro'nun yukarıda bahsedilen avantajlarıyla birlikte bu çalışmada tercih edilmesindeki önemli faktördür. KraTos lif karakteristik özellikleri ve çalışma prensibi Şekil 4'te verilmiştir.

KraTos Makro	Karakteristik özellikler
Fiber sınıfı	EN 14889-2 Sınıf II
Ham madde	Polipropilen
Özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	0,91
Uzunluk (mm)	54
Çap (mm)	0,70
Çekme gerilmesi (MPa)	550
Erime sıcaklığı oC	160
Alkali direnci	Çok iyi
Korozyon direnci	Çok iyi
Fiber adedi/kg	50.000

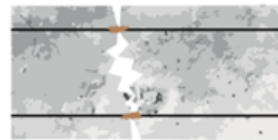
#### KraTos Makro'nun çalışma prensibi



#### KraTos Makro

\*3D homojen dağılım özelliği ile betonda her noktada etkin çatlak köprüleme performansı

\*Elektrik iletkenliği yoktur ve korozyona uğramaz. Uzun dönem durabilite sağlar.



#### Çelik Hasır

**Şekil 4.** KraTos lif karakteristik özellikleri ve çalışma prensibi (Kordsa, t.y.).  
**Figure 4.** KraTos fiber characteristics and working principle (Kordsa, t.y.).

Lif katkılı beton karışım oranı; proje gereksinimlerine göre değişen optimum KraTos Makro dozajı genellikle 2 - 10 kg/m<sup>3</sup> aralığındadır. Bu çalışmada deneyler için tek dozaj uygulanmıştır. Bu dozaj KraTos makro fiberlerin daha önceki uygulamalarından elde ettiği en optimum değerlerden biri olan 4.5 kg/m<sup>3</sup> kullanım değeridir.

## 2.4. Deneyde kullanılacak plakların hazırlanması

### 2.4. Preparation of the plates to be used in the experiment

Deneylerde kullanılan beton, Betonsa tarafından İstanbul Kâğıthane şantiyesinde C25 sınıfı olarak üretilmiş olup, deneylerde kullanılacak plaklar, şantiye sahasında dökülmüştür. Yol betonu modellemek amacıyla, derz mesafeni belli edebilmek adına 2m\*2m\*0,20 cm boyutlarında 15 adet plak numune hazırlanmıştır. Deneyde kullanmayı planladığımız 15 adet plaklarımız, arazi şartlarını yansıtmaması sebebiyle Betonsa santrali arazisinde hazırlanmıştır. Deney plakalarının beton dökümleri ve kütleme işlemleri ile ilgili resimler Şekil 5'te görülmektedir.



**Şekil 5.** Deney plaklarının beton dökümleri ve kütleme işlemleri. (a) Beton dökümü (b)-(c) Kalıplar ve plakalar (d) Kütleme işlemi (e) Küp numuneler (f) Kiriş numuneler.

**Figure 5.** Concrete casting and curing processes of test plates. (a) Concrete casting (b)-(c) Concrete forms and slabs (d) Curing process (e) Cube samples (f) Beam samples.

Aşağıda kullanılan farklı takviye malzemeleri ve birleşimler için plakalar hazırlanmıştır. Farklı birleşimler aşağıdaki gibi isimlendirilmiştir.

- P1 Plakası yalın beton dökülmüş olup içinde hiçbir katkı malzemesi kullanılmamıştır.
- P2 Plakası m<sup>3</sup> ünde 4.5 kg makro fiber kullanılarak dökülmüştür.
- Her plak numunesi için 3 er adet küp numunesi dökülmüştür.
- Her fiber katkılı plak numunesi için 3 er adet kiriş numunesi dökülmüştür.
- Plaklar kür işlemi için naylon ile kapatılıp, numunelerle birlikte şantiye ortamında bekletilmektedir.
- Deneyde kullanılan beton değeri olarak C25 seçilmiştir. Beton agregasında kullanılan agrega kalınlığı 2 cm mertebesinde.
- Deneyde kullanılacak temel malzemesi yerine Winkler yöntemiyle zemin katsayısı hesaplanıp, aynı değere tekabül edecek kalınlıkta kauçuk kullanılmıştır.

### 3. Bulgular ve tartışma

#### 3. Results and discussion

Bu çalışmamızda, fiber lif katkılı beton ve yalın betonun dinamik yükler altında yorulma davranışının incelenmiştir. Beton yollarda sıklıkla derz kesimi sonucunda, çevresel ve yağmur sularının derzlerden içeri girip, alt zemini boşaltması sonucu meydana gelen hydropomping mekanizması deneyimizde modellenmiştir. Alt zemin boşluğu sahada yaygın olarak karşılaşılan 20 cm değeri alınmıştır. Malzeme olarak yalın beton ve 4,5 kg lif değişkenleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan malzeme ve numune matrisi Tablo 1’de verilmiştir. Araç geçişini temsilen, yapılacak dinamik yükleme ile fiber lif katkılı betonun yalın betona karşı avantajı araştırılmıştır.

**Tablo 1.** Çalışmada kullanılan malzeme ve numune matrisi

**Table 1.** Material and sample matrix used in the study

Malzeme tipi	Alt zemin boşluğu(cm)	Numune tipi
Yalın beton numune	20	P1
4,5 kg lif katkılı numune	20	P2

Deney düzeneği ve ölçüm mekanizması Şekil 6’da verilmiştir. Deneyde kullanılan plaklar derzli beton yolların bir parçası olarak ele alındığı için, beton plaklar kenarlardan serbest bırakılarak herhangi bir mesnetleme işlemi yapılmamıştır. Temel zemini temsil için FLOORMATE 200 SL-T 120 (60 + 60) tipi 2 kat 6 cm kalınlığında strafor kullanılmıştır. Deney sonrası numunelerde meydana gelecek yer değiştirmeler, çatlaklar ve kırılmaların tespiti amacıyla plakalar beyaza boyanıp karolajlanması yapılmıştır. Beton yola gelecek tekerlek yüklerini temsilen plağın derz kısmına yakın ve boşluk bırakılan bölümün üzerinde hidrolik yükleme kolu ile kamyon dingil yükü olan 2,5 ton yükleme saniyede 5 Hz yükleme ile 1 milyon kez yüklenecek şekilde sistem ayarlanarak deneylere başlanılmıştır.



**Şekil 6.** Deney düzeneği ve ölçüm mekanizması

**Figure 6.** Experimental setup and measuring mechanism.

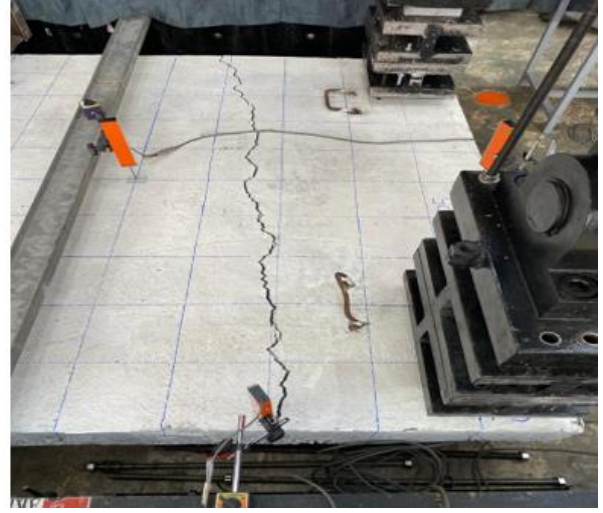
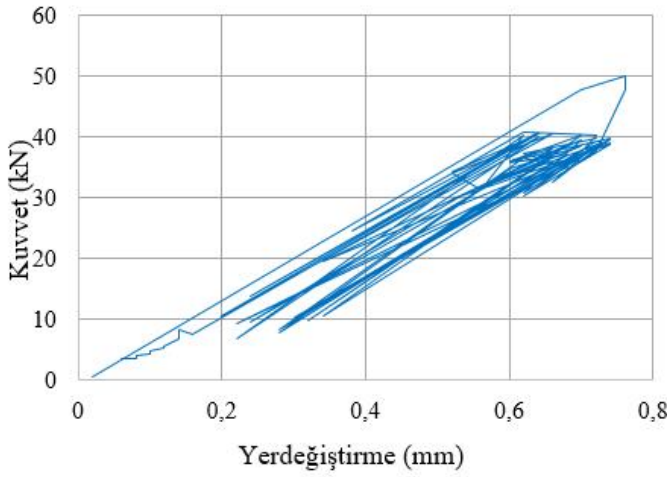
Yapılan deneylerde, dinamik ve statik yükleme sonucunda meydana gelen kırılma ve deplasman değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Deney sonucunda elde edilmiş örnek bir kuvvet-yer değiştirme grafiği ile çatlama beton numunesi Şekil 7’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Deney sonuçları

**Table 2.** Experiment results

Alt zemin boşluğu(cm)	Numune tipi	Numune	Kırılma yükü (kN)	Max. Yer değiştirme (mm)
20	Yalın beton numune	P1	216,65	2,38
	4,5 kg lif katkılı numur	P2	489,96	3,22





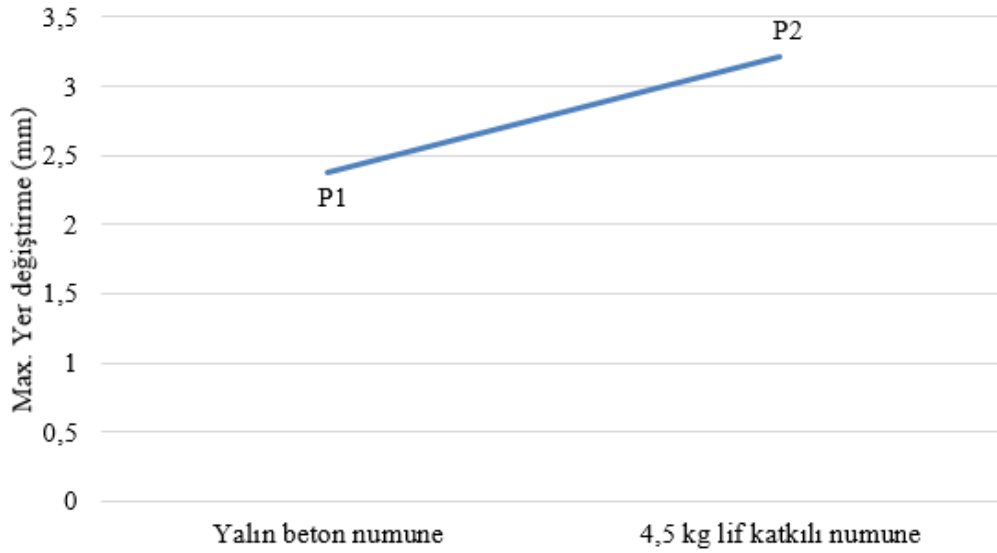
**Şekil 7.** Deney sonucunda elde edilen kuvvet-yerdeğiştirme grafiği ve çatlamış beton numunesi.  
**Figure 7.** Force-displacement graph and cracked concrete sample obtained as a result of the experiment.

Tablo 2’den görüldüğü üzere 20 cm boşluk durumunda, en yüksek kırılma yükü 4,5 kg lif katkılı beton (P2) numunesinde olduğu görülmüştür. Yine en büyük deplasman (sünme performansı) P2 numunesinde meydana gelmiştir. 4,5 kg lif katkılı beton numunelerin performansına bakıldığında yalın beton numunelere göre hem kırılma direnci hemde süneklik anlamında daha iyi performans göstermiştir. Şekil 8’de görüldüğü üzere lifli betonun (P2) kırılma direnci yalın betonun kırılma direncinin 2 katından fazladır. Şekil 9’de ise P2 numunesinin lif takviyesi ile deplasman kabiliyetinin arttığı görülmüştür. Plakalarda meydana gelen deplasmanlar sonucunda yalın beton numunelerinde çatlaklar ve deformasyonlar oluşurken, lif katkılı beton daha iyi performans göstermiştir.



**Şekil 8.** Numunelere göre kırılma yükü grafiği.  
**Figure 8.** Fracture load graph according to samples.

Genel olarak elde edilen sonuçlardan, yalın betona nazaran lif takviye ile betonun çatlamaya karşı direnci önemli derecede artmaktadır. Bununla birlikte lif katkılı betonun, yalın betona göre taşıma/kırılma ve eğilme kapasitelerinin arttığı görülmektedir. Ayrıca betonda kullanılan fiber liflerin daha yüksek süneklikleri normal betonlara kıyasla en belirgin avantajlarıdır.



**Şekil 9.** Numunelere göre en büyük yer değiştirme grafiği.

**Figure 9.** Maximum displacement graph according to samples

Genel olarak elde edilen sonuçlardan, yalın betona nazaran lif takviye ile betonun çatlamaya karşı direnci önemli derecede artmaktadır. Bununla birlikte lif katkılı betonun, yalın betona göre taşıma/kırılma ve eğilme kapasitelerinin arttığı görülmektedir. Ayrıca betonda kullanılan fiber liflerin daha yüksek süneklikleri normal betonlara kıyasla en belirgin avantajlarıdır.

#### 4. Tartışma

##### 4. Discussion

Bu çalışmada elde edilen genel sonuçların literatür ile karşılaştırılması Tablo 3'te verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere genel olarak yapılan karşılaştırmada, elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar literatürdeki çalışmalardan da elde edildiği görülmektedir. Fiber kullanımının oluşturduğu dezavantajlar, zararlar veya farklı fiber tiplerinin avantaj dezavantajları bu çalışmada araştırılmadığından literatürdeki bu detaylar burada tartışılmamıştır.

**Tablo 3.** Genel sonuçların literatür ile karşılaştırması

**Table 3.** Comparison of overall results with literature

Performans tipi	Elde edilen genel sonuçlar	Karşılaştırmalı analiz
Lif takviyeli beton	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lifli betonun çatlamaya karşı direnci önemli derecede artmaktadır.</li> <li>Lif katkılı betonun, yalın betona göre taşıma/kırılma ve eğilme kapasitelerinin arttığı görülmektedir.</li> <li>Ayrıca betonda kullanılan fiber liflerin en belirgin avantajı normal betonlara kıyasla daha yüksek sünekliğe sahip olmalarıdır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Betona lif eklenmesinin temel amacı çatlak oluşumunu engellemektir. Yapılan çalışmalarda çatlak mekanizmasında iyileşmelerin yanında betonun dinamik-statik yükleme özelliklerinde ve çeşitli yük uygulamalarında performansının geliştiği görülmüştür (Patel &amp; Kulkarni, 2013).</li> <li>Beton yollarda daha çok eğilmeden ve çekme gerilmelerinden kaynaklı kırılmaları oluşmaktadır (Yuvaraj &amp; Irshad, 2015). Bu anlamda fiber kullanımı çatlaklara karşı beton performansını arttırmaktadır.</li> <li>Fiber takviyeli beton taşıma kabiliyetinin artmasından kaynaklı kaplama kalınlığında ve bakım maliyetlerinde önemli ölçüde azalmalar olmaktadır (Achilleos vd., 2011; Jamwal &amp; Singh, 2018).</li> <li>Fiber takviyeli betonun yalın betona karşı sünekliğinin arttığı tespit edilmiştir (Eswari vd., 2008).</li> </ul>



## 5. Sonuçlar

### 5. Conclusions

Derzli donatılı ve donatısız beton yollarda derz aralıklarından süzülen yağmur suları ile drenaj suları kaplama altına geçmektedir. Kaplama altına geçen sular trafiğin oluşturduğu tekrarlı yükler ve basınçtan dolayı zamanla boşluklara neden olmaktadır. Kaplama altında oluşan boşluklar, kaplamada destek kaybına neden olmakta ve buda zamanla derz bölgelerinde çatlak oluşumuna neden olmaktadır. Bu çalışmada, çatlaklara çözüm olarak lif katkılı betonun performansı araştırılmıştır. Bu amaçla lif katkılı beton ve yalın beton karşılaştırılmıştır. Malzeme ve boşluk değişkenlerine göre hazırlanan plakların, deneysel olarak tekrarlı dinamik yüklemeler altındaki davranışı incelenmiştir. Deneylelerden elde edilen, beton içindeki liflerin çatlamlara etkisi, boşluk bölgesinde taşıdığı yük miktarı ve deplasman değerleri gibi veriler ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Fiber lif katkılı betonlar, yüksek trafik yoğunluğuna sahip yollar için büyük önem taşırlar çünkü kırılma enerjisi ve eğilme dayanımı yüksek bir beton elde etmeyi sağlarlar. Ayrıca, daha uzun bağlantı mesafelerinin yol yapımında uygulanmasına olanak tanırırlar.
- Lif oranı ve tipi beton performansını etkileyen parametrelerdendir.
- Derzli beton yollarda donatılarda zamanla korozyon oluşumu taşıma kapasitesini düşürecektir. Bu anlamda lif katkılı betonların kullanımının daha uyum olacağı sonucuna varılmıştır.
- Elde edilen bu sonuçlardan özellikle hydropomping mekanizması sonrasında, beton yollarda meydana gelen derz boşalmasından kaynaklı beton yolun bozulmalarının engellenmesi ve sürüş konforunun devamı için, beton yollarda muhakkak donatı yada lif katkılarının kullanılması gerekmektedir.
- Yaptığımız deneylerdeki modeller göstermiştir ki, hydropomping mekanizmasında beton yolun alt zemini ne kadar çok bozulur ve boşalırsa, yolun bozulması buna bağlı olarak artmaktadır. Dolayısıyla buda sürüş konforunun bozulmasına hatta sürüş güvenliği açısından tehlike oluşmasına neden olmaktadır. Lifli beton kullanılması yalın betona göre kırılma dayanımı ve deplasman kapasiteni arttırmak suretiyle üstyapı ömrünü uzatır. Buda hem sürüş konforu, hem yol güvenliği, hemde maliyet açısından avantaj sağlayacaktır.
- Lifli beton kullanılması üstyapı ömrünü uzatacağından bakım-onarım maliyetlerini düşürecektir.

## Teşekkür

### Acknowledgement

Verdiği destek ve katkılarından dolayı KORDSA'ya (<https://www.kordsa.com/tr/>) teşekkür ederiz.

## Yazar katkısı

### Author contribution

Cumhur Kanbak: Araştırma, deneysel çalışma, saha çalışması, verilerin elde edilmesi.

Sedat Özcanan: Araştırma, doğrulama, orijinal taslak yazımı, inceleme ve düzenleme.

Muhammet Vefa Akpınar: İnceleme ve düzenleme, denetim/gözlem/tavsiye.

Ali Osman Atahan: İnceleme ve düzenleme, denetim/gözlem/tavsiye.

## Etik beyanı

### Declaration of ethical code

Bu makalenin yazarları, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan etmektedir.

## Çıkar çatışması beyanı

### Conflicts of interest

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

**Kaynaklar***References*

- Achilleos, C., Hadjimitsis, D., Neocleous, K., Pilakoutas, K., Neophytou, P.O. & Kallis, S. (2011). Proportioning of steel fibre reinforced concrete mixes for pavement construction and their impact environment and cost. *Sustainability* 3(7) 965-983. <https://doi.org/10.3390/su3070965>
- Alter, A.Z., Bayraktar, O.Y., Bodur, B. & Kaplan, G. (2021). Investigation of the usage areas of different fiber reinforced concrete. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 7(1), 7-18. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/pub/kastamonujes/issue/63105/910273>
- Altoubat, S.A., Roesler, J.R., Lange, D.A. & Rieder, K.A. (2008). Simplified method for concrete pavement design with discrete structural fibers. *Construction and Building Materials*, 22(3), 384–393. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.08.008>
- Crick, C. (2020). Crack creep and joint performance behavior of fiber reinforced concrete. Retrieved from the University of Minnesota Digital Conservancy, <https://hdl.handle.net/11299/213074>.
- Eswari S., Raghunath, P.N. & Suguna K. (2008). Ductility performance of hybrid fibre reinforced concrete. *American Journal of Applied Sciences* 5(9),1257–1262. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2008.1257.1262>
- Ferrara, L., Park, Y.D. & Shah, S.P. (2007). A method for mix-design of fiber-reinforced self-compacting concrete. *Cement and Concrete Research*, 37(6), 957–971. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2007.03.014>
- Harrington vd. (2018). Guide for concrete pavement distress assessments and solutions: Identification, causes, prevention, and repair. National Concrete Pavement Technology Center Iowa State University. 2711 South Loop Drive, Suite 4700 Ames, IA 50010-8664, USA.
- Jamwal, V. & Singh, P. (2018). Use of glass fiber in pavement quality concrete slab. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, 4(2), 1949–54.
- Karakurt, C. & Arslan, A. T. (2017). Properties of concrete pavements produced with different type of fibers. *Journal of the Turkish Chemical Society Section B: Chemical Engineering*, Özel Sayı 2, 17-24. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/jotcsb/issue/32201/369583>
- Khan, M., Rehman, A. & Ali, M. (2020). Efficiency of silica-fume content in plain and natural fiber reinforced concrete for concrete road. *Construction and Building Materials* 244(2020), 118382. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118382>
- Kordsa. (t.y.). <https://www.kordsa.com/tr/urunler/detay/insaat-guclendirme/287/367/0>
- LaHucik, J., Dahal, S., Roesler, J. & Amirhanian, A.N. (2017). Mechanical properties of roller-compacted concrete with macro-fibers. *Construction and Building Materials*, 135, 440–446. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.212>.
- Öztürk, O. & Özyurt, N. (2022). Sustainability and cost-effectiveness of steel and polypropylene fiber reinforced concrete pavement mixtures. *Journal of Cleaner Production*, 363(2022), 132582. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132582>
- Patel, M.J. & Kulkarni, S.M. (2013). Effect of polypropylene fibre on the high strength concrete. *Journal of Information, Knowledge and Research in Civil Engineering*, 2(2), 125-129.
- Rooholamini, H., Hassani, A. & Aliha, M.R.M. (2018). Evaluating the effect of macro-synthetic fibre on the mechanical properties of roller-compacted concrete pavement using response surface methodology. *Construction and Building Materials*, 159, 517–529. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.002>
- Shakir, H. M., Al-Tameemi, A. F. & Al-Azzawi, A. A. (2021). A review on hybrid fiber reinforced concrete pavements technology. *Journal of Physics: Conference Series* 1895(2021), 012053. doi:10.1088/1742-6596/1895/1/012053
- Yuvaraj, B. & Irshad, M. (2015). Effect of dynamic load on rigid pavement. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 4(03), 287–90. <http://dx.doi.org/10.17577/IJERTV4IS030387>