



## Bazalt Agregası ile Üretilen Beton Travers de Çelik Lifin Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Mehmet KOZAK\*<sup>1</sup>, Osman ÜNAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları 7. Bölge Yol Müdürlüğü, Afyonkarahisar.

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.

(Alınış Tarihi: 25.07.2014, Kabul Tarihi: 28.12.2014)

### Anahtar Kelimeler

Travers,  
Beton Travers,  
B.58 Beton Travers,  
Bazalt,  
Çelik Lif.

**Özet:** Bu çalışmada, bazalt agregası ile üretilen beton traversde çelik lifin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada, maksimum agrega tane boyutu ve hacimce çelik lif miktarı değiştirilmek üzere ayrı ayrı toplam 6 farklı seri üretilmiştir. Her bir seriden ayrı ayrı olmak üzere 2 adet beton travers ve 4 adet küp üretilerek buhar kürüne tabi tutulmuştur. Üretilen beton traversler üzerinde eğilme dayanımı ve ultrases hızı, küp numuneler üzerinde ise 1 ve 28 günlük basınç dayanımı, birim hacim ağırlık, ultrases hızı ve donma çözünme yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, beton travers üretiminde çelik lif kullanımı mekanik özelliklerinden özellikle eğilme dayanımını artırdığı gözlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada üretilen bütün serilerin, TCDD Afyon Beton Travers Fabrikası tarafından tek bloklu B.58 beton travers üretiminde sınır değer olarak kullanılmakta olan, Dywidag normları açısından, 28 günlük basınç dayanımı ve eğilme dayanımını sağladığı gözlenmiştir.

## Produced by Basalt Aggregates Concrete Sleeper Usability Evaluation of Steel Fiber

### Keywords

Travers,  
Concrete Sleepers,  
Concrete Sleeper B.58,  
Basalt,  
Steel Fiber.

**Abstract:** In this study, the aggregates produced by the basalt fiber concrete sleeper steel was researched. In the study, the maximum aggregate particle size and varying the amount by volume of steel fibers for a total of 6 different series are manufactured separately. Separately from each series including 2 and 4 cubes produced concrete sleepers are subjected to steam curing. Produced on the flexural strength of concrete sleepers and ultrasonic velocity cube on samples 1 and the 28-day compressive strength, unit weight, ultrasonic pulse velocity, freeze-thaw and water absorption tests were carried out. According to the results obtained, in the production of steel fiber concrete sleepers use increases the mechanical properties, particularly flexural strength was observed. This study also produced all of the series, TCDD Afyon Concrete Sleeper Plant by the single block B.58 concrete sleepers production as the threshold value that is being used, Dywidag in terms of norms, 28-day compressive strength and flexural strength can be said to provide.

### 1. Giriş

Demiryolu, hat denilen özel bir yol üzerinde mekanik olarak hareket eden araçlarla çekilen yolcu ve yük taşıma sistemine demiryolu denir (Kozak, 2010). Demiryolu taşıtlarının güvenli, konforlu ve ekonomik olarak seyrini sağlamaya yardımcı olan ve altyapı üzerine döşenen malzemeler demiryolu üstyapı malzemeleridir. Demiryoluna raylardan gelen yükleri daha geniş bir yüzeye yayarak balasta ileten, yolun açıklığını koruyan ve yolu yan etkilere karşı eksenine tutan, rayın altına döşenmiş yol üstyapı malzemesi

olan traversler ülkemiz ve dünyada, ahşap, demir, beton ve plastik olmak üzere dört farklı malzemedan imal edilmektedir (Kaçer, 2008). Ülkemizde demiryolları ulaşımında bu travers çeşitlerinden kullanım alanı en yaygın olan ise beton traverslerdir. Betonun başlangıçta akışkan olduğu için istenilen kalıbın şeklini kolayca alan ve sertleştikten sonra ise yüksek bir dayanıklılık ile belirli bir taşıma gücü için gerekli bir dayanım sağlayan yapay bir yapı malzemesidir (Topçu, 2006). Betonun çekme ve eğilme dayanımı düşük olduğundan, yapıda beton elemanların çekme ve eğilmeye maruz kalacak

bölgelerine çelik çubuklar yerleştirilerek, bu tür yükler çelik tarafından taşınmaktadır. Beton ve çelik çubuklar arasında çok iyi bir aderans olması, bu iki malzemenin tek bir malzeme gibi davranmasını sağlamaktadır (Erdoğan, 2007). Bu nedenle beton traverslerin bünyesinde meydana gelen çekme gerilmelerini çelik, basınç gerilmelerini beton tarafından karşılanmış olması beton traverslerin önemini artırmıştır. Modern mühendislikte daha güvenli ve yüksek dayanımlı betonarme üretimi her zaman teknoloji ile ilerleme kat etmiş ve bu ilerlemelerden birisi olan öngermeli beton klasik betonarmenin çeşitli yetersizliklerini ve eksikliklerini gidermek için ortaya çıkan bir teknolojidir (Topçu, 2006). Öngermeli beton tekniği beton traversin üretiminde kullanılmakta olup beton travers kullanılabilirliğini yaygınlaştırmıştır ve demiryolunun güvenli ve konforlu olmasında büyük bir etken olmuştur. Bu çalışma ile beton travers üretiminde çelik lifin kullanılabilirliğinin ve beton travers üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

## 2. Demiryolu ve Demiryolu Traversleri

Demiryolu, adına tren dediğimiz çeken ve çekilen araçlardan meydana gelen taşıt dizisinin üzerinde hareket ettiği, bir çift ray dizisi ile, bu diziyi meydana getiren tesislerin tümüne denir (Anonim, 206). Bir demiryolunda altyapı platformu üzerine oturan yapı kısmına üstyapı denir. Üstyapıyı oluşturan elemanlar; ray, travers, balast, küçük yol bağlantı (rayı raya bağlayan ve rayı traverse bağlayan) malzemelerdir (Bozkurt, 1989). Demiryolu yük aktarımı modeline uygun şekilde; raydan kendisine etkiyen kuvvetleri daha geniş bir yüzeyde karşılayıp yayarak balast tabakasına aktaran, yolun açıklığını saptayıp koruyan ve yolu yan etkilere karşı ekseninde tutan, raylara dik yönde belirli aralıklarla döşenmiş sömellere travers adı verilir.

### 2.1. Traverslerin Sınıflandırılması

Raylı sistemlerde kullanılan traversler, dingil ağırlığı, hız, çeken ve çekilen araçlardaki teknolojik gelişmeler vb. unsurlarda oluşan ilerlemeler ile travers imalinde kullanılan malzemelerin bu ilerlemelere uyum sorunu ve maliyet konusundaki düşünceler paralelinde çeşitlilik göstermiştir. Raylı sistemlerde kullanılan traversler; ahşap, demir, beton, plastik olmak üzere dört sınıfta toplanmaktadır (Anonim, 2008). Traverslik ağaç bulmaktaki güçlükler, ahşap traverslerin sakıncalı tarafları, ömrünün sınırlı olması ve ahşabın fiyatının yükselmesi gibi nedenlerle özellikle ormanı az olan ülkeler de demir traversler denenmiştir. Fakat demir traversler hafiftir, bu yüzden de üstyapının stabilitesi açısından iyi sonuç alınamamıştır. Travers kalınlıkları artırılarak ağırlık istenilen düzeye getirilince de maliyeti yüksek olmaktadır. Bu nedenlerle demir travers kullanımı da terk edilmektedir. Bunun sonucu, başka bir travers malzemesi aranmış ve beton traversler ele alınmıştır.

Beton travers için pek çok tip önerilmiş, patenti alınmış ve denenmiştir. Ancak I. Dünya Savaşı'ndan önceki denemeler pek başarılı olmamıştır. Demiryolu hattındaki titreşimler ve contalardaki şoklar bunların bir müddet sonra parçalanarak dağılmalarına neden olmuştur. II. Dünya Savaşından sonra bir taraftan elde edilen deneyimler, diğer taraftan da ilkel gerilmeli teçhizat kullanımı, özellikle elastik bağlantıların kullanılması ile betonarme traversler kullanılır olmuştur (Sözel, 1984).

## 3. Materyal ve Metot

### 3.1. Beton Karışımında Kullanılan Malzemelerin Tanımlanması

Bu çalışmada, TCDD Afyon Beton Travers Fabrikası tarafından, beton travers üretimi için beton karışımında kullanılmakta olan çimento miktarı ve su/çimento oranı kullanılmıştır. Kullanılacak diğer (agrega ve çelik lif) malzemeler ön deneme çalışmalarından elde edilen veriler doğrultusunda, uygun oranlarda belirlenerek özellikleri ve karışım oranları araştırılmıştır.

#### 3.1.1. Çimento

Bu çalışmada TS EN 197-1 CEM I 42,5R Portland çimentosu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bütün çimento; günlük olarak TCDD Afyon Beton Travers Fabrikası tarafından sıcaklığı en fazla 55 °C, en az 10 gün dinlendirilmiş halde dökme çimento olarak teslim alınmaktadır. TCDD Afyon Beton Travers Fabrikasında çimento silolarında çevre koşullarından etkilenmeden korunmuştur. Tablo 1.'de çimentonun kimyasal özellikleri verilmiştir

**Tablo 1.** Çimentonun kimyasal özellikleri

Kimyasal Özellikleri	Kullanılan Çimentonun Değerleri (%)	Çimento Sınır Değerleri (Gürlar, 2007a).
SiO <sub>2</sub>	19,80	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,31	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,16	
CaO	63,78	
MgO	1,75	≤ 5
Eşdeğer Alkali (Na <sub>2</sub> O Cinsinden)	0,25	≤ 0,7
K <sub>2</sub> O	0,43	
SO <sub>3</sub>	2,91	≤ 3,5
Kızdırma kaybı	2,20	≤ 4
Çözünmeyen kalıntı	0,41	≤ 1,5

#### 3.1.2. Çelik Lif

Numunelerin hazırlanmasında Beksa Çelik Tel ve Kord Sanayi ve Ticaret A.Ş. firmasından temin edilen RC 80/60 BN tipi iki ucu kancalı çelik lif kullanılmıştır. Çelik lif çekme dayanımı minimum 1050 N/mm<sup>2</sup>'dir ve özellikleri Tablo 2.'de verilmektedir.

**Tablo 2.** Kullanılan çelik lifin özellikleri

Çelik Lif Tipi	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik (uzunluk/çap)	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )
Dramix RC 80/60 BN	60	0.75	80	7.85

### 3.1.3. Bazalt Agregası

Bazalt agregası, piroksen ve olivin kristalleri ihtiva eden çok koyu renkli gabro ve doleritin eş değeri kayadır (TS 10088, 1997).

TCDD Afyon Beton Travers Fabrikası tarafından; beton travers üretiminde kullanılan bazalt kırma taşının fiziksel ve kimyasal özellikleri "Beton Travers Üretiminde Kullanılan Kum Teknik Şartnamesi ve Beton Travers Üretiminde Kullanılan Agregata Teknik Şartnamesi"nde belirtildiği şekilde ihale yöntemiyle temin edilmiştir. Tablo 3.'de sırasıyla bazalt kırma taşının fiziksel özellikleri ile elek analizi sonuçları ve karışım oranları verilmektedir.

**Tablo 3.** Agregata fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikleri		Kullanılan Bazalt Agregasının Değerleri				Kum ve Agreganın Sınır Değerleri (Gürler, 2007b ve Gürler, 2007c)			
		Elek Çapı (mm)				Kum (0,25-8 mm)	Agregata (8-16 ve 16-32) mm	Standart	
		16-31,5	16-22	8-16	0-8				
Birim Hacim Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	Gevşek	1427	1438	1449	1580	--	--	--	
	Sıkışık	1554	1566	1575	1800	--	--	--	
Özgül Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )		2816	2859	2982	2710	Min. 2400	Min. 2600	(EN 1097-6)	
Zararlı Bileşen Miktarı (%)		Yok	Yok	Yok	Yok	Mak. % 0,5	Mak. % 0,5	(TS 3528)	
Kompozite Değeri		0,50	0,50	0,48	0,58	--	--	--	
Su Emme (24 Saat) %		1,40	1,49	1,60	2,00	Mak. % 3	Mak. % 3	(EN 1097-6)	
Aşınma Deneyi (500 Devir) %		17,50				--	Mak. % 25	Mak. % 22	(EN 1097-2)
Organik Madde Miktarı		--	--	--	Açık Sarı	--	--	--	
Çamurlu Madde Miktarı %	Hacimce	--	--	--	4,6	--	--	--	
	Ağırlıkça	--	--	--	2,9	Maks.%3	Maks. %1	(TS3527)	
Elek Analizi	Elek Çapı (mm)	31,5	100	100	100	100	--	--	--
		22	48,7	100	100	100	--	--	--
		16	7,5	7,5	99,4	100	--	--	--
		8	0	0	0,5	99,6	--	--	--
		4	0	0	0	81,6	--	--	--
		2	0	0	0	53,6	--	--	--
		1	0	0	0	31,2	--	--	--
		0,5	0	0	0	20,8	--	--	--
		0,25	0	0	0	9,6	--	--	--
Maksimum Agregata Tane Boyutuna Göre Karışım Oranı %		31,5	39,47	--	13,16	47,37	--	--	
		22	--	39,47	13,16	47,37	--	--	

### 3.1.4. Su

Beton travers ve küp üretiminde karışım suyu olarak TCDD Afyon Beton Travers Fabrikası şebeke suyu kullanılmıştır.

### 3.2. Beton Travers Üretiminde Kullanılan Aksamalar

Bu çalışmada beton travers numunelerinin üretiminde, U-civataları, çan rondelaları, plastik dübel ve altıgen somun aksamaları kullanılmıştır.

### 3.3. Agregata Deneyleri

Çalışmada kullanılan bazalt agregası için; elek analizi, birim hacim ağırlık (gevşek ve sıkışık), özgül ağırlık, su emme, aşınma deneyi, çamurlu madde miktarı (hacimce ve ağırlıkça) ve organik madde miktarı deneyleri yapılmış ve kompozite değerleri hesaplanmıştır.

### 3.4. Numunelerin Üretilmesi

Çalışmada maksimum agregata tane boyutları 22 mm ve 31,5 mm olan bazalt agregası ile üretilen beton traverslerde çelik lif miktarı hacimce % 0.0, % 0.2, % 0.4 olmak üzere ayrı ayrı toplam 6 farklı seri üretilmiştir. Üretilen seriler Tablo 4.'de verildiği gibi numaralandırılmıştır.

**Tablo 4.** Bazalt agregası ile çalışmada üretilen serilerin numaralandırılması

Maksimum Agregata Tane Boyutu	Çelik Lif Miktarı (Binde)		
	0	2	4
31,5	B30	B32	B34
22	B20	B22	B24

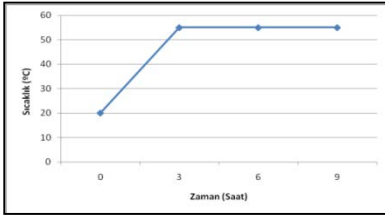
Her seri için karışımdaki çimento miktarı 450 kg/m<sup>3</sup> ve su/çimento oranı 0,25 olarak sabit tutulmuştur. Her bir seriden; 2 adet olmak üzere toplam 12 adet tek

blokları B.58 beton travers, 4 adet olmak üzere toplam 24 adet küp (20x20x20 cm) üretilerek buhar kürü için istife alınmış ve bir istif tamamlanır (Buhar kürü için numunelerin istife alınmasına başlanması ile bitiş süresi 90 dakika sürmüştür) tamamlanmaz, kür çadırı istifin üzerine yerleştirilmiştir.

**Tablo 5.** B.58 Tipi Beton Travesin Ölçüleri

Ölçüler	B.58 Tipi Beton Traves
Uzunluk (cm)	240
Orta Alt Genişlik (cm)	22
Uç Alt Genişlik (cm)	30
Orta Yükseklik (cm)	17,5
Uç Yükseklik (cm)	20
Ağırlık (Seletsiz) (kg)	235

Buharın kuvvetli bir şekilde su ile doyurulmuş olması gereklidir. Bu nedenle buhar bir su banyosundan verilmiştir. Çadır içerisinde sıcaklık Şekil 1.'de verildiği gibi kademeler halinde yükseltilmiştir. Buhar kürü ile kısa zamanda (9 saat 55 °C'de) prizlenerek beton travers ve küp numuneler % 70 mukavemetini almıştır (Buhar kürünün tamamlanmasından sonra numuneler oda sıcaklığında 13,5 saat soğumaya bırakılmıştır).



**Şekil 1.** Buhar kürü sıcaklık zaman grafiği

Buhar küründen sonra üretilen beton traverslerin sonradan germe tekniğiyle yüksek evsafı ve uçları yivli 2 adet U şeklinde Ø 9.4 mm'lik çelik çubuklar çapraz olarak beton traversin içerisine yerleştirilmiş ve çubukların her 4 serbest ucu özel çekici apereyle 7,005'er ton gerdirilip toplam 28,020 ton bir gergi kuvvetiyle travers başına somun ile ankre edilmiştir. Daha sonra dinometre testi ile beton traversin, enjeksiyon öncesi ön gerilimi tayin edilmiştir ve beton şerbeti bir hortum ve enjeksiyon kepi içinde 2-4 atmosferlik bir basınç altında travers kanallarına sıkılmıştır. Daha sonra traversin krozet ucu ve öngerilim ucu kalafat harcı ile doldurulmuştur (Dywidag, 1976).

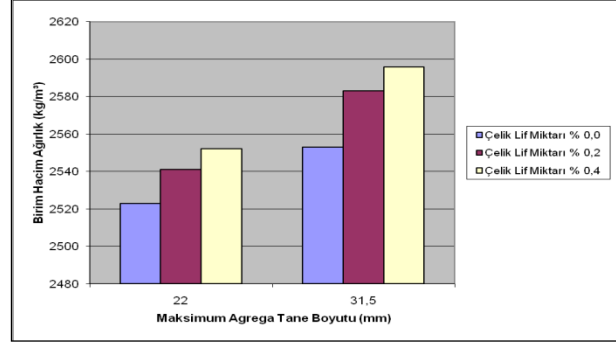
### 3.5. Sertleşmiş Beton Deneyleri

Bu çalışma da üretilen, tek blokları B.58 beton travers numuneleri üzerinde eğilme dayanımı ve ultrases hızı, küp numuneler üzerinde ise 1 ve 28 günlük basınç dayanımı, birim hacim ağırlık, ultrases hızı, donma çözünme ve su emme deneyleri yapılmıştır.

## 4. Bulgular

Bu çalışmada bazalt agregası ile, maksimum tane boyutları 22 mm ve 31,5 mm ve çelik lif miktarı % 0.0, % 0.2, % 0.4 olmak üzere ayrı ayrı 6 farklı seriden toplam 24 adet küp (20x20x20 cm) ve toplam 12 adet tek blokları B.58 beton travers üretilmiştir. Üretilen küp numuneleri üzerinde 1 ve 28 günlük basınç dayanımı, birim hacim ağırlık, ultrases hızı, donma çözünme ve su emme ve tek blokları B.58 beton travers numuneleri üzerinde ise ultrases hızı ve eğilme dayanımı deneyleri yapılmıştır.

### 4.1. Birim Hacim Ağırlık Deney Sonuçları

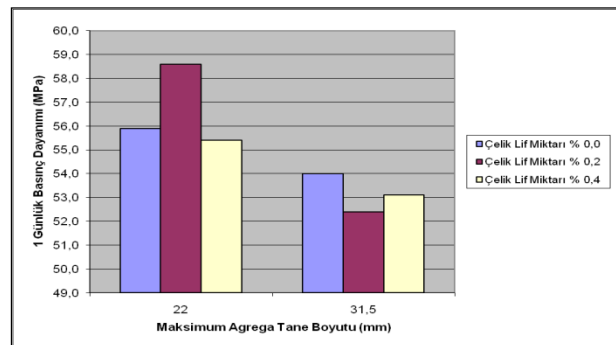


**Şekil 2.** Üretilen küplerin birim hacim ağırlıkları

Şekil 2.'de görüldüğü gibi beton içerisine katılan çelik lifler betonun birim hacim ağırlığını etkilemiş ve lif miktarı arttıkça birim hacim ağırlığın da arttığı gözlenmiştir. Bu artışın nedeni olarak, çelik lifin özgül ağırlığının, çalışmada kullanılan agrega özgül ağırlığından fazla olmasından dolayı olduğu tespit edilmiştir. Agregat maksimum tane boyutu açısından birim hacim ağırlık değerlendirildiğinde ise, betonun birim hacim ağırlığı agregat tane boyutu ile doğru orantıda kısmi bir artışa neden olmaktadır. Bunun sebebi farklı tane boyutundaki agregaların karışımında kullanılması sonucu betondaki boşluk miktarının azalması olduğu tespit edilmiştir.

### 4.2. Basınç Dayanımı Sonuçları

#### 4.2.1. Küplerin 1 Günlük Basınç Dayanımı Sonuçları



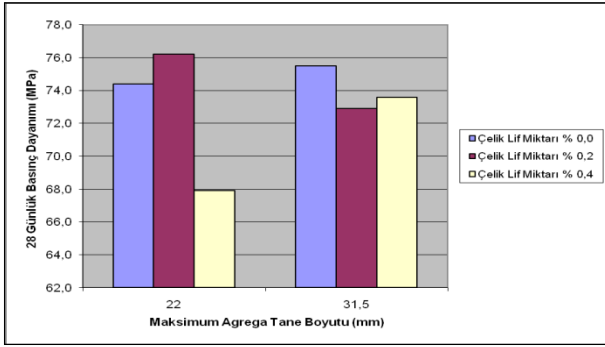
**Şekil 3.** Üretilen küplerin 1 günlük basınç dayanımları

TCDD Afyon Beton travers fabrikası tarafından, tek blokları B.58 beton travers üretiminde sınır değeri olarak kullanılmakta olan, Dywidag normları

açısından, üretilen beton traverslerin üretiminde alınan 20x20x20 cm'lik küplerin en az 1 günlük basınç mukavemetlerinin 48 MPa olması istenmektedir. Üretilen küplerin 1 günlük basınç dayanımlarının sonuçları Şekil 3.'de verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında üretilen serilerden alınan 20x20x20 cm'lik küp numuneler istenen dayanımı sağlamıştır. Numunelerin üretiminde kullanılan lifin basınç dayanımına olumlu bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Maksimum tane boyutu açısından 1 günlük basınç dayanımı değerlendirildiğinde, en yüksek basınç dayanımının maksimum tane boyutu 22 mm olan agrega türün de % 0,2 lif katkılı betonda olduğu gözlenmiştir. Lif miktarı arttıkça genel olarak dayanım değerlerinde belirli bir azalma eğilimi görülmüştür.

#### 4.2.2. Küplerin 28 Günlük Basınç Dayanımı Sonuçları

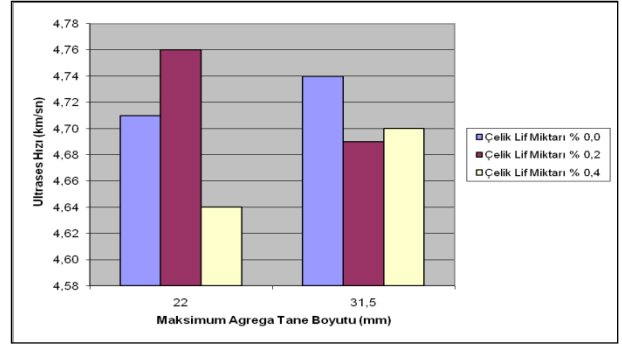


Şekil 4. Üretilen küplerin 28 günlük basınç dayanımları

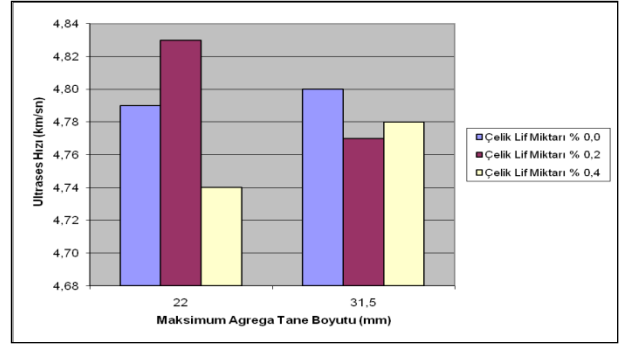
TCDD Afyon Beton travers fabrikası tarafından, tek bloklu B.58 beton travers üretiminde sınır değer olarak kullanılmakta olan, Dywidag normları açısından, üretilen beton traverslerin üretiminde alınan 20x20x20 cm'lik küplerin en az 28 günlük basınç mukavemetlerinin 60 MPa olması istenmektedir. Bu çalışma kapsamında üretilen serilerden alınan 20x20x20 cm'lik küp numuneler istenen dayanımı sağlamıştır. Üretilen küplerin 28 günlük basınç dayanımlarının sonuçları Şekil 4.'de verilmiştir.

Maksimum tane boyutu açısından 28 günlük basınç dayanımı değerlendirildiğinde, en yüksek basınç dayanımının maksimum tane boyutu 22 mm olan agrega türün de % 0,2 lif katkılı betonda olduğu gözlenmiştir. Basınç dayanımında zamana göre doğrusal olarak artış görülmüştür. Basınç dayanımı; çelik liflerle güçlendirilmiş betonlar üzerinde yapılmış değişik araştırma sonuçlarına göre, lifler betonun basınç dayanımını her zaman doğrudan etkilememekte, % 25 seviyesinde basınç dayanımı artışı görülebileceği gibi bazen de bu düzeyde kaybı ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada kullanılan lif ve miktarlarının basınç dayanımı açısından olumlu bir etki yapmadığı sonucuna varılmıştır.

#### 4.3. Ultrases Hızı Deney Sonuçları



Şekil 5. Üretilen küplerin ultrases hızları



Şekil 6. Üretilen beton traverslerin ultrases hızları

Üretilen küp ve travers numunelerin ultrases hızları sırasıyla Şekil 5. ve Şekil 6.'da verilmiştir. Betonun içerisinden geçen sesüstü dalgasının hızı ile beton dayanımı arasında doğrudan bir ilişki olmadığı, sesüstü dalganın ile betonun yoğunluğu arasında belirli bir ilişki bulunduğu yani yoğunluğu az olan bir betonda (içerisinde daha çok boşluk bulunan) sesüstü dalganın betonun bir yüzeyinden diğerine ulaşabilme süresinin daha uzun olduğu literatür çalışmalarıyla bilinmektedir.

Betonun yoğunluğu ile basınç dayanımı arasında belirli bir ilişki bulunmaktadır. Yoğunluğu yüksek olan betonların basınç dayanımlarında genellikle yüksektir.

Ultrases hızı deneyleri ile herhangi bir betonun basınç dayanımını yeterince hassas olarak bulabilmek zor olmakla birlikte, herhangi bir betonun içerisinden geçen sesüstü dalganın hızı, o betonun içerdiği boşluk miktarı (ve yoğunluğu) ile yakından ilgili olduğu için, elde edilen ultrases hızı ile betonun hakkında genel bir ilişki kurulabildiği literatür çalışmalarıyla bilinmektedir. Literatür çalışmalarından da bilindiği gibi bu çalışmada üretilen serilerin küp numuneleri üzerinde yapılan ultrases hızı deneylerinin sonuçlarının 1 ve 28 günlük basınç dayanımları ile doğru orantılı olduğu gözlenmiştir. Yani küp numunelerin ultases hızı ile basınç dayanımların doğru orantılı olduğu saptanmıştır.

#### 4.4. Traverslerde Eğilme Dayanımı Sonuçları

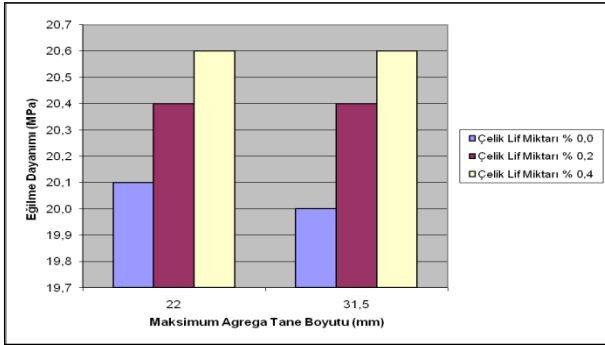
Çalışmada üretilen her seriden iki adet olmak üzere 12 adet tek bloklu B.58 beton travers üzerinde eğilme deneyi (TS EN 12390-5), beton traversinin orta noktasından yük uygulanma yöntemi ile yapılmıştır.



**Resim 1.** Beton Travers numunesine eğilme deneyi uygulanması

Bu metotla traverse orta noktasından tekil bir yük uygulanmış ve formül (4.1) ile eğilme dayanımı hesaplanmıştır.

$$f_{cf} = \frac{3FL}{2d_1d_2^2} \quad (4.1)$$



**Şekil 7.** Üretilen beton traverslerin eğilme dayanımları

Şekil 7'ye bakıldığında lif miktarının artmasıyla eğilme dayanımında da belirgin bir şekilde artış görülmektedir. Agrega maksimum tane boyutu açısından eğilme dayanımına bakıldığında en düşük eğilme dayanımı maksimum agrega tane boyutu 31,5 mm ve hacimce lif miktarı % 0 olarak üretilen traverse olduğu gözlenmiştir ancak maksimum tane boyutu 22 mm olarak üretilen serilerde ise genellikle daha yüksek bir eğilme dayanımı gözlenmiştir.

TCDD Afyon Beton travers fabrikası tarafından, tek bloklu B.58 beton travers üretiminde sınır değer olarak kullanılmakta olan, Dywidag normları açısından, üretilen beton traverslerin 1 dakika süresince 4500 kg (eğilme dayanımı 11,6 MPa) yük altında çatlama gerçekleşmemesi istenmektedir.

Bu çalışma kapsamında üretilen seriler içerisinde en düşük beton travers eğilme dayanımı B30 (20,0 MPa) serisinde gözlenmiştir ve bu seri bile maksimum 7790 kg yüke kadar çatlama gerçekleşmemiştir. Ayrıca çelik lif

miktarı arttıkça eğilme deneyinin sonucunda beton traverslerde meydana gelen çatlak boylarının ve derinliğini etkilediği gözlenmiştir ve lif miktarı arttıkça çatlak boyları ile derinliklerinde azalma meydana gelmiştir.

#### 4.5. Donma Çözünme Denei Sonuçları

Donma çözünme deneyine (TS 3449) tabi tutulacak numuneler, etüv fırınında 24 saat  $105 \pm 5$  °C'de bekletilmiş ve fırından çıkarılarak oda sıcaklığına ulaşması beklendikten sonra etüv kurusu ağırlıkları bulunmuştur. Etüv kurusu halindeki küp numuneler üzerinde ultrases hızı değerleri bulunmuştur. Bu deneyin ardından numuneler suya doygun hale getirilmek için 24 saat su içerisinde bekletilmiştir. Suya doygun hale getirilen numuneler donma çözünme dolabına konmuştur. Her çevrim 1 saat - 20 °C donma ve 2 saat + 20 °C'de çözünmeden oluşmak üzere 30 çevrim donma - çözülme uygulanmıştır. Donma çözülme işlemi sonunda numuneler etüv fırınında 24 saat  $105 \pm 5$  °C'de değişmez kütleyle gelinceye kadar kurutulmuş ve oda sıcaklığına ulaşması beklendikten sonra etüv kurusu ağırlıkları bulunmuştur. Donma çözünme deneyi sonucu küp numuneler üzerinde meydana gelen ultrases hızı, basınç dayanımı ve ağırlık kayıpları belirlenmiş ve sonuçları Tablo 6.'da verilmiştir.

**Tablo 6.** Donma çözünme deneyi sonucunda meydana gelen kayıplar

Seri Numarası	Donma Çözünme Denei Sonucunda Meydana Gelen Kayıplar (%)		
	Ağırlık Kaybı	Ultrases Kaybı	Basınç Kaybı
B30	0,04	4,12	3,5
B32	0,03	3,50	3,1
B34	0,00	2,93	2,8
B20	0,05	4,75	3,7
B22	0,04	4,16	3,5
B24	0,01	3,35	3,0

Küp numunelerde donma çözünme deneyi sonucu meydana gelen kütle kaybı B34 serisinde meydana gelmemiştir. Diğer serilerde ise % 0,05'den az olmuştur. Maksimum agrega tane boyutu azaldıkça kütle kaybı artış göstermiştir. Lif miktarı arttıkça kütle kaybı sifıra doğru yaklaşmıştır.

Agrega maksimum tane boyutuna göre donma çözünme sonucu meydana gelen basınç mukavemeti kaybı agrega maksimum tane boyutu arttıkça azalmıştır. Lif miktarı arttıkça basınç mukavemeti kaybı azalmıştır.

Üretilen küp numuneler üzerinde yapılan donma çözünme deneyi sonucunda ultrases hızlarında meydana gelen kayıplar, çelik lif miktarı ile agrega maksimum tane boyutu arttıkça azalma meydana geldiği gözlenmiştir. Yani çelik lif miktarı ve agrega maksimum tane boyutu fazla olan numunelerde daha fazla ultrases hız kaybı gerçekleşmiş ve bu

kayıplarında donma çözünme deneyi sonucu numunelerde meydana gelen basınç kaybı ile doğru orantılı olduğu gözlenmiştir.

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada kullanılan lif ve miktarlarının basınç dayanımı açısından olumlu bir etki yapmadığı sonucu gözlenmiştir. Basınç dayanımı numunelerin üretiminde kullanılan maksimum agrega tane boyutu açısından, çok fazla bir fark olmamasına rağmen 22 mm'de genellikle daha yüksek basınç dayanımlarına ulaşılmıştır. Donma çözünme sonucuna lif miktarının olumlu bir etki yaptığı gözlenmiş yani lif miktarı artıkça kütle, basınç ve ultrases hız kaybı azalmıştır.

TCDD Afyon Beton travers fabrikası tarafından, tek bloklu B.58 beton travers üretiminde sınır değer olarak kullanılmakta olan, Dywidag normları açısından, üretilen beton traverslerin 1 dakika süresince 4500 kg yük altında çatlama gerçekleşmemesi istenmektedir. Bu çalışma kapsamında üretilen seriler içerisinde en düşük beton travers eğilme dayanımı B30 (20,0 MPa) serisinde gözlenmiş ve bu seri de 7790 kg yüke kadar çatlama gerçekleşmemiştir. Lif miktarının artmasıyla beton travers eğilme dayanımında belirgin bir şekilde artış gözlenmiştir. Üretilen bütün seriler de, TCDD Afyon Beton travers fabrikası tarafından, tek bloklu B.58 beton travers üretiminde sınır değer olarak kullanılmakta olan, Dywidag normları açısından, 1 ve 28 günlük basınç dayanımı ve eğilme dayanımını sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

## Kaynaklar

Kozak, M., 2010. Beton Traversin Gelişimi ve Üretim Aşamasının Araştırılması, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt 6, Sayı 2, Sayfa 73-81.

Kaçer, İ., 2008. Yol ve Geçit Bekçisi Hazırlama Kursu Yol Bilgisi Ders Notları, TCDD Eskişehir Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Eskişehir.

Topçu, İ. B., 2006. Beton Teknolojisi, Uğur Ofset A.Ş., Eskişehir.

Erdoğan, T. Y., 2007. Beton, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş., Ankara.

Anonim, Raylı Sistemler, 2006. Raylı Sistemler Teknolojisi, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Ankara.

Bozkurt, M., 1989. Demiryolu I, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

Anonim, 2008. Balast ve Travers, Raylı Sistemler Teknolojisi, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Meslekî Eğitim

ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Ankara.

Sözel, S. S., 1984. Demiryolu İnşaatı ve Bakımı Ders Notları, TCDD Eskişehir Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Eskişehir,

Gürler, M., Yenel, C., Demirkiran, T., Sağlam, B., 2007. Beton Travers Üretiminde Kullanılan Çimento Teknik Şartnamesi, TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü Yol Dairesi Başkanlığı Travers Şubesi, Ankara.

TS 10088 EN 932-3, 1997. Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler Kısım-3: Basitleştirilmiş Petrografik Tanımlama İçin İşlem ve Terminoloji, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

Gürler, M., Yenel, C., 2007. Demirkiran, T., Sağlam, B., Beton Travers Üretiminde Kullanılan Kum Teknik Şartnamesi, TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü Yol Dairesi Başkanlığı Travers Şubesi, Ankara.

Gürler, M., Yenel, C., 2007. Demirkiran, T., Sağlam, B., Beton Travers Üretiminde Kullanılan Agregat Teknik Şartnamesi, TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü Yol Dairesi Başkanlığı Travers Şubesi, Ankara.

Dywidag, 1976. Öngerilimli Beton Traverslere Mahsus İmalat Talimatı Ani Kalıptan Çıkarma Usulüne Göre,

## Semboller

$f_{cf}$	Eğilme dayanımı (MPa)
F	En büyük yük (N)
L	Mesnet silindirleri arasındaki açıklık (mm)
$d_1$	Genişlik (mm)
$d_2$	Yükseklik (mm)