

Kalker Agregası İle Üretilen Beton Traversde Çelik Lifin Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Mehmet KOZAK^{1,✉}, Osman ÜNAL²

¹*Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları 7. Bölge Yol Müdürlüğü, Afyonkarahisar.*

²*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.*

Başvuru: 25.07.2014 Kabul: 28.08.2014

ÖZET

Bu çalışmada, kalker agregası ile üretilen beton traversde çelik lifin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada kalker agregası ile, maksimum agrega tane boyutu ile çelik lif miktarı hacimce değiştirilmek üzere ayrı ayrı toplam 6 farklı seri üretilmiştir. Her seri de çimento miktarı 450 kg/m³ ve su/çimento oranı 0,25 olarak sabit tutulmuştur. Her bir seriden 2 adet olmak üzere toplam 12 adet beton travers ve her bir seriden 4 adet olmak üzere toplam 24 adet küp (20x20x20 cm) 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, donma çözünme deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, beton travers üretiminde çelik lif kullanımı mekanik özelliklerinden özellikle eğilme dayanımını artırdığı söylenebilir. 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 söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: *Travers, Beton Travers, B.58 Beton Travers, Kalker, Çelik Lif*

ABSTRACT

In this study, with the limestone aggregate concrete sleeper steel fiber produced was researched. Working with limestone aggregates, the maximum aggregate particle size and the amount of steel fiber volume to be replaced by a total of 6 different series are manufactured separately. Each series of the amount of cement 450 kg / m³ and water / cement ratio is kept constant at 0.25. Each series has a total of 12 pieces of concrete sleepers from the second and fourth units from each series including a total of 24 cubes (20x20x20 cm) produced was 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 tests were carried out. According to the results obtained, in the production of steel fiber concrete sleeper use said to improve the mechanical properties, particularly flexural strength. 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 norms, in terms of 28-day compressive strength and flexural strength can be said that.

Key Words: *Travers, Concrete Sleepers, Concrete Sleeper B.58, Limestone, Steel Fiber*

1. GİRİŞ

Ulaşım, insan veya eşyanın, ihtiyaçlarını gidermek amacıyla zaman ve mekan faydası sağlayacak şekilde yer değiştirmesini mümkün kılan bir hizmettir. 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 [1]. Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları, 8.770 km ana ve 2.350 km iltisak ve istasyon yolları olmak üzere toplam 11.120 km'lik konvansiyonel, 872 km ana ve 16 km istasyon yolları olmak üzere toplam 888 km yüksek hızlı hat olmak üzere toplam 12.008 km (2012 yılı) demiryolu şebekesinden meydana gelmektedir [2].

Demiryolu altyapı ve üstyapı olmak üzere iki ana bölümden oluşur. Demiryolu arabalarından gelen statik ve dinamik kuvvetleri tekerleklerden üstyapıya gelirler ve buradan altyapıya geçerler [1]. Bir demiryolunda altyapı platformu üzerine oturan yapı kısmına üstyapı denilmektedir ve üstyapıyı oluşturan elemanlar ray, travers, balast ve küçük yol malzemeleridir [3]. 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 üst yapı malzemesi olan traversler ülkemiz ve dünyada, ahşap, demir, beton ve plastik olmak üzere dört farklı malzemenin imal edilmektedir [4]. 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 [5]. 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 [6]. 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 [5]. Öngermeli beton tekniği beton traversin üretiminde kullanılmakta olup beton travers kullanılabilirliğini yaygınlaştırmıştır ve demiryolunun güvenli ve konforlu olmasında büyük bir etken olmuştur.

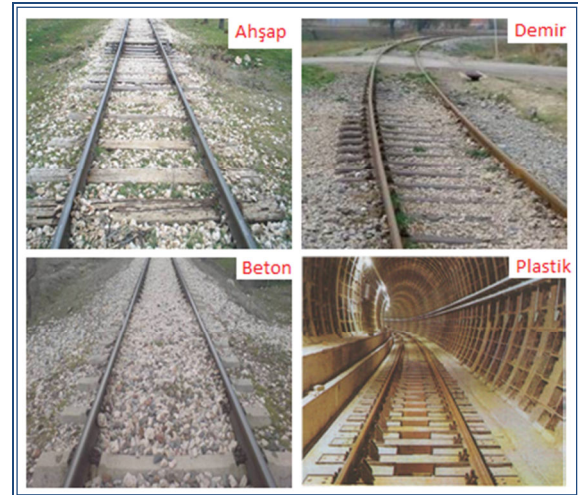
2. DEMİRYOLU VE DEMİRYOLU TRAVERSLERİ

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 [7]. 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 [8]. 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 ve plastik olmak üzere dört sınıfta toplanmaktadır [9].



Şekil 1. Travers çeşitleri

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 alınmamıştır. 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 [10].

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 [11] |
|--|-------------------------------------|------------------------------|
| SiO ₂ | 19,80 | |
| Al ₂ O ₃ | 5,31 | |
| Fe ₂ O ₃ | 3,16 | |
| CaO | 63,78 | |
| MgO | 1,75 | ≤ 5 |
| Eşdeğer Alkali (Na ₂ O Cinsinden) | 0,25 | ≤ 0,7 |
| K ₂ O | 0,43 | |
| SO ₃ | 2,91 | ≤ 3,5 |
| Kızdırma kaybı | 2,20 | ≤ 4 |
| Çözünmeyen kalıntı | 0,41 | ≤ 1,5 |

3.1.2. Kalker Agregası

Genellikle kalsiyum karbonattan (CaCO₃) ibaret kireç taşı kayadır [12]. Kolsan İnş. Otomotiv San. ve Tic. A. Ş. temin edilen kalker kırmatasına ait fiziksel özellikleri ile elek analizi sonuçları ve karışım oranları sırasıyla Tablo 2 ve 3.'de verilmektedir.

Tablo 2. Kalker agregasının fiziksel özellikleri

| Fiziksel Özellikleri | | Kullanılan Kalker Agregasının Değerleri | | | | Kum ve Agreganın Sınır Değerleri [13, 14] | |
|---|-----------|---|-------|------|---------|---|--------------------------------|
| | | Elek Çapı (mm) | | | | Kum (0,25-8 mm) | Agrega (8-16 mm) ve (16-32) mm |
| | | 16-31.5 | 16-22 | 8-16 | 0-8 | | |
| Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³) | Gevşek | 1400 | 1406 | 1432 | 1664 | -- | -- |
| | Sıkışık | 1557 | 1564 | 1580 | 1904 | -- | -- |
| Özgül Ağırlık (kg/m ³) | | 2722 | 2738 | 2760 | 2610 | Min. 2400 | Mim.2600 |
| Zararlı Bileşen Miktarı (%) | | Yok | Yok | Yok | Yok | Mak. %0,5 | Mak. %0,5 |
| Komposite Değeri (Gevşek Birim Hacim Ağırlık / Özgül Ağırlık) | | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,63 | -- | -- |
| Su Emme (24 Saat) % | | 0,67 | 0,78 | 0,95 | 1,08 | Mak. % 3 | Mak. % 3 |
| Aşınma Deneyi (500 Devir) % | | 22,00 | | | -- | Mak. % 25 | Mak. % 22 |
| Organik Madde Miktarı | | -- | -- | -- | Renksiz | -- | -- |
| Çamulu Madde Miktarı % | Hacimce | -- | -- | -- | 4,5 | -- | -- |
| | Ağırlıkça | -- | -- | -- | 2,7 | Mak. %3 | Mak. %1 |

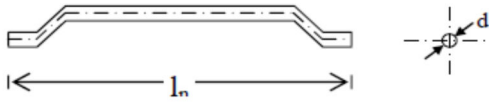
Tablo 3. Kalker aragasının elekten geçen yüzdeleri ve karışım oranları

| Agraga elek aralığı (mm) | Elek çapı (mm) | | | | | | | | | *Karışım oranı (%) | |
|--------------------------|----------------|------|----|----|----|----|----|-----|------|--------------------|-----|
| | 31,5 | 22 | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 0,25 | 31,5 | 22 |
| 16-31,5 | 100 | 87,3 | 65 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 | --- |
| 16-22 | 100 | 100 | 65 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | --- | 34 |
| 8-16 | 100 | 100 | 97 | 13 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 17 | 17 |
| 0-8 | 100 | 100 | 99 | 75 | 62 | 41 | 23 | 16 | 8 | 49 | 49 |

* Maksimum agraga tane boyutuna göre karışım oranı

3.1.3. 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 (Şekil 2.) kullanılmıştır. Çelik lif çekme dayanımı minimum 1050 N/mm²'dir ve özellikleri Tablo 4'de verilmektedir.



Şekil 2. İki ucu kıvrılmış çelik lif

Tablo 4. Kullanılan çelik lifin özellikleri

| Çelik Lif Tipi | Boy (mm) | Çap (mm) | Narinlik (uzunluk/çap) | Yoğunluk, (gr/cm ³) |
|--------------------|----------|----------|------------------------|---------------------------------|
| Dramix RC 80/60 BN | 60 | 0.75 | 80 | 7.85 |

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 tarvers numunelerinin üretiminde, U-civataları, çan rondelaları, plastik dübel ve altıgen somun aksamaları kullanılmıştır.

3.3. Agraga Deneyleri

Çalışmada kullanılan kalker 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 komposite değerleri hesaplanmıştır.

3.4. Numunelerin Üretilmesi

Çalışmada maksimum agraga tane boyutları 22 mm ve 31,5 mm olan kalker 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 5.'de verildiği gibi numaralandırılmıştır.

Tablo 5. Çalışmada üretilen serilerin numaralandırılması

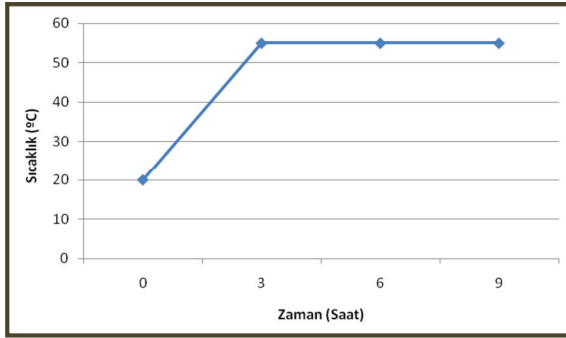
| Agraga Çeşidi | Maksimum Agraga Tane Boyutu | Çelik Lif Miktarı (Binde) | | |
|---------------|-----------------------------|---------------------------|-----|-----|
| | | 0 | 2 | 4 |
| Kalker | 31,5 | K30 | K32 | K34 |
| | 22 | K20 | K22 | K24 |

Her seri için karışımdaki çimento miktarı 450 kg/m³ ve su/çimento oranı 0,25 olarak sabit tutulmuştur. Her bir seriden; 2 adet olmak üzere toplam 12 adet tek bloklu B.58 beton travers, 4 adet olmak üzere toplam 24 adet küp (20x20x20 cm) üretilerek buhar küru için istif edilmiş ve bir istif tamamlanır (Buhar küru için numunelerin istif edilmesine başlanması ile bitiş süresi 90 dakika sürmüştür) tamamlanmaz, küp çadırı istifin üzerine yerleştirilmiştir.

Buharın kuvvetli bir şekilde su ile doyurulmuş olması gereklidir. Bu nedenle buhar bir su banyosundan verilmiştir. Çadır içerisinde sıcaklık Şekil 3.'de verildiği gibi kademeler halinde yükseltilmiştir. Buhar küru ile kısa zamanda (9 saat 55 °C'de) prizlenerek beton travers ve küp numuneler % 70 mukavemetini almıştır.

Buhar küründen sonra üretilen beton traverslerin sonradan germe tekniğiyle yüksek evsafli 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 apeyle 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 [15].



Şekil 3. Buhar kürü sıcaklık zaman grafiği

3.5. Sertleşmiş Beton Deneyleri

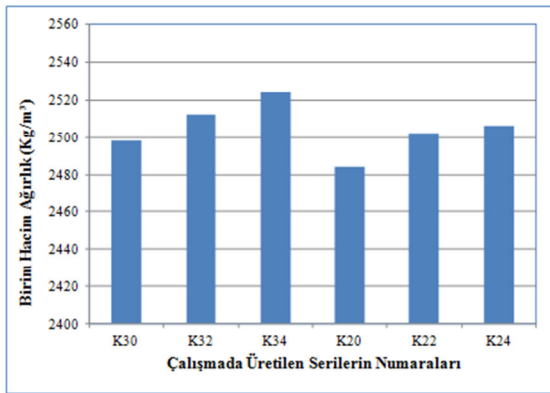
Bu çalışma da üretilen, tek bloklu B.58 beton travers numuneleri üzerinde eğilme dayanımı ve ultrases hızı, küp numuneler üzerinde ise 1 ve 28 günlük basınç dayanımı, birim hacim ağırlık, ultrases hızı, donma çözünme deneyleri yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Sertleşmiş Beton ile İlgili Bulgular

Bu çalışmada kalker 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 bloklu 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 bloklu B.58 beton travers numuneleri üzerinde ise ultrases hızı ve eğilme dayanımı deneyleri yapılmıştır.

4.1.1. Birim Hacim Ağırlık Deney Sonuçları



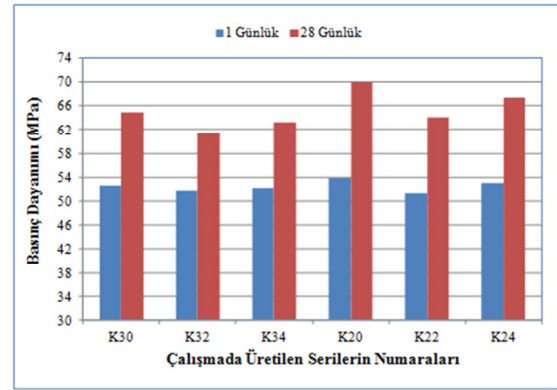
Şekil 4. Üretilen küplerin birim hacim ağırlıkları

Beton içerisine katılan çelik lifler betonun birim hacim ağırlığını etkilemiş ve lif miktarı artıkça birim hacim

ağırlığında arttığı gözlenmiştir. Bu artışın nedeni olarak, çelik lifin özgül ağırlığının, çalışmada kullanılan kalker agregasının özgül ağırlığından fazla olmasından dolayı olduğu düşünülmektedir.

Agrega maksimum tane boyutu açısından birim hacim ağırlık değerlendirildiğinde ise, betonun birim hacim ağırlığı agreganın tane boyutu ile doğru orantıda kısmi bir artışa neden olmaktadır. Bunun sebebi farklı tane boyutundaki agregaların karışımında kullanılması sonucu betondaki boşluk miktarının azalması olduğu düşünülmektedir.

4.1.2. Basınç Dayanımı Sonuçları



Şekil 5. Üretilen küplerin 1 ve 28 günlük basınç dayanımları

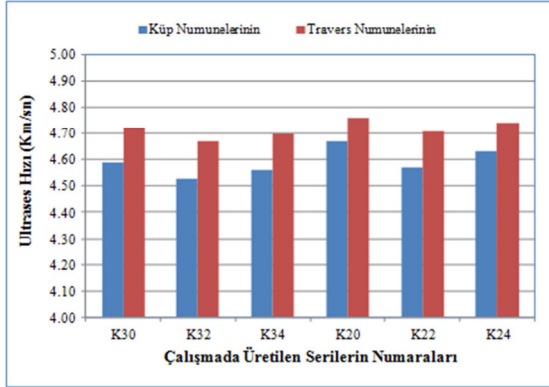
TCDD Afyon Beton travers fabrikası tarafından, tek bloklu B.58 beton travers üretiminde sınır değer olarak kullanılmakta olan, Dywidag normları açısından, üretilen beton traverslerin üretiminde alınan 20x20x20 cm'lik küplerin 1 günlük basınç mukavemetlerinin en az 48 MPa olması istenmektedir. Bu çalışma kapsamında üretilen 20x20x20 cm'lik küp numuneleri istenen dayanımı sağlamıştır. Maksimum tane boyutu açısından 1 günlük basınç dayanımı değerlendirildiğinde, en yüksek basınç dayanımının maksimum tane boyutu 22 mm olan agreganın türünde olduğu 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 üretiminde alınan 20x20x20 cm'lik küplerin 28 günlük basınç mukavemetlerinin en az 60 MPa olması istenmektedir. Bu çalışma kapsamında üretilen 20x20x20 cm'lik küp numunelerinde istenilen dayanım elde edilmiştir. Maksimum tane boyutu açısından 28 günlük basınç dayanımı değerlendirildiğinde, en yüksek basınç dayanımının maksimum tane boyutu 22 mm olan agreganın türlerinde olduğu gözlenmiştir.

4.1.3. Ultrases Hızı Deney Sonuçları

Betonun içerisinden geçen sesüstü dalgasının hızı ile beton dayanımı arasında doğrudan bir ilişki olmadığı, sesüstü dalga ile betonun yoğunluğu arasında belirli bir ilişki bulunduğu yani yoğunluğu az olan bir betonda (içerisinde daha çok boşluk bulunan) sesüstü dalganın

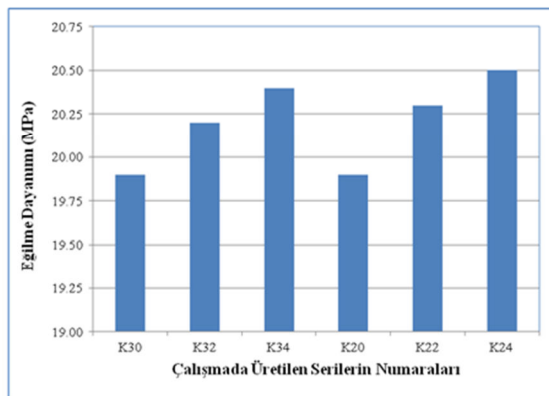
betonun bir yüzeyinden diğerine ulaşabilme süresinin daha uzun olduğu literatür çalışmalarıyla bilinmektedir. Betonun yoğunluğu ile basınç dayanımı arasında belirli bir ilişki bulunmaktadır. Yoğunluğu yüksek olan betonların basınç dayanımları da genellikle yüksektir. Ultrases hızı deneyleri ile herhangi bir betonun basınç dayanımını yeterince hassas olarak bulabilmek zor olmakla birlikte, herhangi bir betonun içerisinde geçen ses dalgasının 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.



Şekil 6. Üretilen küplerin ve beton traverslerin ultrases hızları

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 gözlemlenmiştir. Yani küp numunelerinin ultrases hızı ile basınç dayanımların doğru orantılı olduğu saptanmıştır.

4.1.4. Traverslerde Eğilme Dayanımı Sonuçları



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, maksimum tane boyutu 22 mm ve 31,5 mm olarak üretilen beton traverslerde eğilme dayanımlarının birbirlerine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

ancak maksimum tane boyutu 22 mm lif miktarı % 0,4 olan K34 serisinde daha yüksek bir eğilme dayanımı gözlemlenmiştir.

TCDD Afyon Beton travers fabrikası tarafından, tek bloklu B.58 beton travers üretiminde sınır değer olarak kullanılan Dywidag normları açısından, üretilen beton traverslerin 1 dakika süresince 45000 N (eğilme dayanımı 11,6 MPa) yük altında çatlama gerçekleşmemesi istenmektedir.

Bu çalışma kapsamında üretilen seriler içerisinde en düşük beton travers eğilme dayanımı lifsiz olan serilere (19,9 MPa) gözlemlenmiş ve bu seriler de bile maksimum 77350 N yüke kadar çatlama gerçekleşmemiştir. Ayrıca çelik lif miktarı arttıkça eğilme deneyinin sonucunda beton traverslerde meydana gelen çatlak boylarının ve derinliğini etkilediği gözlemlenmiş ve lif miktarı arttıkça çatlak boyları ile derinliklerinde azalma meydana gelmiştir.

4.1.5. Donma Çözünme Deney Sonuçları

Donma çözünme deneyi sonucunda meydana gelen 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 Deneyi Sonucunda Meydana Gelen Kayıplar (%) | |
|---------------|---|--------------|
| | Ağırlık Kaybı | Basınç Kaybı |
| K30 | 0,03 | 3,9 |
| K32 | 0,02 | 3,4 |
| K34 | 0,00 | 3,2 |
| K20 | 0,04 | 4,0 |
| K22 | 0,02 | 3,6 |
| K24 | 0,01 | 3,5 |

Küp numunelerde donma çözünme deneyi sonucu meydana gelen kütle kaybı K34 serisinde meydana gelmemiştir. Diğer serilerde ise % 0,04'den az olmuştur. Maksimum agrega tane boyutu azaldıkça kütle kaybı artış göstermiştir. Lif miktarı arttıkça kütle kaybı sıfıra 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.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada kullanılan lif ve miktarlarının basınç dayanımı açısından olumlu bir etki yapmadığı sonucu gözlemlenmiştir.

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 45000 N yük altında çatlama gerçekleşmemesi istenmektedir. Bu çalışma kapsamında üretilen seriler içerisinde en düşük beton travers eğilme dayanımı K30 (19,9 MPa) serisinde gözlenmiş ve bu seri de 77350 N 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

1. Kozak, M., “Hemzemin Geçitlerdeki Kaplama Çeşitleri ve Güvenliğe Etkisinin Araştırılması”, *SDÜ Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 2 (1): 1-11(2012).
2. <http://www.tcdd.gov.tr/Upload/Files/ContentFiles/2010/istatistik/20082012yillik.pdf>, 31.01.2014.
3. Kozak, M., “Beton Traversin Gelişimi ve Üretim Aşamasının Araştırılması”, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(2): 73-81(2010).
4. Kaçer, İ., 2008, “Yol ve Geçit Bekçisi Hazırlama Kursu Yol Bilgisi Ders Notları”, *TCDD Eskişehir Eğitim Merkezi Müdürlüğü*, Eskişehir, (2008).
5. Topçu, İ. B., “Beton Teknolojisi”, *Uğur Ofset A.Ş.*, Eskişehir, (2006).
6. Erdoğan, T. Y., “Beton”, *ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş.*, Ankara, (2007).
7. Anonim, “Raylı Sistemler”, Raylı Sistemler Teknolojisi, *T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi*, Ankara, (2006).
8. Bozkurt, M., “Demiryolu I”, *İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası*, İstanbul, (1989).
9. Anonim, “Balast ve Travers”, Raylı Sistemler Teknolojisi, *T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi*, Ankara, (2008).
10. Sözel, S. S., “Demiryolu İnşaatı ve Bakımı Ders Notları”, *TCDD Eskişehir Eğitim Merkezi Müdürlüğü*, Eskişehir, (1984).
11. Gürler, M., Yenel, C., Demirkıran, T., Sağlam, B., “Beton Travers Üretiminde Kullanılan Çimento Teknik Şartnamesi”, *TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü Yol Dairesi Başkanlığı Travers Şubesi*, Ankara, (2007).
12. Anonim, “TS 10088 EN 932-3, Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler Kısım-3: Basitleştirilmiş Petrografik Tanımlama İçin İşlem ve Terminoloji”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1997).
13. Gürler, M., Yenel, C., Demirkıran, T., Sağlam, B., “Beton Travers Üretiminde Kullanılan Kum Teknik Şartnamesi”, *TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü Yol Dairesi Başkanlığı Travers Şubesi*, Ankara, (2007).
14. Gürler, M., Yenel, C., Demirkıran, T., Sağlam, B., “Beton Travers Üretiminde Kullanılan Agregata Teknik Şartnamesi”, *TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü Yol Dairesi Başkanlığı Travers Şubesi*, Ankara, (2007).
15. Dywidag, “Öngerilimli Beton Traverslere Mahsus İmalat Talimatı Ani Kalıptan Çıkarma Usulüne Göre”, (1976).