



Öngermeli Beton Traverslerde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri

Gökhan TACİM^{1*}, Cahit GÜRER², Ahmet Raif BOĞA²

1 TCDD, Ankara, Türkiye

2 Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye

**gtacim@hotmail.com*

(Alınış: 3.11.2018, Kabul: 9.11.2018)

3. Uluslararası Raylı Sistemler Mühendisliği Sempozyumunun (ISERSE'16) 'da yayınlanmıştır.

Özet: Demiryollarında altyapı platformu üzerine oturan yapı kısmı “Üstyapı” olarak adlandırılır. Demiryolu araçlarından gelen statik ve dinamik kuvvetler tekerleklerden üstyapıya gelirler ve buradan altyapıya aktarılırlar. Dolayısıyla üstyapı tabakaları trafik yükleri ve dış etkilere maruz kalırlar. Traversler trafik yüklerine ve atmosferik etkilere direkt olarak maruz kalan üstyapı elemanıdır. Demiryolu traversleri yapıldıkları malzemeye göre ahşap, çelik, plastik, betonarme ve kompozit olmak üzere beş türe ayrılır. Bununla birlikte günümüzde ağırlıklı olarak öngermeli beton traversler kullanılmaktadır. Beton traverslerde üretim ve servis esnasında çeşitli problemler ortaya çıkabilmektedir. Üretim esnasında vibrasyon süresinin gerekenden uzun veya kısa tutulması kalıp yan yüzeylerinde hacimsel boşluklara ve segregasyona yol açabilmektedir. Uzun dönemde arazi şartlarında yüksek ısıya maruz kalan beton traverslerde çözümler görülebilmektedir. Traverslerin istiflenmeleri sırasında da bazı hasarlar oluşabilmektedir. Bu çalışmada öngermeli beton traverslerde görülebilen durabilite (dayanıklılık) ve dayanım sorunları ve bu sorunların çözüm önerileri ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Travers, Öngermeli Betonarme Travers, Üstyapı.

1. Giriş

Demiryollarının 2015 yılı sektör raporunda 3.670 milyon TL’lik payın sektör içinde yüksek hızlı tren hattı yapılması, mevcut hatların tamamının yenilenmesi, yerli ve milli demiryolu sanayisini geliştirmek, iltisak hatlarını inşa etmek yer almaktadır [1]. Demiryolu ağının 1.213 km’lik kısmı yüksek hızlı tren hattını, 11.319 km’lik kısmı ise konvansiyonel hattı oluştururken, sektör raporunda değinilen hatların yenilenmesi ve modernizasyonu ile toplam hattın %93,5’ini oluşturan 8.368 km’lik beton traversli yolların arttırılması gerekmektedir [2]. İşte bu yönüyle Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) tarafından 2015 yılı için TCDD Afyon Beton Travers Fabrikasında 129.715 adet, TCDD Sivas Beton Travers Fabrikasında 191.579 adet travers üretilerek yaklaşık 192 km’lik hat yenilenebileceği ancak bu miktarın eski hatların modernizasyonunda kullanılması ve dağılımıyla yeni hat için yetersizliğinin özel sektörü teşvik ettiği kabul edilen bir gerçektir [2]. Günümüzde demiryollarının ihtiyacı olan traversler özel sektör tarafından da üretilmekte ve gün geçtikçe yeni yapım yöntemleri geliştirilmektedir.

Travers; raydan gelen yükü alt tabakalara dağıtarak, ekartmanı koruyup, rayı bağlantı malzemeleri yardımıyla kendi üzerine sabitleyen ve yatayda merkezkaç kuvvetler ile raydaki boyuna kuvvetleri dağıtan bir üstyapı elemanıdır. Öngermeli beton traverslerin dinamik etkiler altında etkin oturma alanı 5930cm²’dir [3]. B70 Tipi Öngermeli Beton

Traversin üretim reçetesine bakıldığında dayanım sınıfı minimum C50/60, su/çimento oranı 0.45, minimum çimento dozajı 300kg/m³'tür [4]. Betonun oluşturan çimentonun SO₃ kütlece yüzdesi en fazla %3 ve toplam Na₂O kütlece eşdeğeri ise %0,60 olacağı şartnamede belirtilmektedir [4]. Yine agregalar için istenen AKR (Alkali Karbonat Reaksiyonu) ile ASR (Alkali Silika Reaksiyonu) testleri sırasıyla ASTM C 586 ve ASTM C1260'a göre yapılacak olup, AKR reaksiyonunun aktif çıkmasında agreganın reddine, ASR testleri sonucunda oluşan genleşme değerinin ise <%0,1 den düşük çıkmasıyla kabulüne karar verilir [4]. Dolayısıyla bu değerlere göre betonun üretimi ile çimento, agrega, su, katkı ve öngerme donatılarının oluşturduğu kompozit yapının içeriğinde oluşabilecek kısmi değişiklikler yapının kısa veya uzun dönemde dayanımını olumsuz şekilde etkileyebilir. Traverslerin üretimi esnasında, istifleme ve stoklama sırasında, panel hazırlığı ve hatta montaj yapılırken de bazı hasarlar oluşabilmektedir. Bu hasarlar beton traverslerin durabilitesini ve ekonomik ömrü boyunca hattın stabilitesini olumsuz şekilde etkilemektedir. Bu çalışmada genel olarak beton traverslerin üretimi ve kullanımı aşamasında oluşan bozulmaların sebepleri ve bu bozulmaların önlenmesi için alınabilecek tedbirler incelenmiştir.

2. Üretim Aşamasında Karşılaşılan Sorunlar

2.1 Kürleme Esnasında ve Sonrasındaki Sorunlar

Kürleme esnasında birçok problemle karşı karşıya kalınabilir. Başta çimento içerisinde SO₃'ün maksimum %3 oranında olmasına bağlı olarak TS EN 13230-1'de izin verilen maksimum beton sıcaklık değeri bulunarak bu değer aşılması sağlanır [5]. İstenen bu sıcaklık değeri maksimum %3 için 55°C'yi geçmemesi, çimento içeriğinde yer alan SO₃ değerinin azalmasıyla sıcaklık değeri grafikten okunarak bulunur. Bu sıcaklık asla 60°C'yi geçemez ve geçmesi durumunda gecikmiş etrenjit oluşumu, su kaybı ile yüzey çatlaklarının meydana gelmesi, dayanım kaybının artması kaçınılmazdır. Teponen ve Erikson (1987) tarafından ön kalıplama işlemi sırasında beton için hızlı kürde 75-80°C'lik sıcaklıkların gecikmeli etrenjit oluşumunun yarattığı mikro çatlakların en erken 2.5-4 yıl en fazla 10 yıl içinde gözlemlendiğini rapor etmişlerdir [6]. Hızlı kürleme işleminde beton traverslerin kalıpta 7-8 saat süreyle bekletilmesi oldukça önemlidir. Kürleme ilk olarak 20°C'de başlar ve kür odasında bir adet traversin merkezinden betona daldırılan kovanlı özel ısıölçer yardımıyla beton sıcaklığı okunur. İlk 2 saatte travers merkez sıcaklığı ortalama 30°C değerinde tutulur. TS EN 13230-1'de önerilen azami sıcaklık eğrisine bağlı kalınır [5]. Sonraki 2 saatte ise travers merkezindeki sıcaklığın belirlenen maksimum sıcaklık değerine yükseltilmesi sağlanır. Bu yükseltme yine standartta belirtilen 1 saatlik dilim içerisinde 15°C'yi, herhangi yarım saatlik dilim içerisinde ise 10°C'yi aşmayacak şekilde yapılır ve 3 saat boyunca traverslerin beton sıcaklığı maksimum sıcaklığı geçmeyecek şekilde sabit tutulur. Kürleme işleminin ardından traversler 28 günlük nihai dayanımlarının %60'na ulaşmaktadır. Erken bozulma sonucu betonda oluşan çatlaklar, gecikmiş etrenjit oluşumu ile sülfat saldırısının ürünüdür. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta çimento içeriğinde yer alan SO₃ miktarına bağlı olan hızlı kürleme sıcaklığının değer aşımının önlenmesi ve travers merkez sıcaklığının sürekli kontrol edilmesidir. Şekil 1'de beton traverslerde gecikmiş etrenjit nedeniyle oluşan kılcal çatlaklar görülmektedir. Reaksiyonlar sonucunda oluşan yüksek miktardaki etrenjit nedeniyle betonda büyük genleşmeler oluşmuş ve bunun sonucunda kılcal çatlaklar belirgin hale

gelmiştir. Uzun dönemde bu kılcal çatlaklar büyüyerek betondan parça kopmalarına sebep olacaktır.



Şekil 1. Öngermeli Beton Traverste Gecikmiş Etrenjit Oluşumu[20]

Zayed (2004) tarafından yapılan çalışmalarda Portland çimentosu içerisindeki SO₃ miktarının artan etkisinin beton dayanıklılığı üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada; düşük alkali ve C3A içeriğine sahip çimentolar için, SO₃ içeriğinin % 3'e kadar artma etkisi yüksek C3S (%67) içeriğine sahip çimentolar haricinde sülfat solüsyonlarında olumsuz bir genleşme etkisi oluşturmadığı belirtilmiştir. Bununla birlikte SO₃ içeriğinin % 3.6'ya kadar artmasının genleşme artışı oluşturduğu tüm çimento türleri ile üretilmiş 180 günlük harçlarda görülmüştür [7].

Agreganın reaktifliği beton dayanımında oldukça önemlidir. Betonda alkali kaynağı portland çimentosu olmasına rağmen bazen ilave katkı maddeleri ile karışım suyundan kaynaklı NaCl içeren yıkanmamış kum ya da silika içeren agrega (çört, kuvarsit, opal, gergin kuvars kristalleri vb.) yıkıcı genleşmelere neden olabilir [8]. Shayan ve Quick (1992) kırık ve sağlam beton traverslerde inceleme yaparak travers üst yüzeylerinde paralel yönde uzayan çatlakların ASR'den kaynaklandığı sonucuna varmışlardır [9].Çin'de yapılan bir araştırmada Şangay bölgesinde (SEM/EDAX) analizi yoluyla incelenen beton traverslerde potansiyel olarak reaktif silis varlığı ile tetiklenen çatlakların alkali agrega reaksiyonunu oluşturduğu ve bozulmalara neden olduğu görülmüştür [10]. Şekil 2'de AAR etkisiyle oluşan kılcal çatlaklar gösterilmiştir.



Şekil 2. (AAR)'nin uzun dönemde etkisi [20]

2.2 Betonun Yerleştirilmesi ve Sonrasındaki Sorunlar

Betonun yerleştirilmesi ve sonrasında da çeşitli problemlerle karşı karşıya kalılabilmektedir. Beton döküm yöntemi, hatalı gradasyon ve uzun süreli vibrasyon segregasyona yol açmakta ve bunun sonucunda da traversin içyapısında boşluklar

oluşabilmektedir. Oluşan bu boşluklar nedeniyle de basınç dayanımında düşme ve ilerleyen yaşlarda durabilite problemleri ile karşılaşılabilir. Şekil 3'te beton traverslerin üretim aşaması gösterilmiştir.



Şekil 3. Döküm Yöntemi ve Kalıp Sökümü [21]

Fabrikada beton kovası ilk hareketini otomatik olarak gerçekleştirerek beton dökümüne başlar ve kalıbın büyük bir kısmı doldurulduktan sonra yaklaşık 20 sn süre boyunca ilk vibrasyon uygulanır. İlk vibrasyon sonrası kalıbın tamamen doldurulması ile düşük frekansta 20 sn süre boyunca ikinci vibrasyon uygulanır. Vibrasyon sürelerinin değişkenlik arz etmesi sonucu betonun kalıp ile temas eden yüzeylerinde yer yer segregasyon ya da hava kabarcıkları tespit edilir. Bu tip bir hatalı üretim örneği Şekil 4'te gösterilmiştir. Gözenek derinliği 5mm'den büyük ise 4.derece hasar sınıfına girmektedir [11]. İlgili şartnameye göre bu tip hasarların bulunduğu traverslerin takip edilmesi tavsiye edilmektedir.



Şekil 4. Yetersiz vibrasyondan kaynaklı oluşan hava kabarcıkları [21]

2.3 Üretim Aşamasındaki Diğer Sorunlar

Üretim aşamasının içerisinde yer alan öngörme tellerinin kalıp içerisine yerleşimi, korozyon oluşumu, öngörme kuvvetinin tellere yüklenmesi ve kürtleme sonrası betona aktarımı ile plastik dübel deliklerinin travers alt noktasında su tahliyesi için açık vaziyette olmaması, panel veya stok sahalarına aktarılan traverslerin dübel deliklerin tıkaçlarla kapatılmaması traverslerin dayanımına etki eden diğer faktörlerdir. Klorür iyonlarının beton travers içerisindeki öngörme donatılarına ulaşması ile donatılar korozyona uğramakta ve bunun sonucunda beton ile öngörme donatısı arasındaki aderans zayıflamaktadır. Uzun dönemde beton travers tamamıyla kullanılamaz duruma gelmektedir [12]. Korozyonun beton travers içindeki öngörme donatısında yaratacağı

etki uzun dönemde demiryolu araçlarından gelecek darbe yükü ile boyuna yönde kırılmalara yol açabilir. Beton traversin uzun dönemde aşınmasına sebep olan faktörler hatalı beton dizaynı, betonun kalıplara yanlış dökülme biçimi, hatalı vibrasyon, kür süresi, kür sıcaklığıdır. [13]. Üretilen beton traversin stok sahalarına aktarılmadan önce dübel deliklerinin tıkaçlarla kapatılmaması sonucu istenmeyen malzeme ya da yağmur suyu girişi zamanla tirfonların yaratacağı yüzey gerilmesi ile birleşerek kılcal çatlaklara ve tirfon etrafı çekme gerilmesinden dolayı yarılmalara sebebiyet verir. Rezaie vd. (2012) tarafından yapılan araştırmada iki plastik dübel arasındaki maksimum çekme gerilmesi boyuna oluşabilecek çatlaklara neden olmakta, bunu önlemek içinse dübel deliği etrafına enine yönde takviye donatısı yerleştirmenin bir çözüm olabileceği belirtilmiştir [14].

3. Stoklama-Panel Üretimi ve Hat Montajı Esnasındaki Sorunlar ve Çözümleri

Üretim sonrası stok yığınlarına ya da panel üretim sahalarına yönlendirilen beton traversler yükleme ve boşaltma esnasında istenmeyen darbelere maruz kalırlar. Özellikle ray oturma alanı bölgesi travers alt noktalarında kabuk atmaları, çatlamlar, çentikler oluşturmakta ve panel üretiminde ayar mastarında işçilik hatası ile güzergâhta vagonlardan indirme sırasında kırılmalar artmaktadır. Dyk vd. (2012) demiryollarındaki kusurları kıyaslayan bir çalışma gerçekleştirmişler ve ray oturma yüzeyindeki yıpranmanın travers altındaki beton yüzeyinin bozulmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bozulma oranının Amerika'da %6.43 olduğu ve bu değer uluslararası demiryollarındaki % 3.15 ortalama değerinden daha yüksek olduğu görülmüştür [15].

Stoklama sahasında traverslerde hasar oluşmaması için bazı önlemlerin alınması gerekmektedir. Bunlar istif aralarında ayırıcı taşıyıcı kalasların kullanılması, istif yığın aralıklarının ve yüksekliklerinin yeterli olması, taşıyıcı ve paletlerden aktarım yapan iş makinesinin yükleme aparatının kauçuk kaplamalı olması, bağlantı malzemesi üzerine montajı yapılmamış traverslerin dübel deliklerinin tıkaçlarla kapatılması gibi önlemler olabilir. Stoklanan traversler panel alanı Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Stoklanan Traversler ve panel alanı[21]

Panel hazırlama sahalarında 36 m uzunluğundaki raylarla bağlantısı yapılmak üzere 60 cm aralıklara bölünmüş şekilde hazırlanan panel tezgâhına vinç aparatı yardımıyla indirilen ve işçi gücü ile yerine getirilen traversler bağlantı malzemeleri ile sabitlenmektedir. Bu esnada oluşan kırılmalar, travers tabanlarında ağırlıklı olmakla birlikte, ray oturma alanı omuz kısımlarında da meydana gelebilmektedir. Panel montajı Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Panel montajının yapılışı [21]

Traverslerin hat içindeki dirençlerine bakıldığında taban sürtünmesi, omuz direnci ve pasif etki (toprak) direnci biraraya gelerek çapraz itme dirençlerini oluşturmakta ve dirençler taban sürtünmesi için %45-50, travers omuz kısmı için %10-15, pasif etkide %35-40 oranında gerçekleşir [3].



Şekil 7. Panel montajı ve oluşan hasarlar [21]

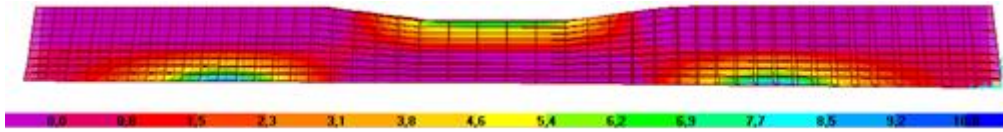
Traversin balast yatağı üzerine oturduğu alanda balast kalınlığının her yerde aynı olması, balast seriminin eşdeğerliliği ve travers alt yüzeyinin hasarsız olması, taban sürtünmesinde olumlu bir etkidir. Taban sürtünmesinden kaynaklanan travers alt yüzeyinde oluşmuş hasar Şekil 7’de görülmektedir. Dolayısıyla çerçevelerin hatta indirilmesi esnasında özen gösterilmesi, 1.tabaka balastın finişer yardımıyla serilmesi, çatlak ve hasarlı olan traverslerin panel sahasında kontrollerinin yapılması, özellikle ray oturma alanı omuz bölgesi kılcal çatlakların kontrolü, ray altı pedlerinin yatağında olmasına dikkat edilmesi sonucunda kalıcı hat kusurlarının önüne geçilebilir. Şekil 8’de panel sistemi ile hat döşenmesi gösterilmiştir.



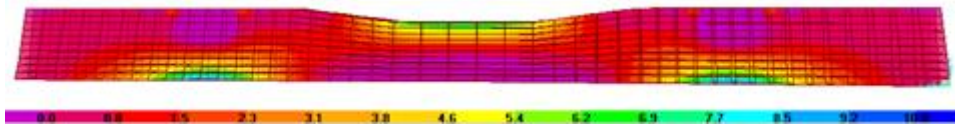
Şekil 8. Panel sistemi ile hat döşenmesi [21].

4. Trafik Yükü Altında Traverslerde Yaşanan Sorunlar ve Çözümleri

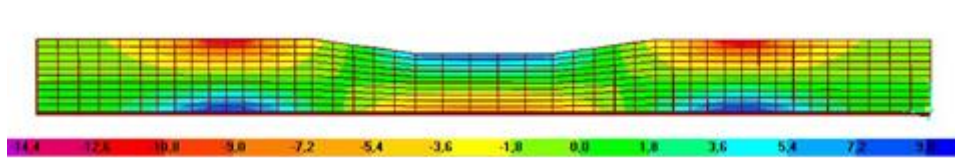
Hattın işletmeye açılması sonrasında dinamik ve termal etkiye maruz kalan beton travers ilk olarak kendine oturma alanını balast yatağı içinde oluşturur. Geometrik hassasiyeti tamamlanmış yolda, aktarılan yükün dağılımını her malzemenin oturma alanı kadardır. Bu dağılımın travers boyutundaki analizine bakıldığında maksimum çekme gerilmesi 9.0 MPa olup Şekil 9 ve 10'da gösterilmiştir [16]. Maksimum basınç gerilmesi ise 12.6 MPa ve mor renkteki kısım olarak Şekil 11'de gösterilmiştir [16]. Analizdeki çekme gerilmesinin travers teknik şartnamesinde öngörülen 5.5 MPa çekme gerilmesinden yüksek olması öngörme gerekliliğini ortaya koymakla birlikte çekme bölgesinin ray oturma alanı bölgesinde oluşu hasarlanmaması gereken bölgeyi işaret etmektedir.



Şekil 9. S22 gerilmelerinden kaynaklı basınç ve çekme bölgeleri [16]



Şekil 10. S11, S22, S33 kaynaklı basınç ve çekme gerilmelerin dağılımı [16]



Şekil 11. S22 gerilmelerinin detaylı dağılımı [16]

Traversi kiriş gibi düşünüldüğünde üzerine gelen yükü eşit oranda sağlıklı olarak dağıtımını yapabilmesi için oturma yüzeyinin dolayısıyla balast üst yüzeyinin düzgün olmasına özen gösterilmelidir. Balast düzensizliği, kirliliği, yanlış ve asimetrik buraj, drenaj altyapı eksikliği vb. nedenlerden dolayı traverslerde eğilme ve kesme çatlakları oluşabilmektedir. [13]. (Şekil 12) Ray bağlantı malzemelerinden tirfonun gergi kısıpacı üzerine yeterince basmaması, açılı klavuzlarına gergi kısıpacının hatalı yaslanması ve bu tekrarlanan aralığının kısa mesafede olmasından dolayı demiryolu araçlarından gelen dingil darbe yükü travers omuz bölgelerinde kılcal çatlaklara sebep olabilir. Bunlarla birlikte yağmur ve kar sebebiyle travers içine sızan suyun donması basınç alanına bağlı olarak 40 MPa'lık bir don kabarması oluşturarak travers hasarına sebep olabilmektedir [17].



Şekil 12. Traverslerde görülen eğilme ve kesme çatlakları[21].

5. Sonuçlar

Traverslerde özellikle ray oturma alanı aşınmalarını önlemek için, pas payı tabakasının bir kademe taşlanarak yüzeye epoksi kaplama uygulanması veya ray oturma alanı ve koltuk bölgelerinde betona uçucu kül ve silis dumanı ilavesi aşınmayı hafifletici bir yöntem olabileceği belirtilmiştir [18]. Yine üretim esnasında koltuk bölgelerinde çelik fiber takviyeleri, çok katmanlı ped kullanılması diğer travers hasarını önleyici yöntemler olarak belirtilmektedir [18]. Beton travers donatı korozyonunun ilerleyen dönemlerde çelikte degradasyona ve bunun sonucunda boylamsal kırıklara sebep olmaması için kalıba ve donatıya kuru hava tutularak nemden arındırılması gerekir. Dübel delikleri etrafında tirfonun 600Nm'lik döndürerek girme momentine ve azami çatlak boyunun 80mm, genişliğinin 0,05mm boyutları dikkate alındığında Rezaie vd. (2012) tarafından yapılan araştırmada dübel deliği etrafına enine yönde takviye donatısı yerleştirmenin bir çözüm olabileceği belirtilmiştir[13].

Beton traversin üretim aşamasında hammadde bileşenlerinin standartlara uygun olması, yapım yöntemlerine dikkat edilmesi ile mikro çatlakların oluşumunun engellenmesi sağlanabilir. Üretimden stok alanına ve panele üretimi için yapılan sevkiyat işlemlerine daha fazla özen gösterilerek ile makro düzeyde uzunluğu 80mm, yüksekliği 30mm ve derinliği 30mm'den fazla olan kopmaların önüne geçilmelidir[4]. Dayanımı etkileyen parametrelerden biri her ne kadar üretim aşamasında çimentodaki SO₃ miktarı, kür sıcaklığı ve vibrasyon süresinin yeterliliği olsa da, güzergâhta serilen beton traverslerin en az hasarla yerinde montajı da travers dayanımını uzun dönemde etkileyen faktörler arasında sayılabilir. Güzergâhın geometrik olarak düzenlenmesi ya da bakım çalışmalarında buraj ve dresaja tabi tutulması sırasında kazma derinliğinin yeterli oranda, balastı travers altına verecek şekilde, ayarlanması traversin ekonomik ömrünü arttıran önemli işlem aşamalarından birisidir.

Öngermeli beton traverslerin üretim, sevkiyat ve montajı sırasında tüm bu hususlara dikkat edilmesiyle daha uzun ömürlü kullanımları mümkün olacağı gibi aynı zamanda önemli bir ekonomik kazanç da elde edilmiş olacaktır.

Kaynakça

- [1] TCDD, “2015 yılı Demiryolu Sektör Raporu”
- [2] TCDD, “2011-2015 İstatistik Yıllığı”
- [3] LİCHTBERGER B, “ Demiryolu Cep Kitabı”, 2011, (Handbuch Gleis)
- [4] TCDD, “B70 Tipi Öngermeli Beton Travers Teknik Şartnamesi”,2016 ve “B07 Öngerme-Önçekmeli Beton Travers Teknik Şartnamesi”,2016
- [5] TS EN 13230-1 “Demiryolu uygulamaları - Demiryolu - Beton traversler ve mesnetler –bölüm: 1”
- [6] Tepponen P, Eriksson BE. Damages in concrete railway sleepers in Finland. Nordic Concr Res 1987:199–209
- [7] Zayed, A.M., Effect Sulfur Trioxide Content on Concrete Structures Using Florida Materials, Florida DOT, State Project Number: BC353-RPWO#31, October 2004
- [8] Neville AM. Properties of concrete. England: Longman Scientific & Technical; 2012
- [9] Shayan A, Quick GW. Microscopic features of cracked and uncracked concrete railway sleepers. Mater J 1992;89:348–61.
- [10] Qinhua J, Min D, Sufen H. Investigation of deteriorated concrete railway ties. Cem Concr Res 1996;26:999–1006
- [11] DB (Die Bahn) Demiryolları, Talimatname 824.2018, “Ön gerilimli beton traverslerinde bulunan hasarların değerlendirilmesi”
- [12] Mohammadzadeh S, Vahabi E. Time-dependent reliability analysis of B70 pre-stressed concrete sleeper subject to deterioration. Eng Failure Anal 2011;18:421–32.
- [13] Zakeri J.B., Rezvani F.H., .Failures of Railway Concrete Sleepers During Service Life. International Journal of Construction Engineering and Management, 2012; 1(1): 1-5.
- [14] Rezaie F, Shiri MR, Farnam SM. Experimental and numerical studies of longitudinal crack control for pre-stressed concrete sleepers. Eng Failure Anal 2012;26:21–30.
- [15] Dyk BJV, Dersch MS, Edwards JR. United States Department of Transportation (US DOT), Federal Railroad Administration (FRA). Washington DC, USA: International concrete crosstie and fastening system survey; 2012
- [16] Yapı Merkezi A.Ş, “Sonlu elemanlar yöntemi ile tren dingil yükü ve ön-çekme kuvveti etkisi altında traversin rakamsal tetkiki”,2008
- [17] Zi G, Moon DY, Lee S-J, Jang SY, Yang SC, Kim S-S. Investigation of a concrete railway sleeper. failed by ice expansion. Eng Failure Anal 2012;26:151–63
- [18] Kernes Ryan G, Shurpali Amogh A, Edwards J Riley, Dersch Marcus S, Lange David A, Barkan C, “İnvestigation of mechanics of rail seat deterioration and methods to improve the abrasion resistance of concrete sleeper rail seats”15 August,2013
- [19] Takahashi T, Sekine E, Horiike T, Matsuoka S, Hoshiro H. Study on the applicability of short fibre reinforced concrete to precast concrete slabs for slab track. Quart Report RTRI 2008;49:40–6.
- [20] Tacim G, “Afyonkarahisar-Karakuyu Hattı Yol Yenileme Çalışmaları”,Temmuz 2016
- [21] Tacim G, “Ankara-Konya Yüksek Hızlı Tren Üstyapı İşleri-Pınarbaşı Şantiyesi”, 2008-2014

Özgeçmiş



Gökhan TACİM

06.12.1980 Mersin doğumludur. Selçuk Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliğinden 2013 yılında mezun olmuştur. Afyon Kocatepe Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ulaştırma Ana Bilim dalında Yüksek Lisans tez aşamasında olup, TCDD Genel Müdürlüğü Modernizasyon Dairesi Başkanlığında Daire Başkan Yardımcısı olarak görev yapmaktadır.