



Demiryolu Balastının ve Özelliklerinin Araştırılması

Mehmet KOZAK 

TCDD 7. Bölge Demiryolu Bakım Servis Müdürlüğü, Afyonkarahisar, Türkiye

m.kozak15@hotmail.com

(Alınış/Received: 26.11.2020, Kabul/Accepted: 09.12.2020, Yayınlama/Published: 31.01.2021)

Öz: Bu çalışmada demiryollarında üstyapı malzemesi olarak kullanılan balast ve özellikleri araştırılmıştır. Platformun üzerine döşenen, traverslerin aralarını dolduran ve traverse elastik bir yatak oluşturan, traversler tarafından kendisine iletilen tüm etkileri platforma ileten, 22,4-63 milimetre ebadında kırılmış, keskin köşeli ve keskin kenarlı sert ve sağlam kayalara balast denilmektedir. TCDD tarafından 2020 yılında balast teknik şartnamesi güncellenmiştir. Bu güncelleme neticesinde balast olarak kullanılacak kayaç ile ilgili köken ve isim koşulu ortadan kaldırılmış ve şartnamede istenilen özellikleri sağlayan metamorfik, sedimanter ve eski teknik şartnamede ismi yer almayan diğer magmatik kökenli kayaçların balast olarak kullanılabilirliğinin önü açılmıştır. Bu durumunun balast maliyetine olumlu yönde etkisi olacaktır. Bu çalışma kapsamında yeni ve eski balast teknik şartnamesi karşılaştırılarak değişiklikler irdelenmiştir. Ayrıca iyi bir balastta bulunması gereken özellikler, üstyapı elemanları içerisinde balastın görevleri, teknik şartnameye göre balasttan istenilen geometrik ve fiziksel deneyler ve sınır değerleri, kayacın mikroskobik inceleme ve makro özelliklerine göre talep edilebilecek ek deneyler ve sınır değerleri ele alınmıştır. Yapılacak yeni çalışmalarda, farklı kayaç türlerinden elde edilecek balastların, aynı proje kriterlerine sahip demiryolu hat kesiminde tek orjinli kayaç olacak şekilde belirli aralıklarla kullanılarak, bakım maliyeti, ömrü ve benzeri kriterleri tespit edilerek fayda zarar analizlerinin yapılması faydalı olacaktır. Ayrıca güncellenen teknik şartnameye göre balast olarak kullanılabilen kayaçların belirlenmesi için yeni çalışmaların yapılması faydalı olacaktır. Ülkemizde raylı sistem ve ulaşım alanında ulusal düzeyde akademik çalışmaların sayısının az olduğu görülmekte olup bu çalışmanın literatüre ve bilime katkısı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Demiryolu, Üstyapı Malzemesi, Balast, Bazalt, Granit, Kireçtaşı

Investigation of Railway Ballast and Its Properties

Abstract: In this study, ballast and its properties used as superstructure material in railways has been investigated. Ballast is a composition of hard and solid rocks with sharp corners and sharp edges 22,6-63 mm in size that fill between the sleepers and form an elastic bed for the sleepers which transmit all the effects transmitted to them by the sleepers to the platform. The ballast technical specification has been updated by TCDD in 2020. As a result of this update, the requirement concerns the origin and name of the rock to be used as ballast has been removed. Therefore, the use of the rock types which meet the conditions of the new specification such as metamorphic, sedimentary or the other magmatic rocks which were not listed in the former specification permitted. This will reduce the cost of ballast. Within the scope of this study, the changes were examined by comparing the new and former ballast technical specifications. In addition, the properties that should be found in a good ballast, the tasks of the ballast in the superstructure elements, the geometric and physical tests and limit values required from the ballast according to the technical specifications, additional tests and limit values that can be requested according to the microscopic examination and macro properties of the rock are discussed. In further studies, making a profit-loss analysis according to maintenance, life and similar criteria for the certain railway sections which have been constructed by use of different rock types with a single origin will be beneficial. In addition, it will be useful to carry out new studies to determine the rocks that can be used as ballast according to the updated technical specifications. In our country, it is seen that there are few academic studies in the field of transportation and railway at the national level so it is thought that this study will contribute to the related literature.

Keywords: Railroads, Pavement Material, Ballast, Basalt, Granite, Limestone

Atıf için/Cite as: M. Kozak, "Demiryolu balastının ve özelliklerin araştırılması," *Demiryolu Mühendisliği*, no. 13, pp. 86-96, Jan. 2021. doi: 10.47072/demiryolu.831684

1. Giriş

Ulaştırma sistemleri, bir ülkede başta ekonomi olmak üzere sosyal ve kültürel faaliyetlerin canlanmasında etkin bir rol oynamaktadır. Bu nedenledir ki doğal kaynakların verimli bir şekilde kullanılması, mal ve hizmetlerin hızlı dağıtılması, iç ve dış ticaretin geliştirilmesi, ancak ulaşımın dikkatli bir şekilde planlanması ve düzenli bir ulaştırma ağının oluşturulması ile mümkün olabilecektir [1]. Ülke genelinde kolay, hızlı, güvenilir ve ekonomik bir ulaştırma hizmeti sağlanabilmesi için; karayolu, demiryolu, denizyolu ve havayolu gibi ulaştırma türlerine ait altyapı tesislerinin ülke koşullarına uygun bir bütünlük göstermesi ve ulaştırma türlerinin işletmelerinde de koordinasyonun olması gereklidir [2].

Karayolu yoğun taşımacılığının sebep olduğu, kazalar, çevre kirliliği, yüksek yakıt maliyetleri ve trafik tıkanıklığı, dünya ekonomisinin gelişmesinde en önemli unsur olan ulaşımı sınırlamakta ve yavaşlatmaktadır. Bu nedenle Dünya genelinde, demiryollarının önemi her geçen gün daha da artmakta ve demiryolları, son yıllarda ülkemizde de olmak üzere dünya ülkelerinde her yönüyle yeniden yapılandırılmaktadır [3].

Hat denilen özel bir yol üzerinde mekanik olarak hareket eden araçlarla çekilen yolcu ve yük taşıma sistemine demiryolu denilmektedir [4]. Demiryollarının yapısı gereği trenlerin yapabileceği azami hızlara göre, ülkemizdeki T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü (TCDD)'ne ait demiryolları konvansiyonel, hızlı tren ve yüksek hızlı tren hattı olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır. Bu sınıflama Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Demiryolunun yapısı gereği trenlerin yapabileceği azami hızlara göre demiryolu sınıfları [5]

Demiryolu Sınıfı	Yolun Yapısı Gereği Azami Tren Hızı
Konvansiyonel Hat	$V < 160$ km/s
Hızlı Tren Hattı (HT)	$160 \leq V < 250$ km/s
Yüksek Hızlı Tren Hattı (YHT)	$V \geq 250$ km/s

T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü'nün demiryolu şebekesi 2019 yılı istatistik verilerine göre iltisak ve istasyon yolları dahil; 11.590 km'lik konvansiyonel ve 1.213 km'lik yüksek hızlı tren hattından meydana gelmektedir [6]. Demiryolu üstyapı ve altyapı olarak iki ana bölümden oluşmaktadır [7]. Demiryolu güzergâhının geçtiği doğal arazi üzerinde; yolun yapımı ve korunması için imal edilen tesislerin tümüne altyapı denilmektedir. Altyapı; yarmalar, dolgular, tüneller, köprüler, platform, geçitler, sağlamlaştırma ve önleme yapılarından (tahkimatlar) oluşmaktadır [5]. Demiryolu araçlarının emniyetli, konforlu ve istenilen hızlarda hareket edebilmesini sağlamak amacıyla belirli kriterler esas alınarak inşa edilen ve demiryolu araçlarının yol ile temasının gerçekleştiği yol bölümüne üstyapı denilmektedir. Üstyapı; raylar, traversler, bağlantı malzemeleri ve balasttan oluşmaktadır [8].

Ulaştırma sistemlerinde; zaman, güvenlik, konfor ve güvenilirlik önemli unsurlardır. Demiryollarını diğer ulaştırma sistemleriyle rekabet edebilir hale getirmek için yukarıda sıralanan parametreleri en az maliyetlerde sağlamak gerekir. Gelişen teknoloji ile birlikte, insanların zaman değerinin artması, ulaştırma sistemlerini daha da hızlı olmaya zorlamaktadır. Günümüzde modern demiryolu araçları çok yüksek hızlar yapabilmektedirler. Ancak bu modern demiryolu araçları kullanılmadan önce, demiryolu altyapısı ile üstyapısının bu araçları güvenle taşıyacak etkinliğe getirilmesi gerekmektedir [9].

Bu açıdan bakıldığında demiryolu üstyapı elemanlarından olan balastın istenilen geometrik ve fiziksel özelliklere sahip olması büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada, iyi bir balastta bulunması gereken özellikler, üstyapı elemanları içerisinde balastın görevleri, teknik şartnameye göre

balasttan istenilen geometrik ve fiziksel deneyler ve sınır değerleri, kayacın mikroskopik inceleme ve makro özelliklerine göre TCDD Yapı Malzemeleri Laboratuvarı Şube Müdürlüğü tarafından talep edilebilecek ek deneyler ve sınır değerleri ele alınmıştır. Dünya genelinde, demiryollarının önemi her geçen gün daha da artarak devam etmekle birlikte son yıllarda ülkemizde demiryolları her yönüyle yeniden yapılandırılmaktadır. Buna rağmen ülkemizde raylı sistem ve ulaşım alanında ulusal düzeyde bilimsel, akademik eser sayısının az olduğu görülmekte olup bu çalışmanın literatüre ve bilime katkısı olacağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve Metot

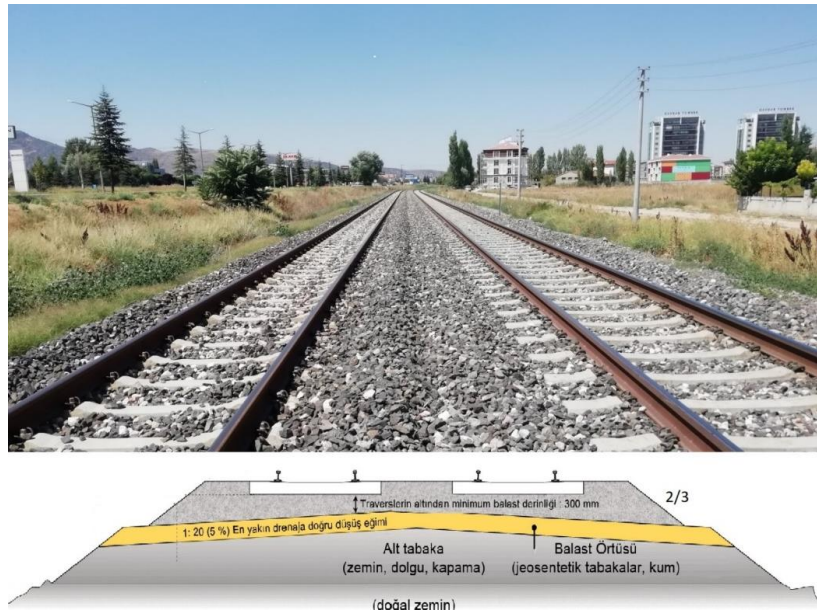
Bu çalışma kapsamında; iyi bir balastta bulunması gereken özellikler, üstyapı elemanları içerisinde balastın görevleri, teknik şartnameye göre balasttan istenilen petrografik, geometrik ve fiziksel deneyler ve sınır değerleri, kayacın mikroskopik inceleme ve makro özelliklerine göre TCDD Yapı Malzemeleri Laboratuvarı Şube Müdürlüğü tarafından talep edilebilecek ek deneyler ve sınır değerleri ele alınarak irdelenmiştir.

2020 yılında TCDD tarafından Balast Teknik Şartnamesi güncellenmiştir. Ayrıca bu çalışma kapsamında eski ve yeni teknik şartname arasındaki değişiklikler ile bu değişikliklerin maliyet açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Balast

Platformun üzerine döşenen, traverslerin aralarını dolduran ve traverse elastik bir yatak oluşturan, traversler tarafından iletilen tüm etkileri platforma ileten, 22,4-63 milimetre ebadında kırılmış, keskin köşeli ve keskin kenarlı sert ve sağlam kayalara balast denilmektedir [7]. Şekil 1'de demiryolunda balastın kullanılmasına ait resim verilmiştir.



Şekil 1. Demiryolunda balast kullanımı

Kayaçlar, mineral topluluklarıdır; minerallerin veya kaya parçalarının bir araya gelmesinden oluşmuşlardır. Kayaçlar, oluşum şartlarına ve kökenlerine göre, magmatik, metamorfik (başkalaşım) ve sedimanter (tortul) olmak üzere başlıca üç gruba ayrılmaktadırlar [10].

Metamorfik kökenli doğal taşlar: Kayaçların sıcaklık ve basınç altında başkalaşıma uğrayarak yeniden kristalleşmesi ile oluşur. Bu kristaller oluşum sırasında soğuma hızı ile ters orantılı olarak çeşitli büyüklüklerde meydana gelmektedirler [11]. Metamorfik kökenli doğal taşlara sleyt, fillit, şist, gnays, kuvarsit, arduvaz, mermer örnek olarak verilebilir [10,12]

Sedimanter kökenli doğal taşlar: Bu tip doğal taşlar sedimantasyon (çökelme olayı) sonucu meydana gelmişlerdir. Mineral ve taş parçalarının değişik yollarla taşınarak bir yerde çökmesi ile oluşur. Atmosferik koşulların etkisiyle ufalanan ve taşınan kayaçların, birbiri ile karışarak doğal bir bağlayıcı ile yeniden sertleşmesi sonucu oluşan kayaçlardır [13]. Sedimanter kayaçlar tabakalar halinde oluşur ve içlerinde organik maddeler, fosiller bulunabilir [14]. Kırıntılı, kimyasal ve organik (biyokimyasal) sedimanter kayaçlar olmak üzere üç gruba ayrılır [10]. Sedimanter kökenli doğal taşlara konglomera, kumtaşı, breş, dolomit, kireçtaşı, traverten, kalsedon, oniks, taşkömürü örnek olarak verilebilir [10,12].

Magmatik kökenli doğal taşlar: Magmanın yer kabuğunun derin bölümlerinde, yeryüzüne yakın seviyelerde veya yeryüzünde soğuyarak katılaşması ile oluşurlar [14]. Magmatik kayaçlar genellikle iyi kristalleşmiş kayaçlardır. Tabakalanma yoktur, kütleler halindedirler, içlerinde fosil bulunmaz ve asitten etkilenmezler. Sertliklerinin yüksek olması nedeniyle işlenmesi güç olup cila alma ve koruma kapasiteleri yüksektir [11]. Magmatik kayaçlar, kendi arasında üç gruba ayrılır. Magmanın soğuması ve katılaşması derinlerde meydana gelirse ortaya çıkan kayaçlara plütonik kayaçlar (derinlik kayaçları) denir. Magmanın soğuma ve katılaşması yüzeyde meydana gelirse ortaya çıkan kayaçlara volkanik kayaçlar denir. Magmanın derinlerden yeryüzüne doğru yükselirken yeryüzüne yakın kesimlerde soğumasıyla oluşan kayaçlara ise yarı derinlik (damar) kayaçları denir [10]. Magmatik kökenli doğal taşlara granit, siyenit, gabro, bazalt, andezit, trakit, diyabaz, tuf örnek olarak verilebilir [10,12].

Balast, demiryollarında ray altında kullanılan, yüzey suyunu ortamdan uzaklaştıran ve yük taşıyan bir malzemedir. Geçmiş yıllarda balast olarak kullanılan kireçtaşı türevli kayaçların etkisi altında kaldıkları atmosferik olaylar ve tren yüklerinden kaynaklı olarak zamanla özelliklerini kaybettikleri görülmüştür. Ekonomik anlamda büyük yatırımlar gerektiren bu tür projelerde kullanılan doğal taşların uygun standartlara sahip olup olmadığının araştırılması ve uygun malzemelerin seçimi büyük önem taşımaktadır. Hat yapımında kullanılacak kayaçların mineralojik ve petrografik özelliklerinin yanında fiziko-mekanik özelliklerinin detaylı olarak araştırılması gerekmektedir. Bununla birlikte uygun standartlara sahip kayaçların arazideki dağılımları ve rezerv durumları, ocak işletme yöntemlerinin seçimleri gibi konularda ayrı bir önem taşımaktadır [15].

İyi bir balastta bulunması gereken özellikler maddeler halinde aşağıda belirtilmiştir.

- Yuvarlak, pürüzsüz ve tek orjinli kayaç olmadıkları için hiçbir zaman dere çakılı kullanılmamalı,
- Sağlam, çatlaksız ve damarsız bir kayaçtan yapılmalı ve dayanıklı olmalı,
- Su emme oranı düşük olmalı,
- Atmosferik şartlara karşı direnci yüksek olmalı,
- Yüksek drenaj kabiliyetine sahip olmalı,
- Aşınmaya ve darbeye karşı dayanımı yüksek olmalı,
- Noktasal dinamik ve statik basınçlara karşı yüksek dirençli olmalı,
- Sürtünme direnci ve içsel sürtünme açısı yüksek olmalı,
- Çok köşeli, çok yüzlü olmalı, pürüzlü yüzeyler verecek şekilde keskin kenarlı ve kübik parçalanmalı,
- Masif yapıda ve homojen olmalı,
- İçinde zararlı bileşen, toz-toprak, kil, ot, kök vb. yabancı maddeler bulunmamalı,

- Üretim şartnamelerinde belirtilen standartlara uygun olarak istenilen elek ölçülerinden geçmiş olmalıdır [8,16,17].

Üstyapı elemanları içerisinde, balastın yüklendiği görevler maddeler halinde aşağıda belirtilmiştir.

- Yolu istenen konumda tutmak için traverslere uygulanan düşey (kaldırma kuvveti dahil), yanal ve boyuna kuvvetlere karşı koymak,
- Trenin düşey, yatay ve boyuna kuvvetlerine karşı travers hareketlerini sınırlandırarak traverse yataklık etmek ve traversleri yerinde tutmak,
- Taban zeminini yüksek gerilmelerden korumak için traverslerden gelen yükü daha geniş alana homojen olarak yayarak, yolun kalıcı oturmalarını sınırlandırmak,
- Yüzey bakımı ve hat işlemi için olanak sağlamak,
- Platform için elastik bir yatak oluşturarak, dinamik yüklerin etkisini azaltmak için gerekli olan esnekliği sağlamak,
- Yolu ottan korumak, yağmur sularını süzerek dışarı atmak,
- Yolu ekseninde tutmak,
- Yağmur sularını drenaj ile dışarı atarak platformu donma çözülme etkisinden kurtarmak,
- Ahşap ve demir traverslerin toprakla ilişkisini keserek çürümelerini önlemek,
- Platformu buzlanmaya karşı korumak,
- Demiryolunda gürültüyü azaltmak,
- Gerilmeleri alttaki malzeme için kabul edilebilir seviyelere indirmek [8,17,18,19,20].

Günümüze kadar balast olarak bazalt, granit, granodiyorit, gabro, diyabaz, siyenit, diyorit, porfir ve sert kalker kullanılmıştır [8,21]. Ancak en ideali granit ve bazalt kayalarındır [8]. Şekil 2’de demiryolunda balast olarak kullanılan kayalar verilmiştir.



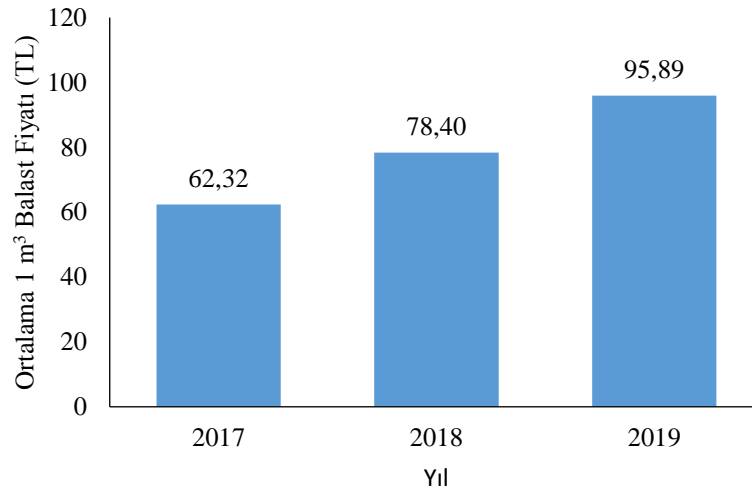
Şekil 2. Demiryolunda balast olarak kullanılan kayalar

Kamu İhale Kurumu, Elektronik Kamu Alımları Platformu (EKAP) internet sitesinde yer alan ihale arama sekmesi üzerinde yapılan araştırma ile TCDD tarafından sonuç formu gönderilen ve balast alım miktarları ihale isminde yer alan balast alımı ihaleleri dikkate alınarak TCDD tarafından 2017, 2018 ve 2019 yıllarında alınan yaklaşık balast miktarı ve maliyetleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. TCDD tarafından yıllara göre alınan yaklaşık balast miktarı ve maliyetleri [22]

Yıllar	Alınan Balast Miktarı (m ³)	Maliyeti (TL)
2017	1.085.000	67.622.350
2018	678.000	53.157.750
2019	465.000	44.589.500

TCDD tarafından 2017, 2018 ve 2019 yıllarında yol yenileme ve bakım için alınan yaklaşık balast miktarının toplam 2.228.000 m³ ve bunun maliyetinin ise 165.369.600,00 TL olduğu Tablo 2’den anlaşılmaktadır. 2017, 2018 ve 2019 yıllarında TCDD tarafından alınan balastın ortalama birim fiyatı Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Son üç yıla ait TCDD tarafından alınan ortalama 1 m³ balast fiyatları

Balastın ortalama birim fiyatı yıllık %22-26 arasında artmaktadır. 2019 yılı ortalama 1 m³ balast fiyatı 95,89 TL’dir. Bu yüksek maliyetin ve artışın en önemli nedenlerinden birisinin eski teknik şartnameye göre sadece bazalt, granit, granodiyorit, gabro ve diyabaz gibi magmatik kökenli kayaların balast olarak kabul edilmesi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca söz konusu bu kayaların rezerv açısından ülkemizin her bölgesinde yer almaması nedeniyle nakliye bedellerinin de balast maliyetine büyük etkisi olduğu bilinmektedir.

2020 yılının ikinci yarısında güncellenen balast teknik şartnamesine göre balast olarak kullanılacak kayaç kökeni ve ismi ile ilgili koşul kaldırılmıştır. Girişimciler, güncellenen teknik şartnameye göre istenilen özellikleri sağlayan kayaçlar için balast ocak onayı için gerekli deneylerin yapılması ve kayaç için balast üretimine uygunluğunun onaylanması süreçleri zaman alacaktır. Dolayısıyla balast olarak kullanılacak kayacın kökeni ve ismi ile ilgili koşulun kaldırılmasının, balast maliyetine etkisi 2021 ve daha sonraki yıllarda görülecektir.

3.2. Balastın petrografik özellikleri

Balastın kökenini ve ismini belirlemek için eski teknik şartnameye göre petrografik analiz ve/veya kimyasal analiz yapılması istenilmekte iken yeni teknik şartnameye göre de petrografik analiz yapılması istenilmektedir. TCDD eski ve yeni Balast Teknik Şartnamesine göre istenilen petrografik özelliklerin karşılaştırılması Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. TCDD eski ve yeni balast teknik şartnamesine göre istenilen petrografik özelliklerin karşılaştırılması [16, 21]

Özellik	Eski Teknik Şartname	Yeni Teknik Şartname
Kayacın kökeni	Magmatik	Kayaç kökeni ile ilgili bir koşul istenilmemektedir
Kayaç ismi	Bazalt, granit, granodiyorit, gabro ve diyabaz	Kayaç ismi ile ilgili bir koşul istenilmemektedir

Eski teknik şartnameye göre balast olarak kullanılacak kayacın magmatik kökenli bazalt, granit, granodiyorit, gabro ve diyabaz olması istenilmektedir. Yeni teknik şartnamede yer alan en önemli değişikliklerden bir tanesi, kayaç kökeni ve ismi ile ilgili koşulun ortadan kaldırılması olmuştur. Dolayısıyla metamorfik, sedimanter ve eski teknik şartnamede ismi yer almayan diğer magmatik kökenli kayaçların da balast olarak kullanılabilirliğinin önü açılmıştır. Balastın petrografik özelliği açısından yapılan bu değişikliğin balast maliyetine olumlu yönde etkisi olacaktır.

3.3. Balastın geometrik özellikleri

TCDD yeni Balast Teknik Şartnamesine göre balast olarak kullanılacak kayaçların aşağıda belirtilen geometrik özelliklere sahip olması istenilmektedir.

Üretim Gradasyonu: Balast agregası ana hatlar için Tablo 4’de verilen gradasyon aralığında olmalıdır. Yeni teknik şartnameye göre 31.5-50 mm arasında kalan malzeme miktarı da en az %50 olacak şekilde balast üretilmelidir. Balast agregasının tane büyüklüğü dağılımı TS EN 933-1 standardına uygun olarak belirlenmelidir [16].

Tablo 4. TCDD ana hatlarında kullanılan balastın yeni teknik şartnamede istenilen gradasyon aralığı [16]

Kare Gözlü Elek Açıklığı (mm)	Elekten Geçen Malzeme Miktarı (%)	
	HT ve YHT Hatları	Konvansiyonel Hatlar
63	100	100
50	70-99	70-99
40	30-65	30-65
31,5	1-25	1-25
22,4	0-3	0-3
0,5	≤0,6	≤1
0,0063	≤0,5	≤0,5

İnce Taneler: İnce tane miktarının tespiti TS EN 933-1’e uygun olarak belirlenmeli ve 0,5 mm göz açıklıklı elekten geçen malzemelerin kütlece yüzdesi, toplam kütlenin HT ve YHT hatlarında %0,6’sını, konvansiyonel hatlarda ise %1’ini geçmeyecek şekilde üretilmelidir.

Çok İnce Taneler: Çok ince tane miktarının tespiti TS EN 933-1'e uygun olarak belirlenmeli ve 0,063 mm göz açıklıklı elekten geçen malzemelerin kütlece yüzdesi, toplam kütlenin %0,5'ini geçmeyecek şekilde üretilmelidir.

Yassılık Endeksi: Balast olarak üretilen agreganın yassılık endeksi TS EN 933-3'e uygun olarak belirlenmeli ve yassılık endeksi (FI) değeri, HT ve YHT hatlarında %20'ye eşit veya daha az, konvansiyonel hatlarda ise %25'e eşit veya daha az olması istenilmektedir.

Tane Uzunluğu: Balast olarak üretilen agreganın tane uzunluğu değeri TS 7043 EN 13450'ye uygun olarak belirlenmeli ve 100 milimetreye eşit veya daha büyük tanelerin toplam kütleyle olan oranı %4'den fazla olmaması istenilmektedir [16].

Balast olarak kullanılacak kayacın üretim ve teslim aşamalarında geometrik özellikleri teknik şartnamede belirtilen aralıklarla deneye tabi tutularak istenilen özellikleri sağlayıp sağlamadığının kontrol edilmesi ile literatürde yer alan kullanım ömrü boyunca meydana gelebilecek deformasyonların en aza indirileceği düşünülmektedir.

3.4. Balastın fiziksel özellikleri

TCDD yeni Balast Teknik Şartnamesine göre balastın fiziksel özelliklerinin tespiti için parçalanma direnci tayini (Los Angeles), su emme oranı, tane yoğunluğu, termal ve bozunma özelliği için MgSO₄ deneyi (dona dayanıklılık), aşınmaya karşı direncin tayini (Mikro – Deval) deneylerinin yapılması gerekmektedir. TCDD ana hatlarında balast olarak kullanılacak kayalardan, TCDD yeni Balast Teknik Şartnamesine göre istenilen fiziksel özellikler Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. TCDD ana hatlarında balast olarak kullanılacak kayalardan, yeni balast teknik şartnamesine göre istenilen fiziksel özellikler [16]

Deney	Deney Standardı	HT/YHT Hatlar	Konvansiyonel Hatlar
Parçalanma Direnci Tayini (Los Angeles)	TS EN 1097-2 Ek-A	≤ %14	≤ %20
Su Emme Oranı	TS EN 1097-6 Ek-B	≤ %1,5	≤ %2
Tane Yoğunluğu	TS EN 1097-6 Ek-B	≥ 2,60 Mg/m ³	≥ 2,50 Mg/m ³
Termal ve Bozunma Özelliği İçin MgSO ₄ Deneyi (Dona Dayanıklılık)	TS EN 1367-2 ile TS 7043 EN 13450	≤ %3	≤ %5
Aşınmaya Karşı Direncin Tayini (Mikro – Deval)	TS EN 1097-1 ve TS 7043 EN 13450	≤ %12	≤ %14

Eski balast teknik şartnamesine göre örneğin konvansiyonel hatlar için sadece parçalanma direnci tayini (Los Angeles), su emme oranı, termal ve bozunma özelliği için MgSO₄ deneyi (dona dayanıklılık) istenilmekte iken, yeni teknik şartname ile bu deneylerden istenilen asgari koşullarda bir değişiklik olmamasına rağmen tane yoğunluğu ve aşınmaya karşı direncin tayini (Mikro – Deval) deneylerinin de yapılması istenilmektedir.

Bilindiği gibi magmatik kayaların metamorfik ve sedimanter kayalara göre fiziksel özellikleri genellikle daha iyidir. Ancak yeni balast teknik şartnamesine göre kayaç kökeni ve ismi ile ilgili koşul ortadan kaldırılarak ve yeni şartnamede istenilen fiziksel özellikleri sağlayan metamorfik,

sedimanter ve eski teknik şartnamede ismi yer almayan diğer magmatik kökenli kayaçların da balast olarak kullanılabilirliğinin önü açılmıştır. Bunun sonucunda fiziksel özellikleri kötü olan kayaçların balast olarak kullanılmasının önüne geçilmesi için eski teknik şartnameden farklı olarak ilave deneylerin yapılması istenilmektedir. Bu ilave deneyler Tablo 5’de verildiği gibi tane yoğunluğu, aşınmaya karşı direncin tayini (Mikro – Deval) deneyleridir. Ayrıca bununla da kalınmamış yeni şartnameye göre ocak numunelerinde yapılacak kontrollerde kayacın mikroskobik inceleme ve makro özelliklerine göre TCDD Yapı Malzemeleri Laboratuvarı Şube Müdürlüğü tarafından Tablo 6’de verilen deneylerden de ek deney talep edilebilecektir. Dolayısıyla bu sayede fiziksel özellikleri kötü olan kayaçların balast olarak kullanılmasının önüne geçilecektir.

Tablo 6. Kayacın özelliklerine göre talep edilebilecek ek deneyler ve istenilen sınır değerleri [16]

Deney	Deney Standardı	HT/YHT Hatlar	Konvansiyonel Hatlar
Agrega Parçalanma Değeri (ACV)	BS 812:110	≤ %12	≤ %18
Agrega Darbe Değeri (AIV)	BS 812:112	≤ %12	≤ %18
Gerçek Yoğunluk ve Toplam Gözeneklilik Tayini	TS EN 1936	≤ %5	≤ %5
Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini	TS EN 1926	≥ 100 MPa	≥ 50 MPa
Nokta Yükleme Dayanımı Tayini (IS ₅₀)	TS 699	≥ 5 MPa	≥ 2,5 MPa
Kızdırma Kaybının Tayini (LOI Kaybı)	TS EN 1744-1	≤ %2	≤ %2,5
Anizotropi Değerinin Tayini (Rc)	TS EN 1926 ve/veya TS 699	≤ %1,5	≤ %2,5
Sonnenbrand Kaybı	Kütle	TS EN 1367-3 ve	≤ %1
	Mukavemet	TS EN 1097-2	≤ %5

Balast olarak kullanılacak kayacın üretim ve teslim aşamalarında fiziksel özellikleri teknik şartnamede belirtilen aralıklarla deneye tabi tutularak istenilen özellikleri sağlayıp sağlamadığının kontrol edilmesi ile literatürde yer alan kullanım ömrü boyunca meydana gelebilecek deformasyonların en aza indirileceği düşünülmektedir.

4. Sonuç

Balast yağmur, kar, sıcak, soğuk vb. iklim koşulları maruz kalarak donma çözünme olayları etkisi altında kalmakta olup bu yönden balast olarak kullanılacak kayacın su emme oranı teknik şartnamede istenilen şartları sağlamalıdır. Kayaçların atmosferik koşullara dayanıklılığı su emme oranları, parçalanma ve aşınmaya karşı dirençlerinin yanı sıra aynı zamanda içermiş oldukları mineralojik toplulukları ve kimyasal bileşenleri ile belirlenebilmektedir. Bununla birlikte kayaçların içerisindeki ikincil (sonradan kaya içerisinde oluşan) minerallerin bolluk oranı ve bileşenleri de bu dayanıma oldukça etki etmektedir. Örneğin bozulma yoluyla oluşan ikincil minerallerden silisleşme, demiroksitleşme, kloritleşme ve karbonatlaşma kayacın dayanımını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Dolayısıyla balast olarak kullanılacak kayaçların, ikincil mineralleşmeye yol açacak Na ve K içerikli albit, alkali feldispat ve biyotit gibi minerallerden yoksun olmaları balastın atmosferik koşullara karşı daha dayanıklı olmasını sağlayacaktır.

Geçmiş yıllarda balast olarak kireçtaşı türevli kayaçlar kullanılmıştır. Kireçtaşı türevli kayaçlarının yerini daha sonraki yıllar da bazalt, granit, granodiyorit, gabro ve diyabaz gibi magmatik kökenli kayaçlar almış ve bu magmatik kökenli kayaçlar hala balast olarak

demiryollarında kullanılmaktadır. Balast olarak kullanılan magmatik kökenli kayalardan en ideali bazalt ve granittir.

Örneğin balast olarak kullanılan bazaltın, kalkere göre daha yüksek dayanıma sahip olması nedeniyle maliyetinin yüksek olması bilinmekle birlikte ülkemizdeki rezerv açısından da kalkere göre daha az olması maliyetini etkilemektedir. Balast teknik şartnamesinde yapılan değişik ile balast olarak kullanılacak kayacın kökeni ve ismi ile ilgili koşul ortadan kaldırılmıştır. Dolayısıyla metamorfik, sedimanter ve eski teknik şartnamede ismi yer almayan diğer magmatik kökenli kayaların da balast olarak kullanılabilirliğinin önü açılmıştır. Balastın petrografik özelliği açısından yapılan bu değişikliğin balast maliyetine olumlu yönde etkisi olacaktır.

Metamorfik ve sedimanter kayalara göre magmatik kayaların fiziksel özelliklerinin daha iyi olması nedeniyle balast olarak magmatik kayaların kullanılması tercih edilmiştir. Eski balast teknik şartnamesine göre balast olarak kullanılacak kayalar magmatik kökenli; bazalt, granit, granodiyorit, gabro ve diyabaz olarak sınırlandırılmıştır. 2020 yılının ikinci yarısında güncellenen balast teknik şartnamesine göre balast olarak kullanılacak kayacın kökeni ve ismi ile ilgili koşul kaldırılmıştır. Yeni şartnamede istenilen fiziksel özellikleri sağlayan metamorfik, sedimanter ve eski teknik şartnamede ismi yer almayan diğer magmatik kökenli kayaların da balast olarak kullanılabilirliğinin önü açılmıştır. Bunun yanı sıra fiziksel özellikleri kötü olan kayaların balast olarak kullanılmasının önüne geçilmesi için yeni teknik şartnamede, eski teknik şartnameden farklı olarak, tane yoğunluğu ve aşınmaya karşı direncin tayini (Mikro – Deval) gibi ilave deneylerin yapılması istenilmektedir. Ayrıca ocak numunelerinde yapılacak kontrollerde kayacın mikroskobik inceleme ve makro özelliklerine göre TCDD Yapı Malzemeleri Laboratuvarı Şube Müdürlüğü tarafından; agrega parçalanma değeri (ACV), agrega darbe değeri (AIV), gerçek yoğunluk ve toplam gözeneklilik tayini, tek eksenli basınç dayanımı tayini, nokta yükleme dayanımı tayini (IS₅₀), kızdırma kaybının tayini (LOI kaybı), anizotropi değerinin tayini (Rc), sonnenbrand kaybı (kütle ve mukavemet) gibi ek deneyler de talep edilecektir.

Yapılacak yeni çalışmalarda, farklı kayaç türlerinden elde edilecek balastların aynı proje kriterlerine sahip demiryolu hat kesiminde tek orjinli kayaç olacak şekilde belirli aralıklarla kullanılarak, farklı kayaç türlerinden üretilen balastın, bakım maliyeti, ömrü ve benzeri kriterleri tespit edilerek fayda zarar analizlerinin yapılmasının faydalı olacaktır. Ayrıca güncellenen teknik şartnameye göre balast olarak kullanılabilir olacak kayaçların belirlenmesi için yeni çalışmaların yapılması faydalı olacaktır.

Kaynakça

- [1] A. P. Akgüngör, A. Demirel “Türkiye’deki ulaştırma sistemlerinin analizi ve ulaştırma politikaları,” *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 10, Sayı 3, Sayfa 423-430, 2004.
- [2] N. Yayla, “Karayolu mühendisliği,” Birsen Yayınevi, İstanbul, 2004.
- [3] M. Kozak, “Beton travers üretiminde agrega türü (bazalt – kalker) ve çelik lifin kullanılabilirliğinin araştırılması,” Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, 2010.
- [4] M. Kozak, “Beton traversin gelişimi ve üretim aşamasının araştırılması,” *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(2), 73-81, 2010.
- [5] T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, “Yol mühendisleri kursu yol altyapısı ders notları,” TCDD Eğitim ve Öğretim Dairesi Başkanlığı Yayınları, Ankara, 2016.
- [6] T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, “2015-2019 istatistik yıllığı,” <http://www.tcdd.gov.tr/files/istatistik/20152019yillik.pdf>, 18.08.2020.
- [7] M. Kozak, “Demiryolunda rayların birleşim noktaları ve özelliklerinin araştırılması,” *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(2), 40-49, 2011.
- [8] T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, “Yol mühendisleri kursu yol üstyapı ders notları,” TCDD Eğitim ve Öğretim Dairesi Başkanlığı Yayınları, Ankara, 2016.

- [9] H. Güler, S. Jovanovic, “Demiryollarında hız yükseltilmesi amacıyla yapılması gerekli ön çalışmalar,” 6. Ulaştırma Kongresi, 275-286, İstanbul, Türkiye, 23-25 Mayıs 2005.
- [10] Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, “Kayaçlar,” <https://www.mta.gov.tr/v3.0/muze/kayaclar>, 19.08.2020
- [11] K. Görgülü, “Bazı mermer ocaklarında (Isparta-Burdur-Sivas) işletme sistemlerinin incelenmesinin ve öncelikli kaya madde/kütle özellikleri ile ilişkilendirilmesi araştırmaları,” Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 1994.
- [12] M. Kozak, “İscehisar (Afyonkarahisar) mermerlerinin jeolojik ve jeomekanik özelliklerinin araştırılması”, Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Afyonkarahisar, 2016.
- [13] M. Tutuş, “Çukurova yöresinde bulunan bazı mermerlere ait fiziko-mekanik özelliklerin istatistiksel analizi,” Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2007.
- [14] Y. Kibici, “Doğaltaş atlası,” Kubilay Ofset Repro, İzmir, 2006.
- [15] T. Koralay, İ. Çobanoğlu, M. Demir, “Ofiyolitler içerisindeki gabro dayklarının balast malzemesi olarak kullanılabilirliği: inceler (Bozkurt-Denizli) örneği,” *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(2), 32-48, 2014.
- [16] 2020/565831 İhale Kayıt Numaralı “Ankara-Kayseri hattı km 190+760 da köprü yapılması ve km 190+000 ile km 191+000 arası güzergahın deplase yapılması”, <https://ekap.kik.gov.tr/EKAP/Ortak/IhaleArama/index.html>, 16.11.2020
- [17] İ. B. Yüzbaşı, “Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının demiryolu balast malzemesi olarak kullanılabilirliğinin incelenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, T. C. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 2019.
- [18] F. M. Kumru, “Demiryolunda balastsız (slab track) ve balastlı üstyapı uygulamalarının maliyet analizi,” Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 2019.
- [19] B. Ağbaba, “Balastlı demiryolu ve balastsız demiryolunun ansys programı yardımıyla analizinin yapılması ve karşılaştırılması,” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2019.
- [20] M. Ç. Bayrak, “Altyapı özelliklerinin demiryolu üstyapısının performansına etkisi,” Doktora Tezi, T. C. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2018.
- [21] 2020/384731 İhale Kayıt Numaralı “Çorlu istasyonuna 5.000 m³ balast alım işi balast teknik şartnamesi,” <http://www.tcdd.gov.tr/ihale-detay/4397>, 12.08.2020.
- [22] Kamu İhale Kurumu, Elektronik Kamu Alımları Platformu (EKAP), “İhale işlemleri – ihale arama,” <https://ekap.kik.gov.tr/EKAP/Ortak/IhaleArama/index.html>, 21.08.2020

Özgeçmiş



Mehmet KOZAK

1985 yılında Uşak'ta doğmuştur. Sırasıyla Afyon Kocatepe Üniversitesi Yapı Öğretmenliği, Anadolu Üniversitesi Kamu Yönetimi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği ve İnşaat Mühendisliği bölümlerinde lisans eğitimi tamamlamıştır. Afyon Kocatepe Üniversitesi Yapı Eğitimi ABD'de yüksek lisans eğitimini tamamlamış ve Jeoloji Mühendisliği ABD'de yüksek lisans eğitimine devam etmektedir. 2007 yılında göreve başladığı TCDD 7. Bölge Müdürlüğünde sırasıyla Yol ve Geçit Kontrol Memuru, Hat Bakım Onarım Memuru, Yol Sürveyanı, İnşaat Teknikeri olarak görev almış ve 2018 yılından beri TCDD 7. Bölge Demiryolu Bakım Servis Müdürlüğünde Jeoloji Mühendisi olarak çalışmaktadır.

E-Posta: mkozak15@hotmail.com

Beyanlar:

Bu makalede bilimsel araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.