

Tarsus-Pozantı Otoyolu Kaçış Rampalarında Kullanılan Agregaların Geoteknik Özellikleri

Hatice Merve ÇETİN^{*1}, Mehmet ÇAKIROĞLU²

¹Toros Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mersin

²Toros Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mersin

Geliş tarihi: 18.05.2018

Kabul tarihi: 29.06.2018

Öz

Kaçış rampaları; otoyollarda seyahat eden araçlarda mekanik sebeplerden dolayı oluşan arızalarda, aracın kendisinin daha fazla zarar görmemesi ve çevresine zarar vermemesi için yoldan uzaklaşmasını ve güvenli bir şekilde durmasını sağlayan yapılardır. Ülkemizde ilk defa 2012 yılında Tarsus-Pozantı karayolunda iki gidiş ve iki dönüş olmak üzere toplam dört adet kaçış rampası yapılmıştır. Bu kaçış rampaları açılışının ilk 2,5 ayında 5 kazayı önlemiştir. Bu çalışmada, Tarsus-Pozantı otoyolundaki kaçış rampalarında kullanılan agregaların geoteknik özellikleri araştırılmıştır. Bu kapsamda sınıflama, yuvarlaklık, birim hacim ağırlık, elek analizi, suda yıpranma, su emme, Los Angeles aşınma kaybı, donma-çözünme, alkali-silika reaktivitesi, organik madde ve kimyasal içerik/XRF analizleri yapılmıştır. Buna göre, yuvarlak-yarı yuvarlak şekilli danelerden oluşan ve organik madde içermeyen malzemenin sınıfı GP (kötü derecelenmiş çakıl), kütle birim hacim ağırlığı 2,36 g/cm³, suda yıpranma dayanıklılığı %99,46, ağırlıkça su emme oranı %1,55, Los Angeles aşınma kaybı %20,40, donma-çözünme kütle kaybı %7,4, alkali-silika reaktivitesi zararsız olarak çıkmıştır. Bu sonuçlara göre üzerinde çalışma yapılan kaçış rampalarında kullanılan agregalar şartname değerleri açısından uygundur.

Anahtar Kelimeler: Tarsus-Pozantı otoyolu, Kaçış rampası, Agregası, Los Angeles aşınma, Alkali-silika reaktivitesi

Geotechnical Properties of the Aggregates used for the Tarsus-Pozantı Highway Escape Ramps

ABSTRACT

Escape ramps are structures that help to safely stop vehicles having mechanical problems before it causes damages to both itself and the other vehicles travelling on highways. The first escape ramps in Turkey were built on the Tarsus-Pozantı highway in 2012; two on one side, two on the other totalling four and they prevented 5 accidents in the first 2,5 months. In this study, the geotechnical properties of the aggregates used in the Tarsus-Pozantı highway escape ramps was investigated. In this context,

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Hatice Merve ÇETİN, merve.cetin@toros.edu.tr

classification, roundness, unit weight, sieve, slake durability, water absorption, Los Angeles abrasion, freeze-thaw, alcali-silica reactivity, organic content and chemical content/XRF analysis were performed. The results show that the aggregates are made up of rounded-subrounded grains with no organic content and classifies as GP (Poorly Graded Gravel), and the bulk unit weight is 2.36g/cm^3 , slake durability index is %99.46, water absorption is %1.55, Los Angeles abrasion lost %20.40, freeze-thaw lost is %7.4, alcali-silica reactivity is harmless. According to these results, the aggregates used in the studied escape ramps are suitable for the aggregate spesification.

Key Words: Tarsus-Pozantı highway, Escape ramp, Aggregates, Los Angeles abrasion, Alcali-silica reactivity

1.GİRİŞ

Şehirleşme ile birlikte teknoloji ve biliminde ilerlemesi ile çağdaş mühendislik yapılarının inşaaı ve teşviki gün geçtikçe artmaktadır. Bu tür yapılar her alanda olduğu gibi mühendislikte de yeni çığırılar açmakta ve uygulanmaktadır. Mühendisliğin her alanında bu yenilikler uygulanmakta ve günlük yaşamı daha güvenli ve pratik duruma getirmektedir. Yapılan her bir yapı bir gereksinimden dolayı oluşturulmuştur. Örneğin insanların bir yerden başka bir yere gidebilmesi, ulaşım ve ulaştırma ihtiyacını ortaya koymuştur. Ulaşım ve ulaştırma kolaylığı bir ülkenin gelişmişliğini gösteren önemli unsurlardan birisidir. Bunun için Dünyada ve ülkemizde ulaşım ve ulaştırma konusu en önemli konulardan birisidir. Ulaşım kolaylığının yanı sıra güvenli ulaşım ağlarının yapılması da büyük önem taşır.

Yeni yapılan yolların sayısı arttıkça buna bağlı olarak kazalar ve kaza riskleri de artmıştır. Bu kazaların hiç olmaması ya da en aza indirgenmesi için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Bu yöntemler arasında; yeterli işaretleme, araçların bir sorun anında durabilmesi için yol kenarlarında yeterli alan bırakılması gibi örnekler verilebilir. Ancak araçlarda oluşan en önemli ve kontrol edilemeyen mekanik sorunlardan biri de aracın ani bir şekilde ve uygunsuz yerlerde frenlerin tutmaması durumudur. Frenlerin boşalması kazalara sebebiyet veren ve sık karşılaşılan durumdur. Böyle durumlarda sürücü panikler ve direksiyon hakimiyetini kaybeder. Böyle arızalarda bozulan aracın diğer araçlara ve çevreye zarar vermeden anayoldan uzaklaştırılması gerekir. Bu sebepten dolayı çeşitli durdurma sistemleri ve çıkış

yolları yapılmıştır. Bunlardan biri de Acil Kaçış Rampalarıdır. Acil Kaçış Rampası, temel olarak yerçekiminden yararlanılarak ve freni patlayan aracın agregaya havuzu denilen eğimli ve belirli bir uzunluktaki havuza saplanıp durdurulması prensibine göre çalışmaktadır. Birçok ülkede topoğrafik yapıya göre çeşitli kaçış rampaları yapılmış ve birçok yerde hayat kurtarmıştır. Bugün gelişmiş ülkelerde, kaçış rampaları ile ilgili birçok yeni sistem geliştirilmiştir. Örneğin, yoğun kış şartlarında buzlanmayı önleyerek aracın güvenliğini sağlamak amacıyla yüzey altı ısıtma sistemleri yapılmıştır [1]. Ayrıca, topoğrafik açıdan kaçış rampasının uygun olmadığı eğimsiz bölgelerde ise dragnet ağ yakalayıcı sistemler yapılmıştır. Çelik şerit ve makara sistemlerinden oluşan dragnet ağ yakalayıcı sistem, ilk önce ABD askeri birliklerine jet uçaklarını durdurmak için tasarlanmış, daha sonra karayolu araçların güvenliği için kullanılmaya başlanmıştır [2]. Topoğrafik sebeplerden dolayı rampanın uzunluğunun yetersiz kaldığı durumlarda, agregaya yatağının sonuna, aracın hızını rampa sonunda sönmölemek amacıyla, belirli aralık ve yüksekliklerde agregalardan oluşan tümsekler yapılır ve böylece agregaya havuzunun uzunluğu daha da azaltılmış olur [3].

Kaçış rampaları Dünyada ilk kez Amerika Birleşik Devletleri'nin California eyaletinde 1956 yılında inşaa edilmiştir [4]. Ülkemizde ise ilk defa 2012 yılında Tarsus-Pozantı karayolunda iki gidiş ve iki dönüş olmak üzere toplam dört adet kaçış rampası inşaa edilmiştir (Şekil 1). Bu kaçış rampaları hizmete girdikten sonraki ilk 2,5 ayda 5 kazayı önlemiştir [5].

Literatürde kaçış rampalarında kullanılan agregalar için genel bir standart bulunmamaktadır. Bunun sebebi kaçış rampalarının yapıldığı bölgenin iklim şartlarına göre, kullanılan agreganın özelliklerinin (boyut, litoloji/kaya türü vs.) değişiklik göstermesidir. Örneğin; buzlanmanın ve don olaylarının sıkça yaşandığı bölgelerde iri daneli ve dona karşı dayanıklı kaya türlerinden oluşan agregalar tercih edilirken, buzlanma olmayan bölgelerde ise daha farklı kayaç türlerinden oluşabilen ince daneli agregalar kullanılabilir [6].

Bu çalışmada, Tarsus-Pozantı otoyolundaki kaçış rampalarında kullanılan agregaların geoteknik özelliklerinin araştırılması ve agrega malzemesi olarak uygunluğunun değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda sınıflama, yuvarlaklık, birim hacim ağırlık, elek analizi, suda yıpranma, su emme, Los Angeles aşınma kaybı, donma-çözünme, alkali-silis reaktivitesi, organik madde ve kimyasal içerik/XRF analizleri yapılmıştır.

Literatürde kaçış rampalarında kullanılan agregalar üzerinde kimyasal içerik/XRF analiz çalışmasına rastlanmamış olup ilk defa tarafımızdan bu çalışmada yapılmıştır. Bu analiz sonucunda çalışma konusunu oluşturan kaçış rampalarında kullanılan agregaların yapısında bulunan elementlerin/minerallerin yüzde miktarları belirlenmiş ve MOHS sertlik skalası kriterlerine göre dayanım özellikleri hakkında değerlendirme yapılmıştır.



Şekil 1. Tarsus-Pozantı otoyolundaki 1 nolu kaçış rampasının genel görünümü

2. DENEYSEL METOD

2.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak sahada Tarsus-Pozantı otoyolundaki kaçış rampalarından alınan agrega örnekleri kullanılmıştır. Örnekler, litolojik olarak, daha çok volkanik ve sedimanter, az miktarda ise metamorfik kökenli çakıllardan oluşmaktadır. Konum belirlemek için GPS ve fotoğraf makinası kullanılmıştır. Laboratuvarında ise çalışma kapsamında ilgili standartlara uygun olarak yapılan sınıflama, yuvarlaklık, birim hacim ağırlık, elek analizi, suda yıpranma, su emme, Los Angeles aşınma kaybı, donma-çözünme, alkali-silis reaktivitesi, organik madde ve kimyasal içerik/XRF analizleri için gerekli alet, ekipman ve sarf malzemeleri kullanılmıştır.

2.2. Metod

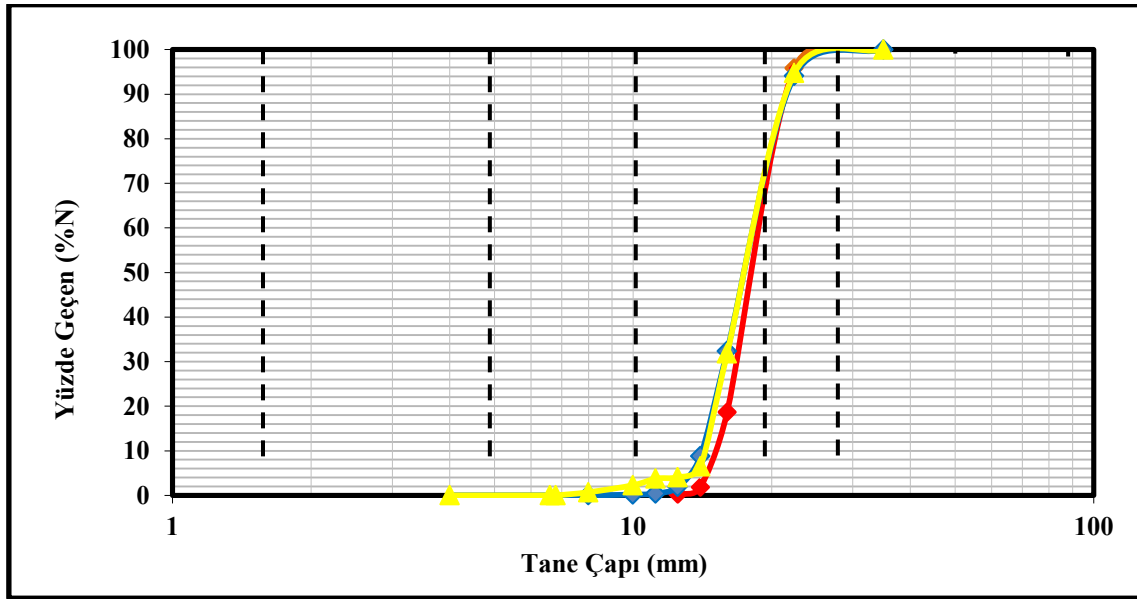
Çalışma kapsamında yapılan sınıflama, yuvarlaklık, birim hacim ağırlık, elek analizi, suda yıpranma, su emme, Los Angeles aşınma kaybı, donma-çözünme, alkali-silis reaktivitesi, organik madde ve kimyasal içerik/XRF analizleri için TS (Türk Standartları), [8,13] ASTM (American Society of Testing Materials) [14] ve MTO (Ministry of Transportation, Ontario) standartlarından yararlanılmıştır. Deneyler Toros Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölüm Laboratuvarı, Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölüm Laboratuvarı ve Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölüm Laboratuvarı ile Mersin Karayolları 5. Bölge Müdürlüğü AR-GE Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada öncelikle Tarsus-Pozantı kaçış rampasından alınan örnekler üzerinde dane boyu dağılımını belirlemek ve sınıflama yapabilmek için elek analizi deneyi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarına göre agrega GP (kötü derecelenmiş çakıl) sınıfında çıkmış olup (Şekil 2), dane şekilleri yuvarlak-yarı yuvarlak arasındadır (Şekil 3). Elek analizi sonucunda numunenin farklı standartlara göre tanımlaması Çizelge 1'de verilmiştir. Dane boyu dağılımının büyük bir kısmı

16-35 mm aralığında ve üniform olduğu yani maksimum dane büyüklüğünün 35 mm olduğu tespit edilmiştir. Yapılan literatür araştırmasında Rogers [6] agregalar üzerindeki çalışmasında kaçış rampaları için maksimum dane çapının 38 mm uygun olduğu belirtmiştir. Ayrıca Beecroft [7] kaçış rampalarının araçları daha kısa sürede

yavaşlatması için kullandığı tümseklerde 38 mm civarındaki büyüklükte agregalar kullanmıştır. Çalışmada yapılan elek analizi deney sonuçlarına göre, çalışma konusunu oluşturan Tarsus-Pozantı otoyolundaki kaçış rampalarında kullanılan agreganın dane boyu dağılımının uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Tarsus-Pozantı kaçış rampalarından alınan örneklerin dane boyu dağılım eğrisi



Şekil 3. Tarsus-Pozantı kaçış rampalarından alınan örneklerin yakın plandan görünümü

Çizelge 1. Elek analizi sonucunda numunelerin farklı standartlara göre tanımlaması

TANIMLAMA	USCS	BS&MIT	ASTM
Çakıl			%100
İnce Çakıl	%79	%0	
Orta Çakıl		%80	
İri Çakıl	%21	%20	

Kaçış rampalarının yüzeyinde kış aylarında buzlanma olması çok tehlikelidir. Aracın agrega havuzuna saplanması zorlaşır ve çıkış eğimli rampalarda araç geriye doğru sürüklenir, sabit kalmaz. Bu sebepten dolayı drenaj kabiliyeti ve donma-çözünme dayanımı yüksek iri agregaların kullanılması istenir.

Magnezyum sülfat deneyi malzemenin donma-çözünme sonucu malzeme miktarındaki kütle kaybını ölçmek için yapılır. Agregada içerisindeki boşluklar, su ve magnezyum sülfat etkisiyle kristalize olur ve malzeme zarar görür. Tarsus-Pozantı kaçış rampasından alınan örnekler üzerinde TS EN 1367 [8]'ye uygun olarak yapılan magnezyum sülfat deneyinde kayıp miktarı %7,4 olarak tespit edilmiştir. Bu değer TS 706 EN 12620'ye [9] göre %18'den küçük olduğu için kullanılan malzemenin uygun olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Örneklerin TS EN 1367'ye [8] göre donma ve çözünme sonrası kütle kaybı

Özellik	10-14 mm Boyutlu Agregada
Magnezyum Sülfat ile Gerçekleştirilen Donma ve Çözülme Sonrası Kütle Kaybı (%)	7,40

Agreganın suya doymuş ağırlığı ile kuru ağırlığı arasındaki farkın kuru ağırlığına oranının yüzde olarak değeri malzemenin ağırlıkça su emmesi olarak tanımlanır. Agregayı oluşturan danelerin iç yapısında bulunan boşlukların miktarı ve bu boşlukların dış yüzeye bağlantısı agreganın su emme miktarını ve birim hacim ağırlığını etkiler. Agregada boşlukların fazla olması agreganın su emme özelliğini arttırırken donma ve çevre etkilerine karşı dayanıklılığını azaltır. Tarsus-

Pozantı kaçış rampasından alınan örnekler üzerinde TS EN 1097-6'ya [10] göre yapılan su emme deneyleri sonucunda örneklerin ağırlıkça su emmesi ortalama %1,55 olarak bulunmuştur (Çizelge 3). Rogers [6] kaçış rampalarında kullanılan agregaların ağırlıkça su emmesinin maksimum %2,0 olması gerektiğini belirtmiştir. Dolayısı ile ağırlıkça su emme açısından Tarsus-Pozantı kaçış rampalarında kullanılan agregalar uygun gözükmektedir.

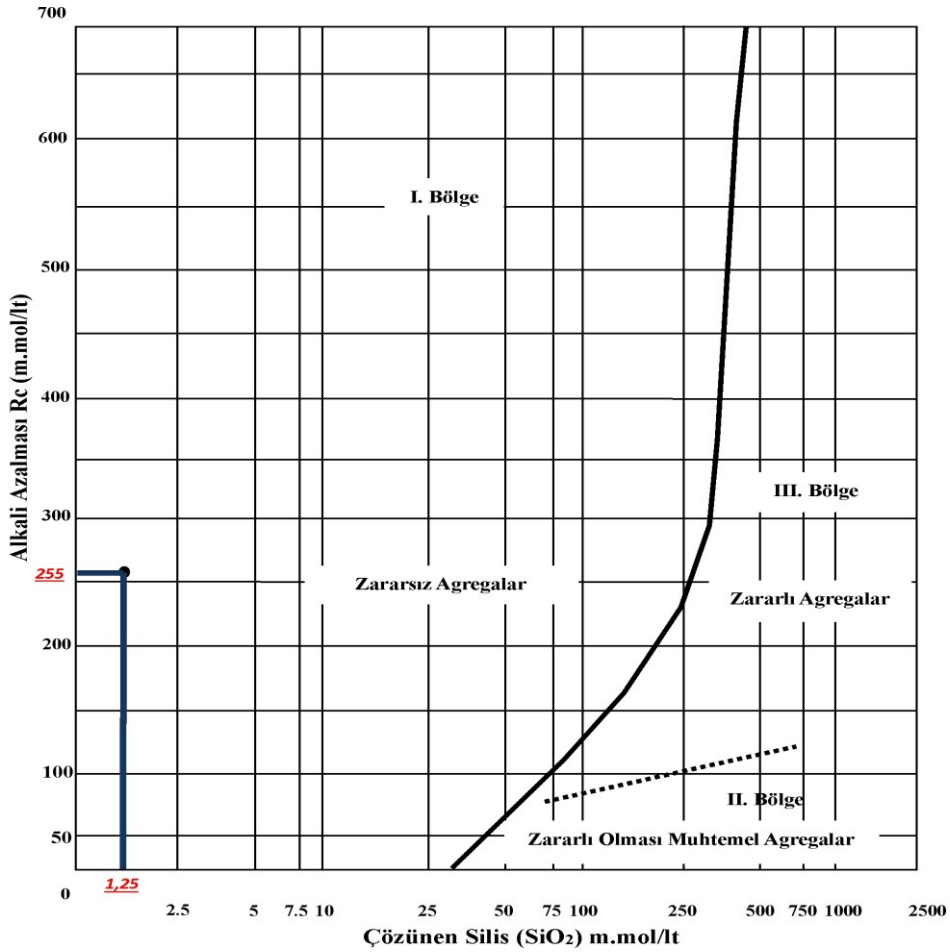
Çizelge 3. Örneklerin TS EN 1097-6'ya [10] göre belirlenen ağırlıkça su emme oranı değerleri

Örnek No	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)
1	1,58
2	1,56
3	1,50
4	1,56
5	1,55
Ortalama	1,55

Reaktif silika veya reaktif karbonat içeren bazı agregalar zamanla alkalilerle reaksiyona girebilmekte ve çok büyük genleşmelere sebep olmaktadır. Reaktif silika içeren agregalarla alkaliler arasındaki reaksiyona alkali-silika reaksiyonu denilmektedir. Bu reaksiyon sonucunda agrega danelerinin yüzeyinde alkali silika jeli denilen bir yüzey oluşmaktadır. Bu jel çok fazla miktarda su içerir ve agreganın, dayanımının düşmesine ve çatlamasına neden olur. Kaçış rampalarında kullanılan agregalarda bu durum istenmez. Tarsus-Pozantı kaçış rampasından alınan örnekler üzerinde TS 2517'ye [11] göre yapılan alkali-silika reaksiyonu deneyi sonucunda alkali-silika reaksiyonunun düşük olduğu ve 1. Bölgede zararsız agregalar sınıfında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4, Şekil 4).

Çizelge 4. Örneklerin TS 2517'ye [11] göre alkali azalması ve çözünen silis değeri

Özellik	Alkali Azalması	Çözünen Silis
+ 125 µm-250 µm Boyutlu Agregada	255 mmol/l	1,25 mmol/l



Şekil 4. Sonuçların TS 2517'ye [11] göre alkali azalması ve çözünmüş silis değer grafiği üzerindeki lokasyonu

Organik maddeler çürümüş bitkiler ve humuslu topraklar gibi agrega yığını içerisine karışmış maddelerdir. Bu maddelerin varlığı malzemelerin dayanımını düşürür ve malzemenin daha kolay parçalanmasını sağlar. Kaçış rampalarındaki agregalar her türlü etkiye maruz kaldığı için dayanımının yüksek olması istenir. Çalışmada, kaçış rampalarından alınan agrega örnekleri üzerinde TS EN 1744-1'e [12] göre yapılan organik madde tayini deneyinde bir cam şişeye, 80 mm yüksekliğe kadar %3'lük NaOH çözeltisi konulmuştur. Takiben çözelti ve agrega yüksekliği 120 mm oluncaya kadar deney numunesi parçası eklenmiştir. Hava kabarcıklarının çıkması için şişe 1 dakika çalkalanmış, şişenin tapası kapatılmış ve

beklemeye bırakılmıştır. 24 saat sonra, benzer şişede bulunan standart renk çözeltisi ile çözeltinin rengi mukayese edilmiş ve herhangi bir değişikliğin olmadığı görülmüştür. Sonuç olarak, örneklerde organik madde içeriğinin olmadığı tespit edilmiş ve organik madde içeriği açısından uygun olduğu anlaşılmıştır.

Tarsus-Pozantı kaçış rampasından alınan örnekler üzerinde XRF analizi (kimyasal içerik tayini) yapılmıştır. Literatürde kaçış rampalarında kullanılan agregalar üzerinde kimyasal içerik/XRF analiz çalışmasına rastlanmamış olup ilk defa bu çalışmada yapılmıştır.

suda yıpranma indeksi, I_{d2} %99,46 çıkmıştır. Bu değer agreganın su ile olan etkileşiminde dayanımının yüksek olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlara göre Tarsus-Pozantı kaçış rampasından

alınan agrega örneklerinin sulu ortamdaki dayanıklılığının Franklin ve Chandra [15] sınıflamasına göre 'Çok Yüksek' sınıfında olduğunu anlaşılmaktadır (Çizelge 7).

Çizelge 7. Suda yıpranma deney sonuçları

Tambur No	Tambur + Numune Ağırlığı (g)	Tambur + Kalan Numune Ağırlığı (1. Çevrim) (g)	Tambur + Kalan Numune Ağırlığı (2. Çevrim) (g)	Tambur Ağırlığı (g)	I_{d1} (%)	I_{d2} (%)	Sınıflama (Franklin ve Chandra, 1972)
1	2123,05	2121,54	2120,77	1812,16	99,51	99,27	Çok Yüksek
2	2013,72	2012,56	2011,95	1780,17	99,50	99,24	Çok Yüksek
3	2070,73	2070,03	2069,90	1812,16	99,73	99,68	Çok Yüksek
4	2039,56	2038,76	2038,64	1780,17	99,69	99,65	Çok Yüksek
Ortalama					99,61	99,46	Çok Yüksek

4. SONUÇLAR

Tarsus-Pozantı otoyolundaki kaçış rampasından alınan agrega örnekleri üzerinde yapılan çalışma sonuçlarına göre, yuvarlak-yarı yuvarlak şekilli, üniform danelerden oluşan ve organik madde içermeyen malzemenin sınıfı GP (kötü derecelenmiş çakıl), kütle birim hacim ağırlığı $2,36 \text{ g/cm}^3$, suda yıpranma dayanıklılığı %99,46, ağırlıkça su emme oranı %1,55, Los Angeles aşınma kaybı %20,40, donma-çözünme kütle kaybı %7,4, alkali-silis reaktivitesi zararsız olarak çıkmıştır. Aşağıda bu çalışmada elde edilen

sonuçlar ile literatürde önerilen değerler karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Buna göre, Tarsus-Pozantı oto yolundaki kaçış rampalarında kullanılan agregalar, agrega malzemesi olarak dayanıklı ve uygun gözükmetedir (Çizelge 8).

Kimyasal içerik/XRF analiz sonuçlarına göre, örnekler litolojik olarak, daha çok volkanik (bazalt, andezit, spilit, gabro, diyabaz) ve sedimanter (kireçtaşı, dolomit, çört), az miktarda ise metamorfik (radylorit, kalkşist) kökenli kayalarından oluşmaktadır.

Çizelge 8. Özet sonuç tablosu

Özellik	Kaynak	Önerilen	Bu Çalışma
Dane Boyu	Rogers [6]	<38mm	<35mm
Dane Şekli	Rogers [6]	Yuvarlak	Yuvarlak-Yarı Yuvarlak
Donma-Çözünme Kaybı	TS EN 1367 TS EN 706-12620 [8]	<%18	%7,4
Ağırlıkça Su Emme	TS EN 1097-6 [10]	<%2	%1,55
Alkali-Silika Reaksiyonu	TS EN 2517 [11]	1.Bölge (Zararsız)	1. Bölge (Zararsız)
Organik Madde	TS EN 1744-1 [12]	%0	%0
Sertlik	MOHS	>3	3-7
Los Angeles Aşınma Kaybı	TS EN 1097-2 [13]	<%40	%20,40
Suda Yıpranma İndeksi, I_{d2}	Franklin & Chandra [15], ISRM [14]	>%95	%99,46

5. KAYNAKLAR

1. Hanley, R.C., 2007. Connecticut Department of Transportation's Truck Escape Ramp (TER), Connecticut Department of Transportation Division of Research.
2. Metcalf, D.G., 1991. A View of the Dragnet Vehicle Arresting System as Applied to Runaway Truck Escape Ramps, Barizona Department of Transportation, Phoenix.
3. Hardy, T.A., 1986. Hamilton, A., Beecroft, G., Siskiyou Summit Negative Grade Arrester Bed for Runaway Trucks, Oregon State Highway Division, Research Section, Oregon.
4. Bartell, C.D., 1986. Design Guide for Truck Escape Ramps, Business, Transportation & Housing Agency, California.
5. Karayolları Genel Müdürlüğü, Kaçış Rampası Hayat Kurtarıyor, www.kgm.gov.tr, Erişim tarihi: 05.05.2016
6. Rogers, C.A., 2006. Aggregate for Truck Arrester Beds (Cilt 27), Ontario Legislative Library, Ontario.
7. Beecroft, G., 1978. Energy Absorption of Gravel Mounds for Truck Escape Ramps, Materials and Research Section, Oregon Department of Transportation, Oregon.
8. TS EN 1367-2, Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Magnezyum Sülfat Deneyi, TSE, Ankara, 2010.
9. TS 706 EN 12620, Beton Agregaları, TSE, Ankara, 2003.
10. TS EN 1097-6, Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini, TSE, Ankara, 2002.
11. TS 2517, Agregaların Potansiyel Alkali Silis Reaktifliğinin Tayini, TSE, Ankara, 2010.
12. TS EN 1744-1: 2009+A1, Agregaların Kimyasal Özellikleri için Deneyler-Bölüm 1: Kimyasal Analiz, TSE, Ankara, 2013.
13. TS EN 1097-2, Tests for Mechanical and Physical Properties of Aggregates-Part 2: Methods for the Determination of Resistance to Fragmentation, 2000.
14. ISRM (International Society for Rock Mechanics), The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006. Suggested Methods prepared by the Commission on Testing Methods, ISRM Test, R. Ulusay and J.A. Hudson (eds.), Kozan Ofset, Ankara, 628, 2007.
15. Franklin, J.A., 1972. Chandra, R., The Slake Durability Test, Int. J. Rock. Mech. Min. Sci, 9 (3),325-341.

