



T.C.

TOROS ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**YURTDIŞINDAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ ACİL KAÇIŞ
RAMPALARININ İNCELENMESİ VE GEREKLİLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Hatice Merve ÇETİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EYLÜL 2017



T.C.

TOROS ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**YURTDIŞINDAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ ACİL KAÇIŞ
RAMPALARININ İNCELENMESİ VE GEREKLİLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Hatice Merve ÇETİN

DANIŞMAN

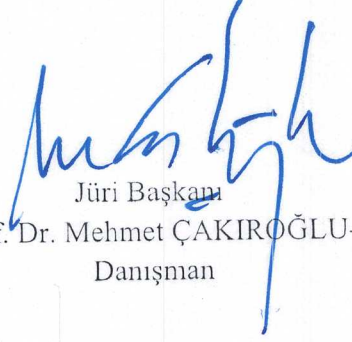
Prof. Dr. Mehmet ÇAKIROĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

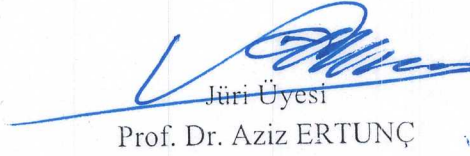
EYLÜL 2017

YÜKSEK LİSANS TEZİ KABUL ve ONAY SAYFASI

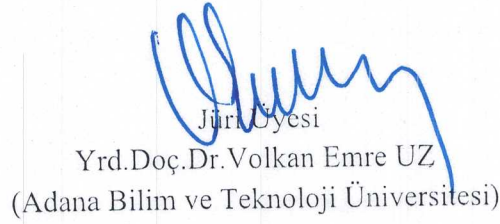
Hatice Merve ÇETİN tarafından hazırlanan "Yurtdışındaki ve Türkiye'deki Acil Kaçış Rampalarının İncelenmesi ve Gerekliliğinin Araştırılması" başlıklı bu çalışma 05/09/2017 tarihinde yapılan savunma sınavı sonunda oybirliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Jüri Başkanı
Prof. Dr. Mehmet ÇAKIROĞLU-
Danışman



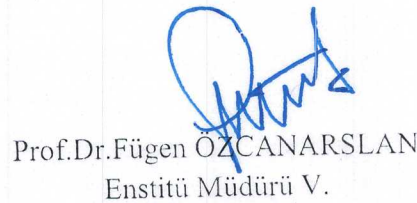
Jüri Üyesi
Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ



Jüri Üyesi
Yrd.Doç.Dr.Volkan Emre UZ
(Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi)

Savunma Sınav Jürisi Tarafından Tezin İmzalı Nüshasının Teslim Tarihi : _./...../20...

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.



Prof. Dr. Fügen ÖZCANARSLAN
Enstitü Müdürü V.

ETİK BEYAN

Toros Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada:

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dökümanları akademik etik ve kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, değerlendirme ve sonuçlarını bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

05/09/2017

Hatice Merve ÇETİN



**YURTDIŞINDAKİ VE TÜRKiYE'DEKİ ACİL KAÇIŞ
RAMPALARININ İNCELENMESİ VE GEREKLİLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Hatice Merve ÇETİN

**TOROS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

2017

ÖZET

Kaçış rampaları; karayollarda seyreden araçlarda mekanik sebeplerden dolayı oluşan arızalarda aracın daha fazla zarar görmemesi ve çevresine zarar vermemesi için yoldan uzaklaşmasını ve güvenli bir şekilde durmasını sağlayan yapılardır. Kaçış rampası temel olarak yerçekimi eğiminden maksimum derecede yararlanarak ve freni patlayan aracın agrega havuzu denilen belirli bir uzunluktaki havuza saplanıp durdurulması prensibine göre çalışmaktadır. Birçok ülkede topoğrafik yapıya göre çeşitli kaçış rampaları yapılmıştır ve birçok yerde hayat kurtarmıştır. Ülkemizde ilk defa 2012 yılında Tarsus-Pozantı karayolunda iki gidiş ve iki dönüş yönünde olmak üzere toplam dört adet kaçış rampası yapılmıştır. Bu kaçış rampaları açılıőının ilk beş ayında on bir kazayı önlemiştir.

Yüksek Lisans tez çalışması kapsamında yapılan bu araőtirmada, önce yurtdışında ve ülkemizdeki kaçış rampaları ile ilgili inceleme, değerlendirme ve karşılaőtırmalar yapılmış, kullanılan bazı durdurma sistemlerin gerekliliği tartıőılmıőtır. Kaçış rampalarının yapımında her ne kadar topoğrafik yapı önemli olsa da ülkemizde, yurtdışındaki örneklerde olduğu gibi, eğimsiz olan otoyollarda da kaçış rampasına yer verilmelidir. Durdurucu yataklar ya da yakalayıcı ağ sistemi uygulaması topoğrafik ve uzunluk açısından uygun olmayan otoyollarda rahatlıkla uygulanabilir. Ayrıca ülkemizde kar yağışının ve don olayının yüksek olduğu bölgelerde yüzey altı ısıtma sistemlerinin kullanılması yararlı olabilir. Bu tür yeni teknolojilerin ülkemizde de uygulanması, bu yapıların daha efektif kullanılmaları, ömürlerinin uzatılması ülke ekonomisi açısından önemli katkı sağlama potansiyeline sahiptir.

Çalışmada ayrıca Tarsus-Pozantı karayolundaki kaçış rampalarında kullanılan agregaların fiziksel ve kimyasal özellikleri de araőtirilmiőtır. Alınan agregalar üzerinde sınıflama, 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.

Anahtar Kelimeler: Tarsus Pozantı Otoyolu, Kaçış Rampası, Agregası, Suda Yıpranma Dayanıklılığı, Los Angeles Aşınma.

INVESTIGATION AND REQUIREMENTS OF THE EMERGENCY ESCAPE RAMPS IN TURKEY AND ABROAD

(M. Sc. Thesis)

Hatice Merve ÇETİN

TOROS UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES

2017

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 traveling on highways. General principality in escape ramps is to use gravity and root the vehicle that lost its brake system by means of an aggregate pool having an appropriate length. Various escape ramps have been constructed for various topographic conditions in many countries and they saved many lives. The first escape ramps in Turkey were built on the Tarsus-Pozantı highway in 2012; two on one side, two on the other totaling four. These escape ramps prevent eleven accidents in the first five months of their opening.

In the present study as part of a master's thesis, firstly, escape ramps in Turkey and abroad have been investigated, evaluated and compared and the necessity of some systems has been discussed. The topographic condition is an important parameter in construting escape ramps; however, they can also be built on highways with low slope angles like the ones abroad. Dragnet and ramp systems to stop the vehicles in shorth distances can easily be used in highways with unfavorable topographic and road conditions. Moreover, for highways under the extreme winter conditions thermal systems may be used. Using these new technologies in Turkey may contribute to the usage of these structures more effectively, extend their life and in turn, contribute the country's economy.

In addition, the geotechnical properties of the aggregates used in the Tarsus-Pozantı highway escape ramps were investigated. In this context, classification, roundness, unit weight, sieve analysis, slake durability, water absorption, Los Angeles abrasion, freeze-thaw, alkali-silica reactivity, organic content and chemical content/XRF analysis were performed.

Key Words: Tarsus-Pozantı Highway, Escape Ramp, Aggregates, Slake Durability, Los Angeles Abrasion.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimi boyunca yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım değerli hocam Prof. Dr. Mehmet ÇAKIROĞLU'na, desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ'a, tezimin konusunun belirlenmesinde yardımcı olan, araştırma aşamasında ve tamamlanmasında destek olan, değerli hocam Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN'a, yardımlarını ve desteğini esirgemeyen her zaman bilgisiyle ve tecrübesiyle akademik hayatımda bana yön gösteren ve örnek aldığım, her zaman yanımda olan ve bana inanan Prof.Dr. Hasan ÇETİN'e, deneylerde yardımcı olan Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliğinden Arş.Gör. Emre PINARCI, Maden Mühendisliğinden Arş. Gör. Abdulkadir ÜRÜNVEREN'e, tezin yazım aşamasında yaptığı yardımlar için Rıdvan SÖYÜ'ye ve son olarak da gösterdikleri sabır ve verdikleri her türlü destek için Aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Hatice Merve ÇETİN
EYLÜL 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE VE DÜNYA'DAKİ ACİL KAÇIŞ RAMPALARI HAKKINDA GENEL BİLGİ

1. ACİL KAÇIŞ RAMPASININ TARİHÇESİ.....	3
1.1. Acil Kaçış Rampasının Tanımı ve İşlevi	6
1.2. Acil Kaçış Rampasının Yapısı ve Çeşitleri	6

İKİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	12
2.1. Yurtdışında Kaçış Rampalarının Geliştirilmesi için Yapılmış Çalışmalar	12

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

KAÇIŞ RAMPASINDA KULLANILAN MALZEMELER HAKKINDA BİLGİ

3. KAÇIŞ RAMPASINDA KULLANILAN MALZEMELER HAKKINDA BİLGİ	22
3.1. Araştırmada Kullanılan Materyal.....	22

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ALINAN MALZEMELERİN FİZİKSEL VE KİMYASAL
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

4. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI	23
4.1. Magnezyum Sülfat Deneyi.....	23
4.2. Elek Analizi İle Dane Büyüklüğü Dağılımı Tayini	27
4.3. Alkali-Silika Reaksiyonu Deneyi.....	30
4.4. Organik Madde Tayini Deneyi.....	35
4.5. Kimyasal İçerik Tayini Yöntemi (XRF Yöntemi).....	37
4.6. Los Angeles Deneyi	37
4.7. İri Agreganın Su Emme Oranı Tayini.....	41
4.8. Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık Testi.....	43

BEŞİNCİ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMALAR

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMALAR	48
--	-----------

ALTINCI BÖLÜM
SONUÇLAR VE ÖNERİLER

SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	51
KAYNAKÇA.....	52
İNTERNET KAYNAKLARI	54
ÖZGEÇMİŞ	54

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Dane büyüklüğü aralığı 10 mm-14 mm dışında olan agregada deneyleri için elde edilen tavsiye kütleleri ve deney elekleri	26
Çizelge 4.2. Numunenin donma ve çözünme sonrası kütlece yüzde kayıp miktarı	26
Çizelge 4.3. Magnezyum sülfat kullanılarak elde edilen en yüksek don dayanıklılığı değerlerine göre kategoriler	27
Çizelge 4.4. Elek analizi deney sonuçları.....	29
Çizelge 4.5. Elek analizi sonucunda numunenin farklı standartlara göre yüzdellik boyut sınıflaması.....	30
Çizelge 4.6. Numunenin alkali azalması ve çözünen silis değeri	34
Çizelge 4.7. Başlangıçtaki alt numunenin minimum kütlesi.....	36
Çizelge 4.8. Analiz edilen numunelerin organik madde miktarı.....	37
Çizelge 4.9. Numunenin yüzdece kimyasal içeriği	37
Çizelge 4.10. Alternatif aralık sınıfları.....	40
Çizelge 4.11. Numunenin Los Angeles aşınma kaybı miktarı	41
Çizelge 4.12. Numunenin ağırlıkça su emme oranı değerleri	43
Çizelge 4.13. 2. Çevrimden sonra tamburda kalan kaya örneklerinin görsel tanımı	46
Çizelge 4.14. Duraylılık indeksine göre sınıflandırma.....	46

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Elek analizi dane boyu dağılım eğrisi	30
Şekil 4.2. Numunenin alkali azalması ve çözünen silis değer grafiği.....	35



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 1.1. Tarsus-Pozantı otoyolu kaçış rampası	3
Resim 1.2. Çin, Heyuan G4511 otoyolu üzerindeki kaçış rampası	4
Resim 1.3. Almanya A7 otoyolu üzerindeki kaçış rampası	4
Resim 1.4. Seydişehir-Antalya otoyolu üzerindeki kaçış rampası.....	5
Resim 1.5. Avustralya’da Great Eastern otoyolu üzerindeki kaçış rampası	5
Resim 1.6. Pozantı-Tarsus otoyolu üzerinde Km:16+900 (sol şerit) kaçış rampası sonuna yerleştirilmiş variller.....	7
Resim 1.7. Araç yakalayıcı ağ bariyer	8
Resim 1.8. Tarsus-Pozantı otoyolu kaçış rampası içerisindeki agrega havuzu.....	10
Resim 1.9. Pozantı-Tarsus otoyolu üzerindeki kaçış rampası istinat duvarı	10
Resim 1.10. Pozantı-Tarsus otoyolu üzerinde Km:16+900 (sol şerit)’den alınan agrega örneği	11
Resim 1.11. Yerçekimi prensibiyle çalışan kaçış rampası	11
Resim 2.1. Kaçış rampasında aracı yavaşlatmak için yapılan deneylerde kullanılan tümsekler	14
Resim 2.2. Avon, Connecticut’da US 44 otoyolunun batı kıyısında bulunan ağ yakalayıcı sistem.....	18
Resim 2.3. Dragnet ağ yakalayıcı sistem	19
Resim 2.4. Dragnet ağ yakalayıcı sisteminde raptiyeler ve çelik bantlar	20
Resim 4.1. Magnezyum sülfat seneyinde kullanılan sepet örneği	24
Resim 4.2. Los Angeles deney aleti	38
Resim 4.3. Suda dağılmaya karşı duraylılık testi deney aleti	44

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar

AASHTO

ADOT

ASU

ASTM

CDOT

DKY

FHWA

MSE

MTO

TCK

TER

TS

TTI

NY

WSDOT

Açıklamalar

American Association of State Highway and Transportation Officials

Arizona Department of Transportation

Arizona State University

American Society of Testing Materials

Colorado Department of Transportation

Doygun Kuru Yüzey

Federal Highway Administration

Mechanically Stabilized Earth

Ministry of Transportation, Ontario

Türkiye Cumhuriyeti Karayolları

Truck Escape Ramps

Türk Standartları

Texas Transportation Institute

New York

Washington State Department of Transportation

Simgeler

Fe₂O₃

CaO

SiO₂

K₂O

NiO

CuO

TiO₂

MgO

V₂O₅

Açıklamalar

Demir (III) Oksit

Kalsiyum Oksit

Silikon Dioksit

Potasyum Oksit

Nikel Oksit

Bakır Oksit

Titanyum dioksit

Magnezyum Oksit

Vanadyum pentoksit

Simgeler**Cr₂O₃****Al₂O₃****SrO****BaO****In₂O₃****SO₃****ZnO****GeO₂****Eu₂O₃****HgO****MgSO₄****Na₂O****NaOH****HCl****FeCl₃****H₂O****CoCl₂****MnO****°C****Açıklamalar**

Kromyum (III) Oksit

Aliminyum Oksit

Strontiyum Oksit

Baryum Oksit

İndiyum(III)Oksit

Kükürt trioksit

Çinko Oksit

Germanyum (IV) Oksit

Europium Oksit

Cıva (II) Oksit

Magnezyum Sülfat

Sodyum Oksit

Sodyum Hidroksit

Hidrojen Klorür

Demir (III) Klorür

Dihidrojen Monoksit

Karbonil klorür

Mangan (II) Oksit

Santigrat

GİRİŞ

Şehirleşme ile birlikte teknoloji ve bilimin de ilerlemesi ile çağdaş mühendislik yapılarının inşası ve teşviki gün geçtikçe artmaktadır. Bu tür yapılar her alanda olduğu gibi mühendislikte de yeni çığırklar 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. Bunun için dünyada ve ülkemizde ulaşım ve ulaştırma konusu en önemli konulardan birisidir. Ulaşım ve ulaştırma kolaylığı bir ülkenin gelişmişliğini gösteren önemli unsurlardandır. 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 geliştirilmekte ve uygulanmaktadır. Bu yöntemler arasında; yeterli yer işaretlemelerinin yapılması ve araçların bir sorun anında durabilmesi için yol kenarlarında yeterli alan bırakılması ve bunun gibi yöntemler sayılabilir (WSDOT, 2016).

Ancak araçlarda oluşan en önemli ve kontrol edilemeyen mekanik sorun aracın ani bir şekilde ve uygunsuz yerlerde frenlerin tutmamasıdır. Frenlerin boşalması kazalara sebebiyet veren en sık yaşanan durumlardan birisidir. Böyle durumlarda sürücü panikler ve fren hakimiyetini kaybedebilir. Bu şekilde oluşan 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 yerçekimi eğiminden maksimum derecede yararlanarak ve freni patlayan aracın agrega havuzu denilen belirli bir uzunluktaki havuza saplanıp durdurulması prensibine göre çalışmaktadır. Birçok ülkede topoğrafik yapıya göre çeşitli kaçış rampaları yapılmıştır ve birçok yerde hayat kurtarmıştır. Ayrıca iklim koşullarına göre rampayı işlevsiz hale getirecek durumlardan kaçınmak için birçok yeni sistem geliştirilmiştir. Bunlardan birkaçı, buzlanmayı önleyecek yüzey altı ısıtma sistemleri, araç yakalayıcı ağ sistemleri, kısa mesafeli kaçış rampaları için tümsek sistemleri ve yamaçlardan gelebilecek çığ, kar ve toprak kütlelerini engellemek için özel, betondan yapılmış istinat duvarları olarak sayılabilir. Bu tür yeni teknolojileri ülkemizde yapılması ve var olan kaçış rampalarına uygulanabilirliğinin araştırılması yeni bir bakış açısı kazandıracak ve bu yapıların iyileştirilmesi sağlanacaktır.

➤ **Araştırmanın amacı**

Bu çalışmanın amacı; dünyada yapılmış olan kaçış rampalarının incelenmesi, farklı araç durdurma tekniklerinin ve sağladığı faydaların belirlenmesi, ülkemizde de yeni yeni yapımına başlanan acil kaçış rampalarının incelenerek yurtdışı örnekleri ile olan benzerliklerinin karşılaştırılması, ayrıca daha iyi nasıl geliştirilebileceklerinin araştırılması, daha sonra ise Tarsus-Pozantı otoyolundaki kaçış rampalarında kullanılan agregaların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılmasıdır.

➤ **Araştırmanın ortaya koyacağı katkı**

Bu çalışma kapsamında, yurtdışında uzun yıllardan bu yana, ülkemizde ise yeni yeni inşaa edilen kaçış rampaları ile birlikte farklı araç durdurma teknikleri ve sağladığı faydalar incelenmiş ve ülkemizdeki kaçış rampalarında kullanılan melzemelerin standartlara uygunluğu deneysel olarak araştırılmıştır. Ülkemizde yapılan kaçış rampaları ile yurtdışındaki örnekler karşılaştırılmış, daha iyi nasıl geliştirileceği ve yurtdışındaki kaçış rampaları çeşitlerinin ülkemizde de uygulanabilme potansiyeli araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, kaçış rampalarının gerekli birçok yol üzerinde yapılması teşvik edilecek ve böylece olası can ve mal kaybının en aza indirgenmesi sağlanacaktır. Çalışma sonuçları uluslararası ve ulusal sempozyumlarda bildiri olarak sunulacak ve saygın dergilerde yayınlanarak literatürde bu konuda çalışan bilim insanlarının kullanımına sunulacaktır. Çalışma bu yönleri ile önemli yaygın etki ve katma değer potansiyeline sahiptir.

➤ **Araştırmanın yöntemi**

Çalışmada hedeflenen amaçlara ulaşmak için Toros Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölüm Laboratuvarı, Çukurova Üniversitesi Jeoloji ve Maden Mühendisliği Bölüm Laboratuvarları ve T.C.K. 5. Bölge Müdürlüğü AR-GE Laboratuvarı kullanılmıştır. Deneylede kullanılan malzeme Tarsus-Pozantı otoyolu üzerindeki Km:16+900 (sol şerit)'de yapılmış olan kaçış rampasından alınan örnekler üzerinde yapılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE VE DÜNYA'DAKİ ACİL KAÇIŞ RAMPALARI HAKKINDA GENEL BİLGİ

1. ACİL KAÇIŞ RAMPASININ TARİHÇESİ

Acil Kaçış Rampaları ilk kez California Castiac'ta 1956'da yapılmıştır. Daha sonra 15 adet daha kaçış rampası yapılmıştır (Bartell, 1986). Daha sonra ise Amerika Birleşik Devletleri'nde; Arizona, Colorado, Connecticut Avon, Kuzey Carolina Asheville bölgelerinde, Kore'de Gangwon ve Sokcho'da, Almanya, Çin ve Avustralya'da yapılmıştır (Resim 1.2., 1.3., 1.5.). Ülkemizde ise Resim 1.1.'de gösterildiği gibi ilk defa 2012 yılında T.C.K. 5. Bölge Müdürlüğü tarafından Tarsus-Pozantı otoyolunda iki gidiş ve iki dönüş yönünde olmak üzere toplam dört adet kaçış rampası yapılmıştır [1]. Bu kaçış rampaları 5 ayda 11 kazayı önlemiştir [2]. Bu değer bize ülkemizde kaçış rampasının ne kadar gerekli olduğunun bir göstergesi olmuştur. Daha sonra T.C.K 2. Bölge Müdürlüğü tarafından İzmir Sabuncubeli Bornova Girişine ve Antalya-Seydişehir otoyoluna da kaçış rampası yapılmıştır (Resim 1.4.) [3].



Resim 1.1. Tarsus-Pozantı otoyolu kaçış rampası



Resim 1.2. Çin, Heyuan G4511 otoyolu üzerindeki kaçış rampası [2]



Resim 1.3. Almanya A7 otoyolu üzerindeki kaçış rampası [2]



Resim 1.4. Seydişehir-Antalya otoyolu üzerindeki kaçış rampası [3]



Resim 1.5. Avustralya'da Great Eastern otoyolu üzerindeki kaçış rampası [4]

1.1. Acil Kaçış Rampasının Tanımı ve İşlevi

Acil kaçış rampaları; karayollarda seyreden araçlarda mekanik sebeplerden dolayı oluşan arızalarda aracın daha fazla zarar görmemesi ve çevresine zarar vermemesi için yoldan uzaklaşmasını ve güvenli bir şekilde durmasını sağlayan yapılardır. Temel olarak yerçekimi eğiminden maksimum derecede yararlanarak ve freni patlayan aracın agrega havuzu denilen belirli bir uzunluktaki havuza saplanıp durdurulması prensibine göre çalışmaktadır.

1.2. Acil Kaçış Rampasının Yapısı ve Çeşitleri

Acil kaçış rampalarının yapılacağı bölgede kaçış rampasının gereksimine neden olan birçok etken vardır. Bunlardan en öncelikli olanı, o bölgede meydana gelen kaza oranıdır. Kaza oranı yüksek olan yerlerde yapılmasına karar verildikten sonra o bölgenin fiziki şartları araştırılır ve değerlendirilir. Bu şartlara bakılarak yapılacak olan kaçış rampasının türüne karar verilir. Yapılacak olan kaçış rampasının türüne karar verirken o bölgenin iklimi, topoğrafik yapısı ve zemin yapısı göz önünde bulundurulur. Ancak bu şartlar içerisinde en büyük etken bölgenin topoğrafik yapısıdır. Kaçış rampasının 4 çeşidi vardır; (1) yerçekimi acil kaçış rampaları, (2) kum yığını kaçış rampaları, (3) durdurucu yataklar, (4) araç yakalayıcı ağ bariyer (Bartell, 1986).

Rampanın türüne karar verildikten sonra rampanın yeri; arazi konumuna, yolun geometrisine, eğimin uzunluğuna, yolun tipine, proje hızına göre seçilir. Acil kaçış rampasının dar kurplardan önce olması ve iniş eğimin alt kısmına yakın olması veya araçların sık durduğu yerlerden önce olması arzu edilir. Acil kaçış rampası ana yolun bitimine, iniş eğiminin başlangıcına teğet ve en az 4,8 km mesafe olacak şekilde ayrılması istenir (WSDOT, 2016).

Acil kaçış rampalarının genişlikleri her bir özel durumdaki ihtiyaçlara bağlı olmakla beraber, kontrol dışına çıkmış iki araca yetecek şekilde 12,19 m veya minimum 7,93 m genişlikte olması istenir (WSDOT, 2016).

Kaçış rampasının eğimli yapılıp yapılmaması o bölgenin topoğrafik yapısına bağlıdır. Sistemin çalışma prensibi aracın kinetik enerjisini sönmölemek üzerine olduğu için kaçış rampasının eğimli yapılması tercih edilir. Çıkış eğimli yapılan acil kaçış rampaları yerçekimi nedeniyle rampa uzunluğunun kısılmasını sağlar. Genelde çıkış eğimli rampalar yapılmakta ve yerçekiminden faydalanılmaktadır. Ayrıca uluslararası projelerde genellikle % 7-12 arasında eğimler kullanılmaktadır. İniş eğimli ya da eğimsiz

yapılan rampalarda, rampa uzunluğu yerçekiminden faydalanılmadığı için yatak uzunluğu bir miktar artar (WSDOT, 2016).

Kaçış rampasının yapılacağı bölge uzunluk olarak elverişli ancak eğim yoksa dolgu yapılarak eğim verilir ve istinat duvarları ile desteklenir. Rampa içerisindeki agrega havuzunun drene olabilmesi için dolgu zemin içine drenaj boruları yerleştirilir. İniş eğimli bir kaçış rampası yapılmak istendiği zaman ise zemin kazılarak yarma yapılır. Dolgu zemin için yapılmış olan tüm drenaj işlemleri yarma zemine de yapılır.

Örneğin ülkemizde yapılmış olan Pozantı-Tarsus otoyolu üzerindeki kaçış rampaları genellikle çıkış eğimli olacak şekilde yapılmıştır. Bölgedeki yol iniş eğimli olduğu için yapılan kaçış rampası çıkış eğimli yapılmıştır ve istinat duvarları ile desteklenmiştir (Resim 1.9.). Eğer araç kaçış rampasına aşırı bir hızda girmiş ve agrega havuzuna saplanamamışsa aracın durdurulmasını sağlamak için ek olarak içi kum ya da su dolu variller konulmuştur (Resim 1.6.).



Resim 1.6. Pozantı-Tarsus otoyolu üzerinde Km:16+900 (sol şerit) kaçış rampası sonuna yerleştirilmiş variller

Ayrıca kaçış rampası içindeki agrega havuzuna saplanan aracı çıkarmak için çekici araçlar kullanılmaktadır. Ancak çekici araçların, havuza saplanan aracı çıkarması için sabitlemesi gerekir. Sabitleme işlemi için yatağın kenarına ankraj blokları yerleştirilir.

Ankraj blokları çekici araçları emniyete almak için çakıl yatağın kenalarında 30-50 m aralıklarla yapılır. Çekici araçların rampanın içerisine girebilmesi için belirli genişlikte ek bir alan yapılması gerekir. Bunun için agrega havuzunun yanına servis yolu yapılır. Servis yolu, kaçış rampasına giren kamyon veya TIRları çekici yardımıyla kurtarmak için kullanılır. Kaçış rampasının yanına en az 4 m genişlikte servis yolu yapılır. Yüzeyi yüksek sınıfli asfalt kaplama olmalıdır (WSDOT, 2016).

Kaçış rampaları çeşitlerinden biri olan yerçekimi kaçış rampaları dağlık, yükseltisi fazla olan alanlar üzerine inşaa edilir (Resim 1.11.). Bu rampalarda, araç rampaya girdiği zaman aracı yavaşlatan etken yerçekimidir. Yerçekimi sayesinde aracın kinetik enerjisi yutulmuş olur. Ancak TIR gibi ağır vasıta araçlarda geri kaçma gibi problemler meydana gelir. O yüzden bu rampa çeşidi pek tercih edilmez. Kum yığını kaçış rampaları ise alan problemi olan yerlerde tercih edilir. Genellikle uzunlukları 121,9 m'den kısadır (Bartell, 1986). Hava koşullarından etkilendiği için bu sistem de pek tercih edilmez. Araç yakalayıcı ağ bariyer ise (The Dragnet) temel prensibi, aracın enerjisini yutarak ve hızını azaltarak kontrollü durdurulmasını sağlamaktır (Resim 1.7.). Ancak bu sistem ekonomik açıdan uygun olmadığı için ihtiyaca dahilinde yapılır (Hanley, 2007). Dağlık olmayan yükseltisi az olan yerlerde ise agrega havuzu ya da çelik halatlarla araç durdurulur. İhtiyaç durumuna göre bu rampalar farklı şekilde birleştirilebilir ancak maliyeti de ona göre artar.



Resim 1.7. Araç yakalayıcı ağ bariyer (Hanley, 2007)

Durdurucu yataklar ise agregadan oluşan havuzlardır. Agregada havuzu; yolun üzerinde belirli derinlikte bir havuz yapılır ve bu havuz belirli bir granülometrisi olan agregalarla doldurulur (Resim1.8.). Durdurucu yataklar, en ekonomik ve tercih edilen kaçış rampası çeşididir. Bu durdurucu yataklar çeşitli gradasyonlu agregalardan oluşmaktadır. Ancak bu havuzlarda tercih edilen agregada genelde çakıldır (Resim1.10.). Çakılın maksimum dane çapı 38 mm olmalıdır. Agregalar aynı boyutta ve homojen gradasyonlu olmalıdır. Agregada havuzunun derinliği 60 cm'dir. Ancak ihtiyaç dahilinde maksimum 90-100 cm'ye kadar derinleşebilir. Çakıl yatağı başlangıçta 7-10 cm derinlikle başlar 30-50 m geçiş uzunluğundan sonra aşamalı olarak minimum 60 cm maksimum 100 cm'de tam derinliğe ulaşır. Ancak iklim şartları agregada boyutunun belirlenmesinde önemli rol oynar. Çok soğuk ve buzlanma olabilecek bölgelerde iri daneli agregalar tercih edilir. Çünkü iri daneli agregalarda dış yüzeyden içeriye doğru buzlanma meydana gelmez. Yatağın amacı aracın havuz içine saplanıp durmasını sağlamak olduğu için aracın buzlanmadan kaynaklı hareket etmemesi ve geriye doğru kaymaması sağlanmalıdır. Buzlanma olmayan bölgelerde ise daha ince daneli agregalar tercih edilir. İnce agregalı yataklarda aracın saplanması iri agregalı yataklara göre daha yüksektir. Ancak bakımı ve temizliği daha zordur. Çünkü havuzun zemininden ya da dış etkenlerden kaynaklı kirlenme daha fazla olur. Kirlenme ise aracın havuza saplanmasını azaltır. Ayrıca meydana gelen her bir kazadan sonra tutucu yatağın tekrardan düzenlenip çevreye savrulan agregaların temizlenmesi gerekir. Kazadan sonra ise yatakta meydana gelen sıkışmaların önlenmesi için yatak tırmıkla gevşetilmeli ve tekrar hazır duruma getirilmelidir (Rogers, 2006).



Resim 1.8. Tarsus-Pozantı otoyolu kaçış rampası içerisindeki agrega havuzu



Resim 1.9. Pozantı-Tarsus otoyolu üzerindeki kaçış rampası istinat duvarı



Resim 1.10. Pozantı-Tarsus otoyolu üzerinde Km:16+900 (sol şerit)'den alınan agrega örneği



Resim 1.11. Yerçekimi prensibiyle çalışan kaçış rampası

İKİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Yurtdışında Kaçış Rampalarının Geliştirilmesi için Yapılmış Çalışmalar

Beecroft (1978) yayımladığı makalesinde; kontrolden çıkmış araçların durdurulmasına yönelik kaçış rampalarının kısa mesafe ve kısa zamanda etkili olması için farklı yöntemlerden biri olan tümsekler üzerinde çalışmıştır (Resim 2.1.). Kaçış rampaları, fren patlaması yaşayan ve kontrolünü kaybetmiş tüm araçlar için kurtarıcı bir durdurma mekanizmasıdır. Uzun, iniş ve çıkış eğimli yollarda kullanılabilir. Bu kaçış rampalarındaki agrega havuzlarında daha çok gevşek agrega kullanılması tercih edilir. Çünkü gevşek agrega saplanmayı daha iyi sağlar ve aracın durma süresini kısaltır. Eğer arazi çıkış eğimli rampa için hem kısa hem de uygun değilse başka durdurucu seçenekler devreye girer. Bunlar; eğer araç yatağın içinde saplanamayacak kadar hızlı bir giriş yapmışsa yatağın sonuna doğru agregalardan oluşan tümsekler yapılabilir. Çalışmada bu tümseklerin etkileri, faydası ve araçta oluşabilecek hasarlar araştırılmıştır. Bu makaledeki deneyler California, Pasifik I-5 Otoyolunda yapılmış olan kaçış rampasında yapılmıştır. Buradaki kaçış rampasının eğimi -% 5,5 olduğu için iniş eğimlidir ve topoğrafik açıdan çıkış eğimli olmaya müsait değildir. Uzunluğu ise 366 m olup tam bir durdurma sağlaması için yeterli uzunlukta değildir. Buraya tümseklerin yapılma amacı agrega havuzu ile tümseklerin birlikte çalışmasını sağlayıp ne kadar enerji yutabileceğini bulmaktır. Bu tümsekleri inşaa etmeden önce aracın şekil, büyüklük ve kullanılan agregaya göstereceği tepkiler belirlenmelidir. Yataklarda agregaların yuvarlanma direnci tam olarak bilinmemektedir. Bu değer agreganın; gradasyonu, nemliliği ve donmasıyla farklı değerler alabilir. Ayrıca yuvarlanma direnci; aracın hızı, ağırlığı ve dingil yapısıyla da ilgili olabilir. Bu verilere bakılarak yuvarlanma direnci 0,15-0,34 arasında değişir. Bu değer, başka kaçış rampalarında yapılan deneylerin sonucunda ortalama bir değer olarak tespit edilmiştir. Örneğin; Tennessee'de yapılan 8 testin sonucunda yuvarlanma direnci 0,35, Utah'ta yapılan test sonucu 0,33, Siskiyou'da yapılan testin sonucu ise 0,20 çıkmıştır. 0,20 değeri yuvarlanma direnci için en düşük sınırı belirlemiştir. Çünkü bu rampaya 38 m/s hızla giren araç durdurulamamıştır. Bu yüzden buradaki yatağın sonuna tümsekler dahil edilmiştir.

Beecroft (1978) tarafından tümseklerin araçları durdurması üzerindeki etkisini araştırmak için yapılan test sürüşleri trafiğin dahil olmadığı eski askeri üs olan şimdilerde ise Oregon Department of Fishing and Wildlife tarafından yürütülen Comp Adair

sokağında yapılmıştır. Bu sokak eğimli, aracın istediği hızda girebileceği ve tümseklerin arkasında alan bırakabilecek uzunluktadır. Tümsekler için kullanılacak agrega 2 çeşit gradasyonludur. Bunlar 9,5-25 mm ve 19-38,1 mm'dir. Ayrıca agreganın yanı sıra parçalanmış lastik tekerleklerden elde edilen küçük plastik parçalardan oluşan tümsekler yapılmıştır. Yapılacak olan tümsekler 30 cm, 60 cm, 90 cm yüksekliğindedir. Testlerde tekli ve üçlü tümsek denenmiştir. Tümseklerin çoğu ön yüzde % 1,5 ve arka yüzde % 1 eğimli, bazıları ise ön yüzde % 3 ya da % 1 arka yüzde ise % 1,5 eğimli olarak yapılmıştır. Bazı tümseklere ise üst kısmında 1,5-2,5 m düzlük yapılmıştır. Toplamda 23 test sürüşü yapılmış ve kullanılmış olan araçlar 2 dingillidir ve araçlara agrega yüklenmiştir. Sürücü, güvenlik önlemi için baret ve kemer takmıştır. Araçların giriş hızları 12-22 m/s olup radar kaydı tutulmuştur. Toplamda 3 kamera kayıt tutmuş ve aracın tümseğe çarpma anı kaydedilmiştir. Radar okuyucular ise tümsekten önce ve sonra aracın hızını ölçecek şekilde yerleştirilmiştir. Tümseklerle yapılan bu testler değişik kombinasyonlarla yapılmış ve elde edilen sonuçlara göre tümseklerin ne kadar etkili olup olmadığı ve tümseklerde kullanılan agregaların yeterliliği ve aracın ne kadar zarar gördüğü tespit edilip bu zararı en aza indirecek şekilde tümsekler yapılması gerektiği bulunmuştur. Bu testlerin sonucunda 30 cm yüksekliğindeki tümsekler aracın hızını 0,44 m/s düşürmüştür. Aralıklı 30 cm yüksekliğindeki üçer tümsek ise hızı 0,88 m/s düşürmüştür. Tekli ve 60 cm yüksekliğindeki tümsek hızı 1,32 m/s düşürmüş sürücüye zarar gelmemesine rağmen araç çok zarar aldığı için test durdurulmuştur. Küçük plastik parçalarından oluşan tümsekler, durdurmada ve aracın daha az zarar görmesinde daha etkili olmasına rağmen testlerden sonra düzeltilmesi ve bakımı zor olduğu için tercih edilmemiştir. Sonuç olarak üzeri düzleştirilmiş tümsekler yatak ile beraber enerjiyi yutmakta etkili olduğu ve araca daha az zarar verdiği görülmüştür. Agregalarda ise ince daneli olanda daha iyi sonuç alınmış ince danelilerde saplanmanın daha fazla olduğu ancak agrega seçimi daha çok o bölgenin iklimine bağlı olduğu için ona göre seçim yapılması gerektiği anlaşılmıştır.



Resim 2.1. Kaçış rampasında aracı yavaşlatmak için yapılan deneylerde kullanılan tümsekler [5]

Stanley (1978) acil kaçış rampalarının yeri, uzunluğu ve eğimini daha gelişmiş bir yöntemle belirlemek için çalışmalar yapmıştır. Masa başı hesaplamalarda verilen değerlerle aracın durma uzunluğuna 250 ve üzeri işlemde ulaşıyordu. Ancak daha uygun olan ve bu işlemlerin sayısını azaltmak için geliştirilen bu yeni program sayesinde çeşitli eğimli yamaçlardan kayan araçların hızını tahmin etmek kolaylaşmıştır. Böylece kaçış rampasının yeri ve nasıl bir yapıda yapılacağı daha kolay bulunmuş ve buna uygun arazi ve yol boyunca herhangi bir noktadaki beklenen hız belirlenebilmiştir. Programın çalışma ilkesi araçtaki enerji değişimi ve enerji kayıplarını da hesaba katıp enerjinin korunumu yasasından yola çıkarak aracın kaçış rampasına gireceği hızın tahmin edilmesidir .

Hardy ve diğerleri (1986) yaptıkları çalışmada iniş eğimli yapılan kaçış rampalarını incelemiştir. Birçok kaçış rampası yerçekimi prensipli çalışır. Bu pensipte çalışan kaçış rampaları genelde çıkış eğimli yerlerde yapılmıştır. Ancak çıkış eğimli rampa yapmak her zaman mümkün olmayabilir. Hangi tür kaçış rampasının yapılacağı, arazinin topoğrafik yapısına göre karar verilir. Bu çalışmada özel bir çeşit olan iniş eğimli kaçış rampası incelenmiştir. Oregon- California'nın sınırında yaklaşık 7242 m kuzeyinde -% 5-6,4 eğimli 11265 m uzunluğunda kuzeye giden Interstate Highway 5 karayolunda birçok kaza meydana gelmiştir. Bu sebepten dolayı Oregon State Highway tarafından bir kaçış rampası yapılması teklif edilmiştir. Bu yolun sağ tarafı dik bir şekilde sivirmekte ve çıkış eğimli rampa yapılmasını zorlaştırmıştır. Çıkış eğimli rampa yapmak için birçok alternatif

sunulmuş olsa da bunların hepsi çok maliyetli bulunmuş veyapılmasından vazgeçilmiştir. Yolun negatif eğimde olmasından dolayı iniş eğimli kaçış rampası yapılmasının daha uygun olduğuna karar verilmiştir. Bunun yanı sıra tümsekler yapılması da düşünülmüştür.

Araştırmacılar (Hardy ve diğerleri, 1986) bu rampa için 3 konuda analiz yapıldığını belirtmektedir; (1) agrega büyüklüğü ve gradasyon seçimi, (2) agrega tümseklerini test etme, (3) kaçış rampalarının halk için yararını analiz etme. Kaçış rampasında kullanılacak olan agrega yuvarlak şekilli ve üniform olmalıdır. Ancak Siskiyou'nun iklim şartlarından dolayı çok fazla buzlanma olduğundan havuza konulacak agregaların kolayca drenajı sağlanmalı ve agregalarda yüzeysel buzlanma olmaması gerekmektedir. İki tür agrega üzerinde deneyler yapılmıştır. Bunlar 9,5-25 mm ve 19-38,1 mm agregalardır. İnce daneli agreganın yük altında penetrasyonu daha iyi olmasına rağmen donma, çözünme ve drene analizlerinde iri daneli agregalar daha iyi sonuç vermiştir. Agregadan oluşturulan tümsekler ise araçlar için tehlikeli olabileceğinden gerekliliğine karar verildikten sonra yapılmıştır. Testlerin yapılmış olduğu eğimli yol 366 m uzunluğundadır. Bu testler için 3 araç kullanılmış, bunlardan ikisi 2 dingilli küçük damperli kamyon, diğeri ise 5 dingilli römorklu kamyonudur. Her bir araç için boş ve dolu yükleme yapılmıştır. İki küçük araç agregayla, büyük olan araç ise su dolu torbalarla yüklenmiştir. Giriş hızları sırasıyla 12 m/s, 18 m/s ve 22 m/s olarak belirlenmiştir. Sürücü ilk başta belirlenen hızlarla girecek daha sonra yükü tutan kısmın bağı kopartılacaktır. Bunun amacı kaza olmadan sürücünün gidiş doğrultusundan sapmaması içindir. Araştırmada 38 deneme sürüşü yapılmıştır. 35'i düz agregalı yataklarda, 5'i ise tümsekli ve agregalı rampalarda yapılmıştır. Tümseklerin yüksekliği 30 cm olarak yapılmıştır. Aracın hızı 2 adet radarla ölçülmüştür. Birisi yatağın başında diğeri ise sonuna konulmuştur. Testlerde araç yatağın sonuna doğru yaklaştığında durdurulmuştur. En uzun durma uzunluğu 148 m olmuştur. Bu durma uzunluğunu yüklü olmayan, 25 m/s hızla giden 5 dingilli kamyon sağlamıştır. Yapılmış olan bu testlerden yola çıkarak Siskiyou Summit Truck Arrester Bed Ocak 1978'de tamamlanmış ve kullanıma açılmıştır. Havuz içindeki en uzun durma uzunluğu, 38 m/s giriş hızında 320 m olmuştur. Sadece iki dane istisnai devrilme olmuştur. Birincisi önceki kazadan dolayı kaçış rampasında kalan parçaların temizlenmemesi ve havuzdaki agregaların tekrar düzenlememiş olmasından kaynaklı bir devrilme olmuş ikincisi ise araç 36 m/s hızla girmesinden kaynaklı devrilme meydana gelmiştir. Yapılışının ilk 9 ayında % 25 kadar kullanıcı kaçış rampasını doğru amaç için kullanmışlardır. Bazı araçlar ise burayı dinlenme alanı sanıp içeri girmişler ve saplanmışlardır. Zaman geçtikçe aracın durma uzunluğu

artmış ve bunun sebebinin agreganın sıkışması ve kirlenmesinden kaynaklı olduğu görülmüştür. Bu sebepten dolayı 1982'de girişten itibaren 183 m'lik kısmın agregası kaldırılıp yerine temiz ve gevşek agrega konulmuştur.

Metcalf (1991), Dragnet ağ yakalama sisteminin ABD askeri birliklerine jet uçaklarının durdurulması için tasarlandığını belirtmiştir. Ronkonkoma'daki Roadway Safety Services ise ulaştırma acentalarına dağıtmıştır. Federal Highway Administration (FHWA) 1983'te Dragnet sistemini çarpma yastığı olarak kabul etmiştir. AASHTO ise 1989 yılı basımında bu sistemi çarpma yastığı olarak eklemiştir.

The Arizona Department of Transportation (ADOT) Şubat 1991'de Roadway Safety Services aracılığıyla Dragnet fikrini benimsemiştir. ADOT ise Dragnet'i; kaçış rampasının sonuna ek güvenlik olarak eklemek, agrega yatağının önüne koyarak yatağın uzunluğunu kısaltmak için ya da bu ağ sistemini tek başına kullanmak için istemiştir. Hazırladıkları raporda ise sadece Dragnet sistemin kullanılmasıyla ilgili çalışmalara değinilmiştir.

Dragnet, çelik şeritlerden yapılan ağlar ve makaradan oluşan bir sistemdir. Zarar gördüğünde kolaylıkla değiştirilebilir. Dayanma süresi on yıldır. Potansiyel yararları; aracın kontrollü yavaşlamasını sağlaması, çarpmadan sonra hızlı ve kolay bir şekilde sistemin tekrar kurulabilmesi, araç hızı ve ağırlığı bilirse durma uzaklığının tahmin edilebilmesidir. Texas Transportation Institute (TTI) 1969'da 6 test uygulamıştır. Araçların ağırlığı 662 kg-2050 kg arasında ve hızları ise 20 m/s-30 m/s arasında değişmektedir. Bu testler sonucunda şu şekilde veriler elde edilmiştir; (1) ağın yüksekliği önemli olduğu ve aracın tüm ön kısmını kaplayacak şekilde dizayn edilmesi gerektiği, (2) uzun durma uzaklıkları, düşük yavaşlama kuvvetlerine neden olduğu, (3) altı testte sistem çok iyi performans göstermiş olduğu görülmüştür (Metcalf, 1991).

Dragnet'in çalışma prensibi enerji aktarımına dayanmaktadır. Araç ağlara çarptığı anda enerjisini ağlara aktararak sönmeler. Dragnet'teki enerji kaybı birçok metal bandın birbirini tuttuğu raptiyeden kurtulmasıyla oluşur (Resim 2.4.). Raptiyeleri çıkaran kuvvet hızdan bağımsızdır. Bu kuvvet çelik bandın ve raptiyelerin bağlanma durumuna bağlıdır. ADOT TES Policy'de giriş hızı 40 m/s'den az olarak belirlenmiştir. Ancak aracın ağırlığı ile ilgili bir koşuldaki söz edilmemiştir. Çünkü yatak uzunluğu hesaplamasında bu değer kullanılmıyordu. Arizona'daki araştırma grubu Arizona State University (ASU) ağırlık için bir değer belirlemiştir ve analizlerde kullanmıştır. Buna göre aracın giriş hızı 40 m/s ve ağırlığı 36287 kg alınmıştır.

Hesaplama da aşağıda verilen kinetik enerjinin formülünden yararlanılmıştır (Metcalf, 1991).

$$KE = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (2.1.)$$

1989'da ASU tarafından ADOT'un 6 tutucu yatağında hız azalması yani ivme değerlerini bulmak için testler yapılmıştır. Burada bulunana ivme değerleri 3,5-4,1 m/s² arasında bulunmuştur.

Kinetik enerji formülünde $m=f/a$ yerine koyulduğunda yeni oluşan ve uygulanmış olan aşağıdaki formül elde edilmiştir.

$$KE = \frac{1}{2} \cdot W/a \cdot v^2 \quad (2.2.)$$

Bu formülden elde edilmek istenen aracın ivme değeridir. Hesaplanan ivme değerleriyle ağların sayısı arasında bir bağlantı kurulmuştur; (1) 3,4 m/s² için 3 ağ, (2) 4,5 m/s² için 4 ağ, (3) 5,6 m/s² için 5 ağ.

Analizler sonucunda 25 adet ağın aracı durdurmaya yeterli olduğu ortaya çıkmıştır. Maksimum hız azalması maksimum ağ sayısına, rampanın uzunluğu ise ağların nasıl yerleştirileceğine bağlı olduğu görülmüştür.

Dragnet ağ sistemi 1982'den bu yana New York Department of Transportation tarafından başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Devamlı kontrol altında ve herhangi bir kaza olması durumunda bakımı için daimi bir işçi bulundurmaktadır. Hawaii'de ise yakalayıcı yatak sistemi vardır. İniş eğimde 183 m uzunluğundadır. Bu yatağın dizaynı yapılırken ağrılık 31371 kg ve giriş hızı 31 m/s olarak alınmıştır. Hesaplamalar Dragnet sisteminin buraya yapılmasının uygun olduğunu göstermiş, ancak yapılmasına başlanmamıştır (Metcalf, 1991).



Resim 2.2. Avon, Connecticut’da US 44 otoyolunun batı kıyısında bulunan ağ yakalayıcı sistem (Hanley, 2007).

Rogers (2006) yaptığı çalışmada kaçış rampalarında kullanılan agregalar üzerinde çeşitli dayanım ve sınıflandırma deneyleri yapmış ve kaçış rampasındaki agrega havuzuna konulacak agregalarda olması gereken özellikleri belirlemiştir.

1994’te Ontario Ministry Ulaştırma Departmanı Kuzey Bay şehrinde araç tutucu yataklar yapılmıştır. Bu yataklardaki agregalar üzerinde çeşitli deneyler yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda agregalar dayanım, boyut ve şekil olarak sınıflandırılmıştır. Deneylerden biri olan elek analizi sonucunda 37,5 mm’yi % 100 ve 16 mm’yi % 5 geçen malzeme tercih edilmiştir. Agrega havuzu için bu aralığa uygun malzemeler yapı yerinden 100 km ötede bulunmuştur. Donmuş ya da nemli agrega tercih edilmez çünkü dayanımı azaltır. Agregada nemlenme olmaması için temiz olması şarttır. Kullanılan agregalarda aranan diğer bir özellik ise yuvarlanma direncinin 0,25 olmasıdır (Rogers, 2006).

Hanley (2007) yaptığı çalışmada, 2008 yılında Connecticut’ta Acil Kaçış Rampası yapıldığını belirtmiş ve çevredeki iş yerleri ve yerleşim alanlarının düzenini bozmayacak şekilde ulaştırma alanında çeşitli ileri teknoloji sistemleri birleştirilerek araçların güvenlik ihtiyaçları karşılanmıştır (Resim 2.2.). Var olan bazı durumlardan dolayı örneğin; topoğrafik zorluklar, yüksek yamaçlardaki yerleşim yerlerine giden dar ve az sayıda yolların olması son 3 yılda büyük çapta 2 kazaya neden olmuştur. Bu bölgede kaçış

rampasının yapılmasındaki en büyük etken bu zorluklardan kaynaklı oluşan kazaları en aza indirmektir.

Ayrıca bu bölgedeki yamaçlarda oluşan toprak, kar ya da çığ kaymalarından korunmak amaçlı yeni bir sistem geliştirilmiştir, o da Stabilize Edilmiş Mekanik Yüzey (Mechanically Stabilized Earth (MSE)) duvar sistemidir. Bu duvar, kaçış rampalarının üst kısmındaki yamaçlarda yapılır; bir nevi istinat duvarı görevi görür. Bu duvar tamamen betondan oluşmaktadır. Ayrıca bu duvara otomatik yüzey altı ısıtma sistemi yapılmıştır. Bu ısıtma sistemi zorlu kış şartlarında biriken karı eritir ve buzlanmayı önler (Hanley, 2007).

Bu çalışmada bahsedilen diğer bir konu ise, başka bir araç tutucu sistem çeşidi olan Dragnet'tir (Resim 2.3.). Bu sistemin çalışma mekanizması araçtan gelen mekanik enerjiyi yutup aracın hızını yavaşlatarak durdurmaktır. Dragnet birçok makara ve öngerilmemiş ağlardan oluşmaktadır. Bu ağlar, araç kaçış rampasına girdikten sonra aracın enerjisini alır ve yavaşlatarak durdurur. Bu ağların sayısı ve uzunluğu kaçış rampasının eğimine ve uzunluğuna bağlıdır (Hanley, 2007).



Resim 2.3. Dragnet ağ yakalayıcı sistem (Hanley, 2007)



Resim 2.4. Dragnet ağ yakalayıcı sisteminde raptiyeler ve çelik bantlar [6]

Outcalt (2008) yaptığı çalışmada kaçış rampalarında kullanılan agregaların standartlarının geliştirilmesini sağlamayı amaçlamıştır. 2006 yılında Colorado Department of Transportation'ın (CDOT) kaçış rampalarında kullanılan agregalar için spesifik bir standart bulunmamaktaydı. Bu çalışmadaki sonuçlar Truck Escape Ramps Aggregate for CDOT's Standart Specifications for Road and Bridge Construction daki kısım 703,11'i geliştirmek için çalışılmıştır.

CDOT, ilk kaçış rampasını 1980 yılında yapmıştır. O zamandan bu yana Colorado'da 20 adet kaçış rampası yapılmıştır. 1952 yılından bu yana yapılan yataklar için güvenlik, devamlılık ve performansla ilgili hiçbir çalışma yapılmamıştır. 2006'da ise CDOT çalışanları I-70 üzerindeki Lower Straight Creek kaçış rampasını kullanan uzun yol araçları için endişe duymuşlardır. Buradaki yatak küçük malzemelerden dolayı kirlenmiş ve nasıl temizleneceği hakkında çözümler aranmıştır. Yapılan çalışmaların başında Colorado'nun 13 dane kaçış rampasından örnekler alınmıştır. İki örnek, yatağın 3 farklı yerinden alınmış ve bu agregaların şekil, büyüklük ve gradasyonu incelenmiştir. Amaç agrega yataklarının kirlenme sebeplerini araştırmaktır (Outcalt, 2008).

Deneyler sonucunda agreganın kirlenmesinin sebeplerini 4 maddede toplamışlardır; (1) yatağın oturduğu zeminin ve kenarlarının asfaltla kaplanmaması, (2) drenajın yeterli

şekilde yapılmaması, (3) araçların rampaya giriş çıkışı, (4) zamanla agreganın parçalanması ve yenilenmemesi olarak belirlenmiştir (Outcalt, 2008).

Havuz içindeki agreganın değiştirilmesini ve kaldırmasını minimize etmek için yatağın yeterli derinlikte olması ve minimum kirliliğe izin verilmesi aynı zaman da yatağın işlevini yitirmemesi istenir. Yataklar 0,15 m derinlik ile başlamalı ve 46 m'ye gelene kadar maksimum derinliği olan 1,2 m'ye gelmelidir. Yapılan önceki deneylerde araçlar 0,3 m'ye kadar saplanmıştı. Bu derinlikten fazlasına saplandıkları zaman agreganın altındaki zeminde aşınmalar meydana gelir ve zeminden kopan parçaların agregayla birleşerek agregayı kirlettiği görülmüştür. Agregada içindeki zemin parçaları yatağın etkisini azaltır. Tabandan 300 mm kadar sert bir tabaka oluşturabilir. Çoğu testler gösteriyor ki iri daneli ve derin agrega yatakları yuvarlanma direncini artırır. İri daneli yatakların drene olması daha kolaydır ve donma zemine kadar ulaşamaz. Bu yüzden kirlenme de çok fazla oluşmaz (Outcalt, 2008).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

KAÇIŞ RAMPASINDA KULLANILAN MALZEMELER HAKKINDA BİLGİ

3. KAÇIŞ RAMPASINDA KULLANILAN MALZEMELER HAKKINDA BİLGİ

3.1. Araştırmada Kullanılan Materyal

Çalışmada öncelikle kaçış rampalarının yapımı, çalışma prensibi ve dizaynında yer alan agrega havuzunda kullanılan agrega hakkında genel bir veri derlenmiş ve incelenmiştir. Ayrıca Adana-Pozantı Yolu üzerindeki kaçış rampalarında saha çalışmaları yapılmış ve konum belirlemek için GPS, fotoğraf makinası kullanılmıştır. Ayrıca Pozantı-Tarsus Otoyolu üzerinde Km:16+900 (sol şerit)'deki kaçış rampasının agrega havuzunda kullanılan agregalardan örnekler alınıp laboratuvarında tez çalışması 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 kullanılmış, dayanım ve sınıflama için çeşitli deneyler yapılarak malzemenin jeoteknik özellikleri belirlenmiştir.

Tez çalışması 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 ASTM (American Society of Testing Materials), TS (Türk Standartları) ve MTO (Ministry of Transportation, Ontario) standartları kullanılmıştır. Deneyler Toros Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölüm Laboratuvarı, Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölüm Laboratuvarı ve Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölüm Laboratuvarı ile T.C.K. 5. Bölge Müdürlüğü AR-GE Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ALINAN MALZEMELERİN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

4. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

4.1. Magnezyum Sülfat Deneyi

Deney, agregaların periyodik olarak magnezyum sülfata daldırılması ve takiben etüvde kurutulması yolu ile agregaların davranışlarını değerlendirmek için yapılır. Dane büyüklüğü 10 mm ile 14 mm arasında olan agregalardan oluşan deney numunesi doymuş magnezyum sülfat çözeltisine 5 defa daldırılır ve takiben (110 ± 5) °C’de etüvde kurutulur. Magnezyum sülfatın tekrar su alması ve agregada numunesinde tekrarlanan kristalizasyon ile agregada boşluklarında zararlı etkiler ortaya çıkar. Dane büyüklüğü 10 mm’den daha küçük malzemelerin oluşmasına neden olan zararlı etkilerin neden olduğu ufalanma ölçülür. Deney TS EN 1367-2 Mart 2010’a uygun olarak hazırlanan deney numunesi üzerinde gerçekleştirilmiştir.

➤ Deney aletleri

Deney elekleri: Elek göz açıklığı 10 mm ve 14 mm arasında, TS EN 1367’a uygun olmalıdır.

Terazi: 2 kg kapasiteli ve 0,1 gram doğrulukla ölçüm yapmalıdır.

Pirinç ve paslanmaz çelik telden sepetler: Laboratuvar numunelerini çözeltiye daldırmak için en az iki dane olmalıdır (Resim 4.1.).

Kaplar: Çözeltiye daldırılan agregada hacminin en az beş katı hacme sahip sepetlerin kolayca içeriye yerleştirilmesi ve dışarı alınması için kullanılmıştır.

Su banyosu ve iklimlendirme odası: Kaplardaki çözeltilerin sıcaklığını (20 ± 2) °C’de muhafaza edilmelidir.

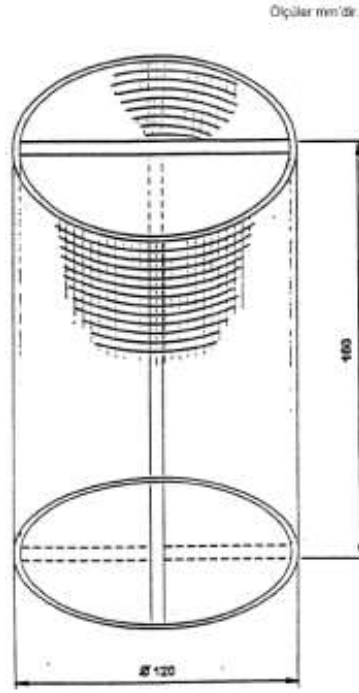
Hava dolaşımli etüv: Sıcaklığı (110 ± 5) °C’de tutmalıdır.

Hidrometre: Ortalama yüzey gerilimi 55 mN/m olan 1,284 g/ml’den 1,300 g/ml’ye; 0.001 g/ml doğrulukta 20 °C’de yoğunluk tayini için kalibre edilmiş olmalıdır.

Desikatör: Sepetlerin en az ikisini almalıdır.

Termometre: 0 °C ile 120 °C arasında 1 °C doğrulukla ölçüm yapmalıdır.

Kronometre: Kronometre, zaman bölümlerinin toplam serisini ± 1 dakika doğrulukla ölçmelidir.



Resim 4.1. Magnezyum sülfat seneyinde kullanılan sepet örneği [7]

Sepetlerin, magnezyum sülfat çözeltisinin rahatlıkla sirkülasyonuna ve numunenin tamamen batmasına müsaade edecek büyüklükte olmalıdır. Bu sepetin ağı, agregayı taşıyacak yeterli sağlamlıkta olmalı, fakat deneyin başlangıcında parçacıkların geçebilecekleri kadar iri olmamalıdır.

➤ **Reaktifler**

Damıtık veya deionize su

% 5'lik baryum klorür çözeltisi, 5 gram baryum klorür 100 ml damıtık suda çözülmesiyle elde edilmiştir.

Doygun magnezyum sülfat çözeltisi, magnezyum sülfat heptahidratın damıtık veya deionize su içerisinde çözülmesi ile elde edilmiştir.

Çözelti 1 litre su için 1500 gram kristal tuzun yavaş yavaş ilâve edilmesi ile hazırlanmıştır. Her deney için en az 3 litre çözelti hazırlanmıştır.

Çözeltinin hazırlanması sırasında sıcaklık 25 °C ile 30 °C arasında tutulmuştur ve kristalin ilâve edilmesi esnasında çözelti iyice karıştırılmıştır. Çözelti hazırlandıktan sonra sıcaklık (20±2) °C'ye düşürülmüş ve (48±1) saat boyunca bu sıcaklık muhafaza edilmiştir.

Çözeltinin bir kısmı cam kavonoza süzülerek yoğunluğunun (1,292±0,008) g/ml'ye ulaşmış ve ulaşılmadığı kullanımdan önce kontrol edilmiş, yoğunluk hidrometreyle ölçülmüş ve çözelti tekrar kaba dökülmüştür.

➤ **Deney numunesinin hazırlanması**

Yeterli miktarda iki deney deney numunesi elde etmek için laboratuvar numunesi TS EN 1367 göre azaltılmış ve 10-14 mm dane büyüklüklerinde en az 500 gram kütleli deney numunesi elde edilmiştir. Her deney numunesi (110±5) °C'lik etüvde (24±1) saat boyunca kurutulmuş ve desikatörde laboratuvar sıcaklığına getirilmiştir. Her deney numunesi 10 mm ve 14 mm göz açıklıklı eleklerle elenmiş, elek altı ve elek üstü atılarak yaklaşık 500 gramlık bir kütlede numune elde edinceye kadar elemeye devam edilmiştir. Her bir deney numunesi damıtık suyla tozlarından arınıncaya kadar yıkanmış ve etüvde kurutulmuştur. Her deney numunesinden (420±0,1)-(430±0,1) g aralığında tartılmış ve kütleleri kayıt edilmiştir.

➤ **Deneyin yapılışı**

Çalışmada kullanılan her bir sepetteki agreganın 20 mm'lik çözelti ile kaplanacak şekilde (17±0,5) saat boyunca doygun magnezyum sülfat çözeltisi kap içerisine daldırılmıştır. Her bir sepet ile yığılmış tuz depolanmaları ve kap kenarları arasında en az 20 mm açıklık bırakılmıştır. Deneyin her aşamasında sepetlerden herhangi birinin kaybolmamasına özen gösterilmiştir. Buharlaşıma ve kirlenmeden sakınmak için kabın kapağı kapatılmıştır. Daldırma işleminden sonra her sepet çözeltiden çıkartılarak (2±0,25) saat boyunca suyu süzölmüştür. Takiben her bir sepet (110±5) °C'lik etüvde (24±1) saat boyunca kurutulmuş ve (5±0,25) saat boyunca laboratuvar sıcaklığına erişmesi için soğutulmuştur. Bir sonraki daldırma işleminde, kabın tabanında toplanan tuz çökeltileri önce çözülmüş ve çözelti iyice karıştırılarak 30 dakika süre ile beklemeye bırakılmıştır. Kaptaki çözeltinin yoğunluğu kontrol edilmiştir. Yoğunluk belirlenmiş aralığın dışında ise çözelti hazırlanmış doygun taze MgSO₄ çözeltisiyle değiştirilmiştir.

Çalışma periyodu (48±2) saat süre ile 5 defa uygulanmıştır. İşlemlerin 5 defa tekrar edilmesinden sonra agrega soğutulmuş, her bir sepetteki agrega magnezyum sülfattan temizlenene kadar musluk suyuyla yıkanmıştır.

➤ **Hesaplama ve sonuçların gösterilmesi**

Yıkanmış ve kurutulmuş deney numunesi, 10 mm'lik elek ile elenmiş ve agrega elek üstü kütlesi 0,1 gram doğrulukla kaydedilmiştir.

$$MS = 100 * (M1 - M2) / M1 \quad (4.1.)$$

Burada;

M1: Deney numunesinin ilk kütlesi,

M2: Deneyden sonra 10 mm'lik elekte kalan agreganın nihai kütlesi.

Elde edilen her iki sonucun ortalama değeri hesaplanmış ve Çizelge 4.1.'deki tabloya göre en yakın tam sayıya yuvarlatılarak analiz edilen agreganın kütlesi kaydedilmiştir.

Çizelge 4.1. Dane büyüklüğü aralığı 10 mm-14 mm dışında olan agrega deneyleri için elde edilen tavsiye kütleleri ve deney elekleri [7]

Dane Büyüklüğü (mm)	Deney Kısmının Kütlesi(g)	Deney Eleği		Tel Sepetler		
		Elek Altı (mm)	Elek Üstü (mm)	Göz Açıklığı (mm)	Yükseklik (mm)	Çap (mm)
14,00'ten büyükler	800 'den 830'a	28,00	20,00	3,35	160	120
	600'den 630'a	20,00	14,00	3,35	160	120
10,00'dan küçükler	300'den 310'a	10,0	6,30	1,18	120	95
	200'den 210'a	6,30	5,00	1,18	120	95
	200'den 210'a	5,00	3,35	0,60	120	95
	200'den 210'a	3,35	2,36	0,60	120	95
	100'den 110'a	2,36	1,18	0,15	80	65
	100'den 110'a	1,18	0,60	0,15	80	65
	100'den 110'a	0,60	0,30	0,15	80	65

TS EN 1367–2 Mart 2010'a uygun olarak hazırlanan deney numunesi üzerinde magnezyum sülfat ile gerçekleştirilen deney sonucunda bulunan kütlece % Kayıp değeri Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Numunenin donma ve çözünme sonrası kütlece yüzde kayıp miktarı

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

28 Nisan 2009 tarihli, TS 706 EN 12620+A1, Beton Agregaları standardına göre deney sonuçları değerlendirilmesi Çizelge 4.3.'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Magnezyum sülfat kullanılarak elde edilen en yüksek don dayanıklılığı değerlerine göre kategoriler

Magnezyum Sülfat Değeri (Kütlece Yüzde Kaybı)	Kategori (MS)
≤ 18	MS ₁₈
≤ 25	MS ₂₅
≤ 35	MS ₃₅
> 35	MS _{beyan}
Serbest	MS _{NR}

Numuneler, Çizelge 4.3.'te belirtilen kategorilere göre **MS₁₈** kategorisine dâhildir.

4.2. Elek Analizi İle Dane Büyüklüğü Dağılımı Tayini

Bu deney, elek analizi ile agregaların dane büyüklüğü dağılımının belirlenmesi için yapılır. Boyutu 63 mm'ye kadar olan hafif agregalarda dahil, doğal veya yapay orijinli agregalara uygulanır. Dane büyüklüğü dağılımının tayini, TS EN 933-10'de verilmiştir.

Deney, malzemenin bir seri eleme işlemi yardımıyla azalan büyüklüğe sahip farklı dane boyutları halinde bölünmesi ve ayrılmasından oluşur. Elek göz açıklıklarının büyüklüğü ve eleklerin sayısı, talep edilen hassasiyet derecesine ve numunenin cinsine uygun olarak seçilir. Metot; yıkama ve kuru elemeden oluşur. Farklı elekler üzerinde kalan danelerin kütlesi, malzemenin ilk kütlesi ile ilişkilidir. Her bir eleği geçen malzeme kümülatif yüzdeler sayısal formda ve istendiğinde grafik olarak rapor edilir.

➤ Deney aletleri

Deney elekleri: Elek açıklıkları TS EN 933-2'ye uygun olmalı ve TS 1227 ISO 3310-1 ve TS 1226 ISO 3310-2'deki özellikleri sağlamalıdır (ASTM D 422).

Tava ve kapak

Hava dolaşımli etüv: Agreganın dane büyüklüğünde değişikliğe sebep olmadan kurutulmasını sağlamalıdır, (110±5) °C sıcaklığa ayarlanabilmelidir, termostatlı olmalıdır.

Terazi: Deney kısmının kütlesini ± % 0,1 doğrulukla tartabilmelidir.

Eleme makinası

➤ Deney numunelerinin hazırlanması

Alınan örnek, (110±5) °C'de sıcaklıkta sabit kütleyle kadar kurutulmuş, soğutulmuş, tartılmış ve kütlesi **M1** olarak kayıt edilmiştir.

➤ Deneyin yapılışı

Deney kısmı bir kaba yerleştirilmiş ve üzeri örtülünceye kadar yeterli miktarda su ilave edilmiştir. Topakların ayrılması için su altında 24 saat bırakılmıştır. Numunelerin yeterli şiddette çalkalanması ile ince daneler tamamen ayrıştırılmıştır.

Deney elekleri, eleklerden geçen malzemenin uygun bir kapta toplanacağı şekilde monte edilmiştir. Numunenin bulunduğu kap alınmış ve numune koruma eleğinin üzerine dökülmüş, 4 mm göz açıklıklı deney eleğinden geçen su tamamen berraklaşınca kadar yıkamaya devam edilmiştir.

4 mm göz açıklıklı eleğin üzerinde kalan malzeme 1'er saatlik aralıklarla birbirini takip eden iki tartım arasındaki kütle farkı $\pm \% 0,1$ 'de toleransla sabit oluncaya kadar (110 ± 5) °C'de kurutulmuş, daha sonra soğutulmuş, tartılmış ve kütlesi **M2** olarak kaydedilmiştir.

Yıkamış ve kurutulmuş malzeme elek takımına dökülmüştür. Elek takımı, yukarıdan aşağıya elek göz açıklıkları düzenli bir biçimde azalacak şekilde birbirine geçirilmiştir. Deney aleti; düzenlenmiş elekler, tava ve kapaktan ibarettir.

Tava ve kapak kullanılarak malzeme kaybına meydan vermeden elek takımı makina ile sarsılmıştır. Her eleği geçen malzeme, elek setinde bulunan bir sonraki elek üzerine konularak işleme devam edilmiştir. Eleme işlemi esnasında, bir dakika süre içerisinde elek üstü malzemede kütlece $\% 1$ 'den daha fazla değişiklik olmuyorsa eleme işleminin tamamlandığı kabul edilebilir. Eleklerin aşırı yüklenmesinden kaçınmak için eleme işlemi sonucunda elek üzerinde kalan malzeme (gram cinsinden); daha büyük olmamasına dikkat edilmiştir.

En büyük göz açıklığına sahip elek üzerinde kalan fraksiyon tartılmış ve kütlesi $\% 1$ hassasiyette **R1** olarak kayıt edilmiştir. Altındaki elekte kalan fraksiyon için aynı işleme devam edilmiştir. Bu fraksiyon kütlesi **R2** olarak kayıt edilmiştir. Elek takımındaki bütün eleklerde aynı işleme devam edilerek her bir elek fraksiyonunun kütlesini **R3, R4 ...Ri** olarak tartma işlemine devam edilmiştir. Tavada kalan elenmiş fraksiyon varsa tartılmış ve kütlesi **P** olarak kayıt edilmiştir.

➤ **Hesapların ve sonuçların gösterilmesi**

Değişik kütleler elek analiz deney formuna kayıt edilmiştir. Her bir elek fraksiyonunun kütlesi (R_i), orijinal kuru kütlenin (M_1) yüzdesi olarak hesaplanmıştır. 4 mm'ye kadar her bir elekten geçen orijinal kuru kütlenin kümülatif yüzdesi hesaplanmıştır. Aşağıdaki eşitlikten 4 mm elekten geçen iri ve ince danelerin yüzdesi hesaplanmıştır (Çizelge 4.4.).

4 mm elek üzerinde kalan iri danelerin kütlesi;

$$\% f = [(M_1 - M_2) + P / M_1] * 100 \quad (4.2.)$$

Burada;

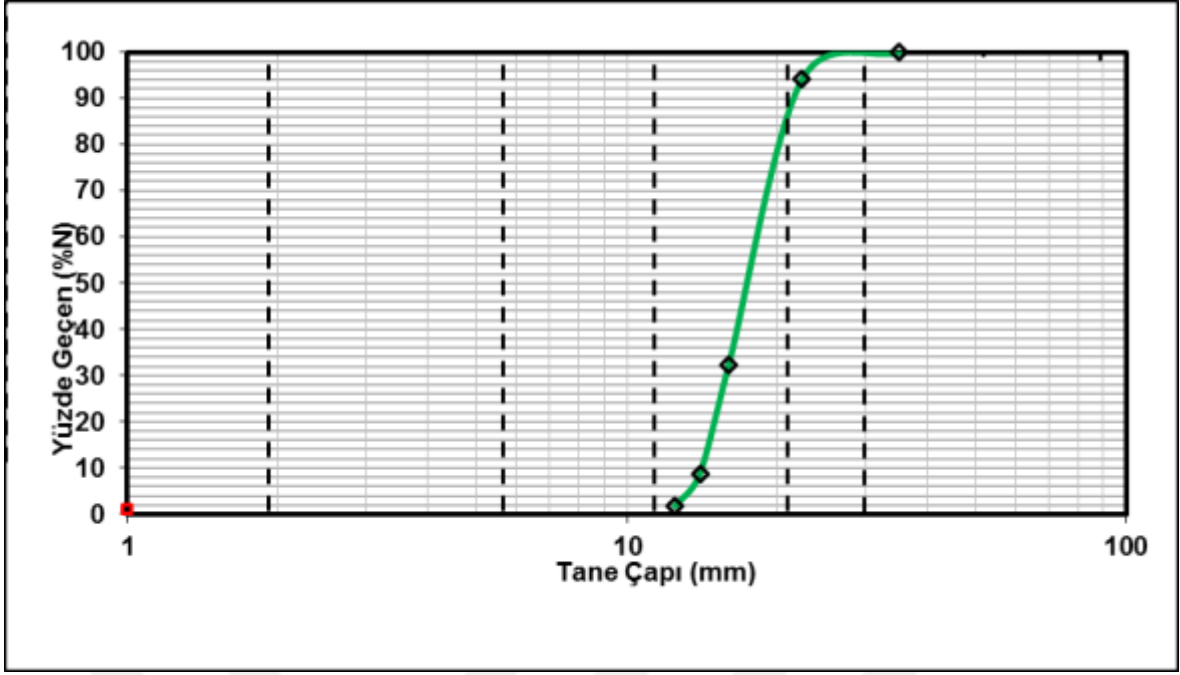
M1 : Deneý kısmının kuru kütlesi, kg.

M2 : 4 mm göz açıklıklı elek üzerinde kalan malzemenin kuru kütlesi, kg.

P : Tavadaki malzeme kütlesi, kg. dır.

Çizelge 4.4. Elek analizi deney sonuçları

ELEK ANALİZİ						
Lokasyon: Adana-Pozantı TEM otoyolu						
Laboratuvar No: ZKL-2015-1						
Standart: ASTM D 422						
Deney Başı Numune Ağırlığı: 1410,59 g						
Elek Açıklığı (mm)	Kurutma Kabı Ağırlığı (g)	Kurutma Kabı + Zemin Ağırlığı (g)	Elek Üstü Zemin Ağırlığı (g)	% Kalan	% Toplam Kalan	% Toplam Geçen
35,00						100,00
22,40	168,72	252,07	83,35	5,91	5,91	94,09
16,00	168,72	1040,12	871,40	61,78	67,68	32,32
14,00	168,72	500,84	332,12	23,54	91,23	8,77
12,50	168,72	265,69	96,97	6,87	98,10	1,90
11,2	168,72	189,82	21,10	1,50	99,60	0,40
10	168,72	171,96	3,24	0,23	99,83	0,17
8	168,72	170,82	2,10	0,15	99,98	0,02
6,8	168,72	169,3	0,31	0,02	100,00	0,00
6,6	168,72	168,72	0,00	0,00	100,00	0,00
4	168,72	168,72	0,00	0,00	100,00	0,00



Şekil 4.1. Elek analizi dane boyu dağılım eğrisi

Şekil 4.1.'de ise elekten geçen numunelerin yüzdelerinin kümülatif toplamı ile dane çapı arasındaki ilişki elek analizi dane boyu dağılım eğrisinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Elek analizi sonucunda numunenin farklı standartlara göre yüzdelik boyut sınıflaması.

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

Kaçış rampasından alınmış olan agrega örneğinde yapılmış elek analizi sonucuna göre elde edilen, farklı standartlara göre farklı boyutlardaki çakıl miktarları Çizelge 4.5.'te gösterilmiştir.

4.3. Alkali-Silika Reaksiyonu Deneyi

Bu test metodu agregaların alkali silika yönünden reaktif olup olmadığını, tayin etmek için yapılır. Harç çubuklarının, yüksek sıcaklıkta 1 Normal NaOH çözeltisi içindeki genleşmelerine dayanarak hızlı bir şekilde tespitini hedeflemektedir.

Bu metodda, farklı karışımlara ait harç çubukları hazırlanmıştır. Numuneler (24±2) saat sonra kalıptan çıkarılmış ve ilk boyları ölçülmüştür. Numuneler sonra (80±2) °C'de saf suya daldırılmış (24±2) saat sonra çıkarılmış ve sıfır ölçümleri alınmıştır. Numuneler daha sonra (80±2) °C sıcaklıktaki 1 Normal NaOH çözeltisine konulmuş periyodik (3 gün, 7 gün, 14 gün) genleşme ölçümleri yapılmıştır. Agregada numunesi farklı karışım oranlarından elde edilmiş 5 set harç çubukları olarak hazırlanmıştır.

➤ **Deney aletleri**

Elek seti: 5,0 mm, 2,5 mm, 1,25 mm, 0,63 mm, 0,315 mm, 0,160 mm

Terazi: 1000 g kapasiteli ve 1 g hassasiyetli terazi.

Mezür: 200 ml'lik ml ölçekli mezur.

Mikser: Plastik kıvamdaki çimento harcını karıştırabilecek bir mikser.

Harç çubuk kalıpları: 25x25 mm kesitli 250-300 mm uzunluklu (tercihen 285 mm), uçlarında 6 mm çaplı, 20 mm uzunluklu ölçme pimleri monte edilebilen nitelikte olmalıdır.

Sarsma tablası: Kalıba dökülen betonu yerleştirecek bir sarsma tablası.

Referans ölçme çubuğu: Boy ölçüm cihazının kalibrasyonu için gerekli olan ve her ölçüm öncesinde ve sonrasında ölçme cihazının doğru ölçme yaptığını saptamak için kullanılacak olan bu çubuk yaklaşık numune boylarında olmalıdır.

Alkali tankı: 80 °C sıcaklıktaki 1 Normal NaOH çözeltisine karşı (sıcaklık ve korozyona karşı) uzun süre dayanıklı olan kap kullanılmalıdır. Bu kap, harç çubuklarının birbirine temas etmeyecek ve tamamen NaOH çözeltisine daldırılmış şekilde ve çözeltinin buharlaşmayıp normalitesinin değişmesine engel olacak şekilde sızdırmaz ve sıkı bir şekilde kapatılabilen nitelikte olmalıdır. Eğer numuneler düşey konumda tutulacaksa numune uçlarındaki çelik ölçme pimleri kaba temas etmemelidir.

Konkasör ve / veya öğütücü: İstenilen boyutta malzeme temin edebilecek şekilde ayarlanabilen laboratuvar tipi kırıcı ve/veya öğütücü.

Saf su banyosu cihazı: İçerisine konan saf suyu 80 °C sıcaklığa çıkarabilen ve bu sıcaklıkta suyun sıcaklığını sabit tutabilen cihaz (sıcaklık ve korozyona karşı dayanıklı).

Ölçüm ünitesi: 0.002 mm hassasiyeti olan komparatör.

➤ **Kullanılan malzeme ve kimyasallar**

1 Normal NaOH çözeltisi: 1 Litre NaOH çözeltisi; 40 gr NaOH, 900 ml saf su içinde çözüldükten sonra, çözeltiliye saf su ilave edilerek 1000 ml'ye tamamlanarak elde edilmiştir.

Tarsus-Pozantı otoyolundan alınmış örnek agregada.

Çimento: $\text{Na}_2\text{O}+0,658.\text{K}_2\text{O}$ ilişkisi ile hesaplanan sodyum oksit eşdeğeri %'si $0,9\pm 0,1$ olan standarda uygun çimento.

Sıcak karışım binder ve aşınma tabakalarında kullanılabilecek kalitede kalker. Ancak harç çubukları dökülerek 14 günlük genleşme değerlerinin % 0.005'ten küçük olduğu kontrol edilmelidir.

Saf su.

➤ **Deneyin yapılışı**

Kaçış rampasından alınan agrega numunesinden deney için yetecek miktarda alınmış, konkasörde kırılıp öğütücü değirmende öğütülerek 5-0,160 mm arası malzeme elde edilmiştir. 5 mm, 2,5 mm, 1,25 mm, 0,63 mm, 0,315 mm, 0,160 mm eleklerden elenmiştir. Elekler üzerinde kalan malzeme yıkanmış ve kurutulmuştur. Her elek üstü malzemeler ayrı ayrı torbalanmıştır.

Kaçış rampasından alınan agreganın hangi oranlarda zararsız olduğunu belirleyebilmek için farklı oranlarda çalışmalar yapılmıştır.

Birinci Grup: % 100 orijinal ocak malzemesi.

İkinci Grup: % 60 orijinal ocak malzemesi ve % 40 zararsız olduğu bilinen agrega örneği.

Üçüncü Grup: % 45 orijinal ocak malzemesi ve % 55 zararsız olduğu bilinen agrega örneği.

Dördüncü Grup: % 30 orijinal ocak malzemesi ve % 70 zararsız olduğu bilinen agrega örneği.

Beşinci Grup: % 15 orijinal ocak malzemesi ve % 85 zararsız olduğu bilinen agrega örneği.

Her bir grup için 25x25x285 mm boyutlarında 3 adet harç çubuğu dökülmüştür.

Kalıplama odası sıcaklığı 20 °C'den düşük, 26 °C'den fazla, odanın nemi de % 50'den az olmamasına dikkat edilmiştir.

Karışım suyu, kalıplama odası, kür odasının sıcaklığı (23±2) °C'de tutulmuştur.

Mikserde karıştırılan harç numunesi kalıplara iki tabaka halinde dökülmüş ve her tabaka sıkıştırılmıştır. Karıştırma işlemini takiben 2 dak 15 sn içerisinde kalıba yerleştirme işlemi tamamlanmıştır.

Kalıplara yerleştirilen harç numuneleri (24±2) saat kür odasında bekletilmiştir. Bu süre sonunda kalıplardan çıkarılan harç çubukları numaralandırılmış, kumpas ve 0,002 hassasiyeti olan komparatörle ilk okumaları yapıldıktan sonra su banyosuna konulmuştur.

Harç çubukları (80±2) °C saf su bulunan su banyosunda (24±2) saat bekletilmiştir. Bu süre sonunda su banyosundan çıkarılan harç çubuklarının (15±5) sn içinde sıfır okumaları aynı hassasiyetle okunarak içinde (80±2) °C’ de 1 Normal NaOH çözeltisi bulunan alkali tankına konulmuştur. Alkali tankında bekletilen harç çubuklarının periyodik olarak 3 gün, 7 gün ve 14 gün sonunda okumaları alınmıştır. Bu okuma değerleri ile sıfır okuma değeri kıyaslanarak % genleşme değerleri hesaplanmıştır. Deney süresince Alkali Tankındaki 1Normal NaOH çözeltisinin normalitesi kontrol edilmiştir.

➤ **Hesapların ve sonuçların gösterilmesi**

Harç çubuklarının uzama miktarı (G) aşağıdaki eşitlikte % olarak hesaplanmıştır:

$$G = [(L_{3, 7, 14}) - L_0] / L_i \quad (4.3.)$$

Burada;

L_{3, 7, 14} : Alkali tankında 80±2 °C’de, 1 Normal NaOH içersinde bekletilen harç çubuklarının 3., 7. ve 14. günde okunan uzama değerleri.

L₀ : (80±2) °C saf su bulunan, su banyosunda (24±2) saat bekletildikten sonra okunan harç çubuklarının uzama değeri, sıfır okuma.

L_i : Kalıptan çıkarılan harç çubuklarının ilk okuma değerleri.

Agreganın uzama yüzdesi, üç sonucun ortalama değeri olarak % 0,001 doğrulukla verilmiştir.

➤ **NaOH çözeltisinin normalitesinin ölçülmesi**

Büret içine 5N HCl konulmuş ve ilk hacim değeri kaydedilmiştir.

Alkali tankından 20 ml NaOH çözeltisi behere alınmıştır. Behere konan 20 ml NaOH çözeltisinin üzerine pembeleşene kadar birkaç damla fenolftalin dökülmüştür. Büretin vanası açılarak 5N HCl asit, 20 ml’lik fenolftalin katılmış NaOH çözeltisi üzerine azar azar katılmıştır. Bu sırada çözelti hızlı bir şekilde çalkalanmıştır. Çözeltinin rengi pembeden beyaza döndüğü an vana kapatılmış ve bürette titrasyon için harcanan HCl miktarı büret üzerinden ikinci hacim değeri olarak okunmuştur. Eğer büretteki hacim azalması 4 ml ise NaOH çözeltimizin normalitesi 1’dir. Bu değer deney standardı olarak kullanılmıştır. Aksi halde azalma miktarının 4 ml’den az ya da fazla olması durumunda NaOH çözeltimizin normalitesi 1 değildir. Çözelti 1 Normal durumuna getirmek için aşağıdaki eşitlikten yararlanılmış ve NaOH çözeltisinin normalitesi hesaplanmıştır.

$$N1 * V1 = N2 * V2$$

(4.4.)

Burada;

N1 : 5

V1 : Büretten okunan ml cinsinden eksilen hacim miktarı.

N2 : NaOH çözeltisinin normalitesi.

V2 : 20 ml

➤ **Grafik yorumlama**

1 No'lu Bölge; ZARARSIZ Agregalar; Alkali Agrega Reaktivitesi bakımından zararsız sayılırlar.

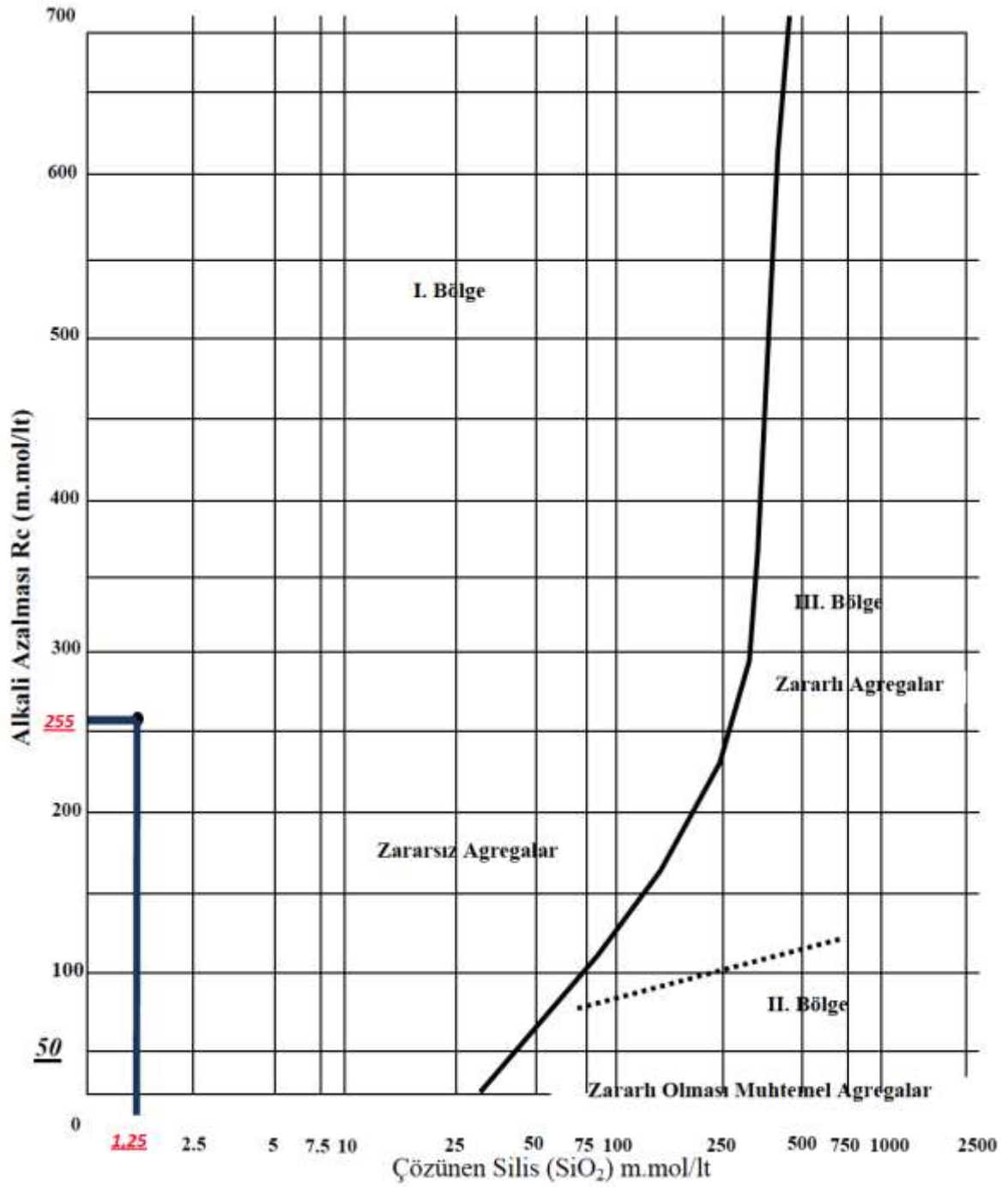
2 No'lu Bölge; ZARARLI OLMASI MUHTEMEL Agregalar; Zararlı etki yapan mineralleri ihtiva etmekle beraber, mortar-bar deneyinde ölçülen şişme değeri zararlı sınırın altında kalabilir.

3 No'lu Bölge; ZARARLI Agregalar; Alkali Agrega reaktivitesi bakımından zararlı sayılırlar.

TS 2517 Kasım 2010'a uygun olarak hazırlanan deney numunesi üzerinde gerçekleştirilen deney sonucu bulunan alkali azalması ve çözünen silis değerleri Çizelge 4.6.'da verilmiştir ve Çizelge 4.7. üzerinde gösterilmiştir. Cenap Erol Mad. İnş. Tic. Ltd Şti.'ne ait örneğinin TS 2517'ye göre alkali-silis reaktivitesi **1. bölgede, Zararsız Agregalar** bölgesinde tespit edilmiştir. İncelenen örneğin kullanılabilir agrega özelliği gösterdiği anlaşılmıştır.

Çizelge 4.6. Numunenin alkali azalması ve çözünen silis değeri

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



Şekil 4.2. Numunenin alkali azalması ve çözünen silis değer grafiği

4.4. Organik Madde Tayini Deneyi

Bu deney agregaların humus muhtevası yönünden değerlendirilmesi amacıyla yapılır.

➤ Humus muhtevasının tayini için gerekli Reaktifler ve Cihazlar

Sadece analitik saflıktaki reaktifler ve damıtık su veya buna eşdeğer saflıkta su kullanılmıştır.

Sodyum hidroksit çözeltisi: % 3'lük NaOH çözeltisi, 30 g sodyum hidroksit peletleri suda çözülerek elde edilmiş, oda sıcaklığına soğutulmuş ve ölçülü bir balonda 1 litreye seyreltilmiştir.

Standard renk çözeltisi: 45 g $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ve 5,50 g $CoCl_2 \cdot 6H_2O$, 279,5 g su içinde, 1 mL derişik HCl ile çözülerek hazırlanmıştır. Bu çözelti bir cam şişede saklanabilir ve en azından 2 hafta bozulmadan kalabilir.

Elek: 4 mm göz açıklıklı elek kullanılmıştır.

Silindirik cam şişe.

➤ **Humus muhtevasının tayini**

Humus, hayvansal ve bitkisel atıkların toprakta çürümesiyle oluşmuş organik bir maddedir. Humus muhtevası, bir deney numunesi parçası sodyum hidroksit çözeltisinde çalkalandığında oluşan renkten tayin edilir.

Metodda, humusun NaOH ile reaksiyona girmesiyle gelişen koyu renk esas alınır. Rengin yoğunluğu humus muhtevasına bağlıdır. Çözeltide hiç ya da çok hafif renklenme varsa, agrega kayda değer miktarda humus ihtiva etmiyordur. Güçlü bir renk değişimi, genellikle humus muhtevasının yüksek olmasından kaynaklanır.

Kaçış rampasından alınan agrega örneği, TS EN 932-1'de belirtilen işlemlere göre alınmıştır.

➤ **Deney numunesinin hazırlanması**

TS EN 932-2'de belirtilen işlemlere göre alınan laboratuvar numunesi Çizelge 4.7.'e göre agrega büyüklüğü için verilen değerlerden daha az olmayacak miktara azaltılmıştır.

Çizelge 4.7. Başlangıçtaki alt numunenin minimum kütlesi

Agreganın Maksimum Dane Büyüklüğü (mm)	Alt Numunenin Minimum Kütlesi (kg)
63	50
45	35
22,4	15
Daha Küçük	5

Tepsiye yayılan alt numune etüvde (110 ± 5) °C yerine (55 ± 5) °C'da kurutulmuştur. Numune 4 mm göz açıklı elekten elenmiş ve elek üstünde kalan kısım alınarak, eleğin altına geçecek şekilde kırılmış ve elek altına geçen önceki malzemeye birleştirilmiştir.

➤ Deneyin yapılışı

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 çalkalanmış, şişenin tapası kapatılmış ve 1 dakika kuvvetlice çalkalanmış ve beklemeye bırakılmıştır. 24 saat sonra, benzer şişeye de bulunan standart renk çözeltisi ile çözeltinin rengi mukayese edilmiştir.

➤ Deney sonuçlarının gösterilmesi

Deney sonucu, çözeltinin renginin standart renkten açık veya koyu olması şeklinde belirtilir. TS EN 1744-1:2009+A1:2013'e uygun olarak gerçekleştirilen deney sonucunda bulunan Organik Madde Miktarı Çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Analiz edilen numunelerin organik madde miktarı.

Özellik	0-40 mm Boyutlu Agrega
Organik Madde	YOK

4.5. Kimyasal İçerik Tayini Yöntemi (XRF Yöntemi)

Deney numunesi numunesi çeneli kırıcı ve agat havan yardımıyla öğütüldükten sonra 125 mikronun altına elenerek kimyasal analize hazır hale getirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.9.'da görülmektedir.

Çizelge 4.9. Numunenin yüzde kimyasal içeriği

Fe₂O₃	CaO	SiO₂	K₂O	NiO
10,54	35,37	33,60	1,053	0,090
CuO	TiO₂	MgO	V₂O₅	MnO
0,037	0,646	6,40	0,046	0,20
Cr₂O₃	Al₂O₃	SrO	BaO	In₂O₃
0,092	9,46	0,17	0,29	1,60
SO₃	ZnO	GeO₂	Eu₂O₃	HgO
0,27	0,042	0,027	0,04	0,02

4.6. Los Angeles Deneyi

Direnç tayini metotları, yapı ve inşaat mühendisliğinde kullanılan yapay ve tabii agregalara uygulanır. Kütlesi bilinen agrega numunesi, tamburda çelik bilyalar ile birlikte döndürülür. Döndürme işleminden sonra 1,6 mm açıklıklı elekte kalan malzemenin miktarı belirlenir.

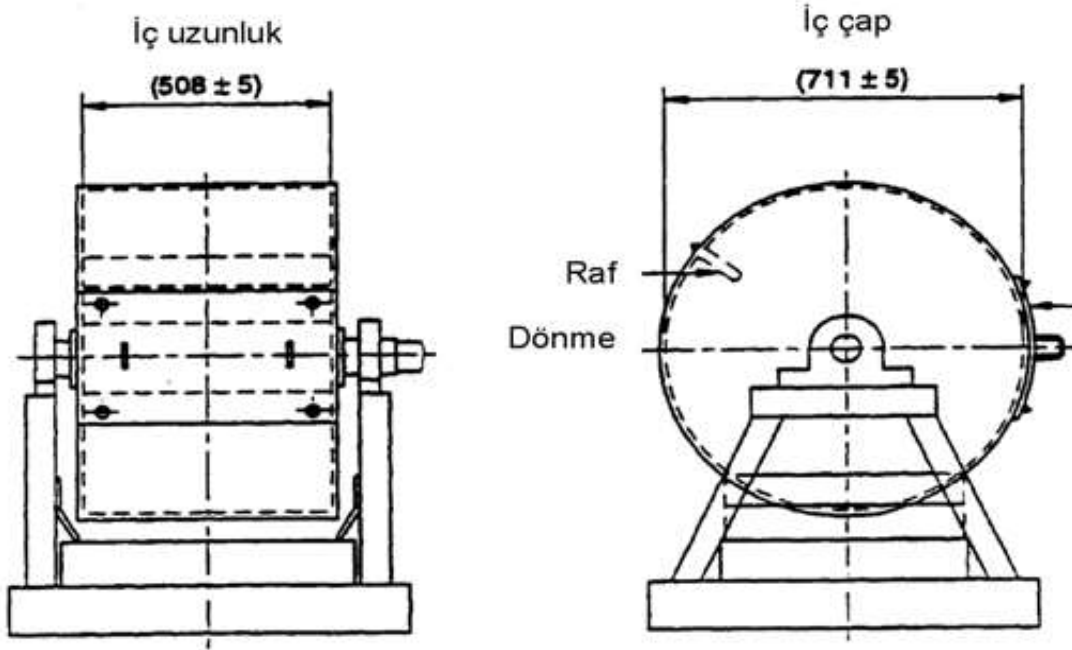
➤ **Deney aletleri**

Terazi: Deney kısmının kütlesini % 0,1 doğrulukla tartabilmelidir.

Hava dolaşımli etüv: (110±5) °C sıcaklığı sağlayabilmelidir.

Deney elekleri: 1,6-10-11,2-14 mm göz açıklıklarına sahip olmalıdır.

Los Angeles deney cihazı: 31 ile 33 devir/dakika arasında dönme hızına sahip aşındırma yapabilmelidir.



Resim 4.2. Los Angeles deney aleti [7]

Tambur: 12 mm kalınlıklı çelik levhadan şekillendirilmiş her iki ucu kapalı olmalıdır. İç çapı (711 ± 5) mm, iç uzunluğu (508 ± 5) mm ve tambur uzunluğu boyunca (150 ± 3) mm genişliğinde bir açıklık olmalıdır. Bu açıklık deney sırasında tozu sızdırmayacak şekilde uygun bir kapakla kapatılmalıdır. Tambur, tamburun içine girmeyecek şekilde her iki kenarına tutturulmuş paralel destekler üzerine yerleştirilmeli veyatay bir eksenle dönecek şekilde monte edilmelidir. Uzunluğu tamburun uzunluğunda, genişliği (90 ± 2) mm, kalınlığı (25 ± 1) mm dikdörtgen kesitli raf tambura sabitlenmelidir (Resim 4.2.).

Bilyeler: Her biri 45 mm ile 49 mm arasında çapa sahip 11 adet küresel çelikten oluşur. Ağırlıkları 400 g ile 445 g kütleye sahip ve toplam yük 4690 g ile 4860 g arasındadır.

Motor: Tambura 31 ile 33 devir/dakika arasında dönme hızı uygulamalıdır.

Tepsi: Tamburun genişliğinde, tamburun altında, deneyden sonra malzeme ve bilya yükünü toplamalıdır.

Devir sayacı: Gerekli devir sayısından sonra motoru otomatik olarak durdurabilmelidir.

İlave kaplar: Paslanmaz çelikten imal edilmiş deney numunesini üzerindentaşıyabilen, korozyona dayanıklı ve deforme olmamalıdır.

➤ **Deney aletlerinin kullanıldığı işler**

Terazi: Sabit kütleyle kurutma işleminde, numunenin deney öncesi ve sonrası ağırlığının bulunmasında kullanılmıştır.

Hava dolaşımli etüv: Laboratuvar numunesinin 10 mm, 11,2 mm ve 14 mm'lik deney elekleriyle elenmesinden sonra ve deney sonrası 1,6 mm'lik elek üstünde kalan malzemenin yıkandıktan sonra sabit kütleyle kurutulmasında kullanılmıştır.

Deney elekleri: Laboratuvar numunesinin 10 mm, 11,2 mm ve 14 mm'lik eleklerle elenmesi işleminde, deneyden sonra tepsideki malzemenin 1,6 mm'lik eleklerle elenerek, yıkanmasında kullanılmıştır.

Los Angeles deney cihazı: 5000 g deney numunesinin bilya yüküyle birlikte içine konularak 31–33 devir/dakika arası sabit bir hızla 500 devir döndürülerek malzemeyi aşındırma işleminde kullanılmıştır.

İlave kaplar: Deney numunesinin etüvde kurutulması ve suda bekletme işlemlerinde kullanılmıştır.

➤ **Deney numunesinin hazırlanması**

Kaçış rampasından alınan örnek içinden 5000 g alınmış, 10 mm, 11,2 mm ve 14mm açıklıklı eleklerle elenmiş, ayrı kaplara konularak yıkanmış, sabit kütleyle kurutulmuş ve karıştırılmıştır. Bu işlemlerden sonra azaltılarak deney numunesi oluşturulmuştur. Deney, 14 mm deney eleğinden geçen ve 10 mm deney eleğinde kalan agregalara uygulanmıştır. Deney kısmının dane büyüklüğü dağılımı aşağıdaki şartlardan birine uygun olmalıdır; 11,2 mm deney eleğinden geçen agrega miktarı, % 30 ile % 40 arasında olmalıdır. Çizelge 4.10.'da değişik aralık sınıfları için kullanılacak bilye yükleri verilmiştir.

Çizelge 4.10. Alternatif aralık sınıfları

Aralık Sınıfları (mm)	Bilye Sayısı	Bilye Kütlesi (g)
4-8	8	3410-3540
6,3-10	9	3840-3980
8-12	10	4260-4420
11,2-16	12	5120-5300

➤ **Numune özellikleri**

Alınan örnek, 14 mm'den geçen ve 10 mm'nin üstünde kalan fraksiyonları elde etmek için 10 mm, 11,2 mm ve 14 mm'lik deney elekleriyle elenmiştir. Elenmiş numuneler TS 3530 EN 933-1 standardına uygun olarak yıkanmıştır ve sabit kütleye ulaşınca kadar $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 'de etüvde kurutulmuştur.

➤ **Deneyin yapılışı**

10-14 mm arasındaki 5000 g deney numunesi için 11 adet bilye yükü kullanılmıştır. Numuneyi yüklemeyi önce tamburun temiz olup olmadığı kontrol edilmiştir. Makineye önce dikkatlice bilyeler, sonra agrega konulmuştur. Makinenin devri, 31 devir/dakika ile 33 devir/dakika arasında olmalıdır. Sabit hızda 500 devir döndürülmüştür. Tamburun kapağını kapatıp vidalarını sıktıktan sonra Numaratör 500 devire ayarlanmıştır. Agrega kaybını önlemek için tamburun kapak kısmını aşağıya doğru çevirerek açıklık tepsinin tam üstüne getirilmiş ve agregaları bilyelerle birlikte tepsiye dökülmüştür. Deney numunesi bir kaba yerleştirilmiş ve üzeri ötülmeye kadar su ilave edilmiştir. Yeterli şiddette çalkalanarak ince danelerin tamamen ayrılmasını sağlanmıştır. Islanan numuneyi 1,6 mm göz açıklıklı (12 no'lu) elek üzerine dökülmüştür. Deney eleğinden geçen su tamamen berraklaşınca kadar yıkanmıştır. 1,6 mm'lik eleğin üzerinde kalan agregayı 1'er saatlik aralıklarla tartarak kütle farkı $\pm 0,1$ toleransla sabit oluncaya kadar $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 'da etüvde kurutulmuştur.

➤ **Hesapların ve sonuçların gösterilmesi**

Los Angeles katsayısı aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır:

$$\mathbf{LA = (5000 - m) / 50} \quad \mathbf{(4.5.)}$$

Burada;

m: 1,6 mm'lik elek üzerinde kalan fraksiyonun gram cinsinden kütesidir. Sonuç, en yakın tamsayıya yuvarlatılarak verilmiştir.

TS EN 1097-2 Nisan 2000'e göre uygulanan Los Angeles Aşınma Kaybı sonuçları Çizelge 4.11.'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Numunenin Los Angeles aşınma kaybı miktarı

Los Angeles Aşınma Kaybı	500 Devir	% 20,40
-14 + 12,5 mm2500 gr -12,5 + 10 mm.....2500 gr	Toplam 5000 g	LA = (5000-m)/ 50 m = 3980 g

Elekten geçen miktar ne kadar az, başka bir deyişle LA ne kadar küçük ise agreganın aşınmaya karşı o kadar büyük bir mukavemeti vardır ve böyle bir agrega ayrıca yol betonu yapımına o kadar elverişlidir. Genellikle yassı ve uzun daneli agregaların kayıp yüzdesi, yuvarlak daneli agregalarınkinden daha büyük olur. Los Angeles deneyinde 500 devir sonunda en fazla kayıp % 40'ı geçmemelidir. Deneyin sonucunda kayıp % 40'ı geçmemiştir. Bu sonuç agreganın aşınmaya karşı dayanımlı olduğunu gösterir.

4.7. İri Agreganın Su Emme Oranı Tayini

Deney, iri agrega danelerinde bulunan boşlukların oranının ve kuru yüzey, doygun konuma gelinceye kadar emdiği su miktarının bulunması için yapılır.

➤ Deneyde kullanılan aletler

Arşimet terazisi: 20 kg çekerli, 1 g duyarlı olmalıdır. Su içinde de tartım yapabilmelidir.

Kafes örgülü sepet: 4 mm göz açıklıklı elek telinden yapılmış bir sepettir. Tel sepeti içine alabilecek büyüklükte kova olmalıdır.

Havlu veya benzeri kurutma bezleri.

Etüv: 105-5 °C.

➤ Deneyin yapılışı

Alınan numune su içinde 24 saat bekletilmiştir. İnce daneleri kaybolmayacak şekilde suyu süzülerek tava içine yayılmıştır. Tavadaki numune daneleri üzerinde görülebilen su tabakası kalmayınca kadar havlu vb. ile DKY haline getirilmek için kurutulmuştur. DKY haline getirilmiş numune tartılmış ve DKY ağırlığı olarak kaydedilmiştir (**M2**). Daha sonra numune kafes örgülü tel sepete konarak su dolu kovanın içine su yüzeyinden en az 5 cm daha aşağıda kalacak şekilde daldırılmıştır. Numune su yüzüne çıkarılmadan kovanın içinde en az 10 defa serbestçe kaldırılıp indirilmiş, sağa sola sallanarak daneler arasında kalabilecek hava kabarcıkları çıkartılmıştır. Numune sepetinin, kova kenarına dokunmamasına dikkat edilmiştir. Özel bir düzenle terazi kefesinin ortasına yerleştirilmiş

ve doygun malzemenin sudaki ağırlığı bulunmuştur (**M3**). Numune sudan çıkarılmış ve etüv kurusu haline getirilmiştir. Daha sonra numune oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulmuş ve numunenin havadaki kuru ağırlığı belirlenmiştir (**M1**).

İri agreganın kuru birim hacim ağırlığı, DKY birim hacim ağırlığı, görünen birim hacim ağırlığı ve su emme oranı aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanmıştır:

İri agreganın kuru özgül ağırlığı:

$$k = M1 / (M2 - M3) \quad (4.6.)$$

İri agreganın DKY özgül ağırlığı:

$$d = M2 / (M2 - M3) \quad (4.7.)$$

İri agreganın görünen özgül ağırlığı:

$$ig = M1 / (M1 - M3) \quad (4.8.)$$

İri agreganın su emme oranı:

$$M = [(M2 - M1) / M1] * 100 \quad (4.9.)$$

Burada;

- M** : İri agreganın su emme oranı (%),
- M1** : Numunenin etüv kurusu ağırlığı (g),
- M2** : Numunenin DKY durumdaki ağırlığı (g),
- M3** : Numunenin sudaki ağırlığı (g).

➤ **Özgül ağırlığa etki eden faktörler**

Agreganın iç yapısında bulunan boşlukların miktarı ve bu boşlukların dış yüzeyle bağlantısı agreganın birim hacim ağırlığını etkiler. Agregada boşlukların fazla olması agreganın donma ve çevre etkilerine karşı dayanıklılığını azaltır. TS 699'a uygun olarak hazırlanan numuneler üzerinde gerçekleştirilen deney sonucu Çizelge 4.12.'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Numunenin ağırlıkça su emme oranı değerleri

Numune Adı	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)
1	1,58
2	1,56
3	1,50
4	1,56
5	1,55
Ortalama	1,55

4.8. Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık Testi

Bu deneyde kaya örneğinin 2 standart çevrim süresince kurumaya ve ıslanmaya bırakılması durumunda ve zayıflamaya karşı gösterdiği duraylılığın belirlenmesi amaçlanır (Resim 4.3.). Aşağıda verilen deney yöntemi için ISRM (2007)'nin önerdiği yöntem esas alınmıştır.

➤ Deney aletleri

Tambur: Sabitleştirilmiş sert tabanlı, 140 mm çapında, uçları kapatılmamış, 100 mm uzunluğunda, 2mm standart açıklığa sahip elek tamburu, tambur 105 °C sıcaklığa dayanıklı olup ayrılabilir bir kapağı vardır. Deney tamburu, eksenin 20 mm alt seviyesine kadar su alabilecek ve serbestçe dönebilecek bir yatay mille desteklenmiştir. Tamburun içine konulduğu saydam fiber haznenin tabanı ile tambur arasında, tamburun yerleştirme işleminden sonra 40 mm'lik bir açıklık kalmaktadır. Tamburun dakikada 20 devir yapmasını sağlayabilen motor 10 dakikalık çevrim süresince dönme hızını % ±5'lik sınır içinde sabit tutabilmektedir.

Fırın: (105±30) °C kapasiteli.

Kap veya tepsi: Kurutma aşamasında numunenin tamburun içinde tutulmasına gerek görülmediği durumlarda kullanılır ve ağırlığı tartılmalıdır.

Hassas terazi: 0,1 g duyarlılıkta olmalıdır.

Kronometre veya saat.



Resim 4.3. Suda dağılmaya karşı duraylılık testi deney aleti

➤ **Deneyin yapılışı**

Kaçış rampasının iki tarafından aldığımız numuneler üzerinde bu deney yapılmıştır. Deney yapılan ilk numune araçların saplandığı kısımdan alınmıştır. 2. numune ise rampanın üst kısmı yani araçların geçmediği kısımdan alınmıştır. Her iki numuneden alınan agregalar mümkün olduğunca küresele yakın şekilde olmasına dikkat edilmiş, olmayanlar ise yuvarlaklaştırılmıştır.

Numune deney öncesi temiz bir tambura yerleştirildikten sonra fırına konulmuş ve 105 °C'lik sabit bir sıcaklıkta 12 saat kurumaya bırakılmıştır. Kuruma sonunda tambur içindeki numuneyle birlikte tartılmış ve numune soğutulduktan sonra deneye başlanmıştır. Tamburlar kapaklarıyla birlikte tartılmıştır.

Tambur, şeffaf hazne içine yerleştirildikten sonra hazne üzerindeki kırmızı işaretli yere kadar sıcaklığı 20 °C olan su ile doldurulmuştur. Bu işaret suyun tamburun ekseninin 20 mm altına kadar doldurulmasını ayarlamak için konulmuştur. Tamburun dakikada 20 devir yapmasını sağlayabilen motor, 10 dakika süre ile döndürülmüştür. 10 dakika sonunda tambur haznedan alınarak kapağıyla ve içindeki numuneyle birlikte tekrar fırına konularak 105 °C, 12 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır. Kuruma sonunda tambur ve numune birlikte tartılmış ve çıkan değer kaydedilmiştir.

Bu aşamalar 1 defa daha tekrarlanmış ve 2 çevrim sonunda tambur numuneyle birlikte tartılmış ve çıkan değer kaydedilmiştir.

➤ **Kaçış rampasında araçların sürekli kullandığı kısımdan alınan numunenin indeks hesapları ve sonuçlarının gösterilmesi**

A = Boş tambur + Kapak + Kuru numune

B = 1. Çevrim sonunda kurutulmuş numune + Kapak + Tambur

D = Kapak + Tambur

C = 2. Çevrim sonunda kurutulmuş numune + Kapak + Tambur

I_{d1} = 1. Çevrim sonu suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi (%)

$$I_{d1} = (B - D) / (A - D) * 100 \quad (4.10.)$$

I_{d2} = 2. Çevrim sonu suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi (%)

$$I_{d2} = (C - D) / (A - D) * 100 \quad (4.11.)$$

1. Tamburun toplam ağırlığı (A)

$$W_{BOŞ} + W_{KAPAK} = 1812,16 \text{ g}$$

$$W_{NUMUNE} = 258,57 \text{ g}$$

$$W_{TOPLAM} = 2070,73 \text{ g}$$

2. Tamburun toplam ağırlığı (A)

$$W_{BOŞ} + W_{KAPAK} = 1780,17 \text{ g}$$

$$W_{NUMUNE} = 259,39 \text{ g}$$

$$W_{TOPLAM} = 2039,56 \text{ g (A)}$$

1. Çevrim sonu ağırlıklar (B)

$$1. \text{ TAMBUR} = 2070,03 \text{ g}$$

$$2. \text{ TAMBUR} = 2038,76 \text{ g}$$

2. Çevrim sonu ağırlıklar (C)

$$1. \text{ TAMBUR} = 2069,90 \text{ g}$$

$$2. \text{ TAMBUR} = 2038,64 \text{ g}$$

1. Tamburun 1. Çevrim Sonu Duraylılık İndeksi: I_{d1} = % 99,72

2. Tamburun 1. Çevrim Sonu Duraylılık İndeksi: I_{d1} = % 99,69

1. Tamburun 2. Çevrim Sonu Duraylılık İndeksi: I_{d2} = % 99,67

2. Tamburun 2. Çevrim Sonu Duraylılık İndeksi: I_{d2} = % 99,64

➤ Kaçış rampasında araçların geçmediği üst kısmından alınan numunenin indeks hesapları ve sonuçlarının gösterilmesi

1. Tamburun toplam ağırlığı (A)

$$W_{BOŞ} + W_{KAPAK} = 1812,16 \text{ g}$$

$$W_{NUMUNE} = 310,89 \text{ g}$$

$$W_{TOPLAM} = 2123,05 \text{ g}$$

2. Tamburun toplam ağırlığı (A)

$$W_{BOŞ} + W_{KAPAK} = 1780,17 \text{ g}$$

$$W_{NUMUNE} = 233,72 \text{ g}$$

$$W_{TOPLAM} = 2013,72 \text{ g}$$

1. Çevrim sonu ağırlıklar (B)

1. TAMBUR= 2121,54 g

2. TAMBUR= 2012,56 g

2. Çevrim sonu ağırlıklar (C)

1. TAMBUR= 2120,77 g

2. TAMBUR= 2011,95 g

1. Tamburun 1. Çevrim Sonu Duraylılık İndeksi: $I_{d1} = \% 99,51$

2. Tamburun 1. Çevrim Sonu Duraylılık İndeksi: $I_{d1} = \% 99,43$

1. Tamburun 2. Çevrim Sonu Duraylılık İndeksi: $I_{d2} = \% 99,26$

2. Tamburun 2. Çevrim Sonu Duraylılık İndeksi: $I_{d2} = \% 99,16$

Kaya malzemesi duraylılık sınıflandırılmasında I_{d2} kullanılır.

Çizelge 4.13. 2. Çevrimden sonra tamburda kalan kaya örneklerinin görsel tanımı (Franklin & Chandra, 1972)

TİP	TANIM
I	Neredeyse değişmeden geriye kalan parçalar
II	İri ve Ufak parçalardan meydana gelenler
III	Sadece küçük parçalardan oluşanlar

Çizelge 4.14. Duraylılık indeksine göre sınıflandırma (Franklin & Chandra, 1972)

Duraylılık Sınıfı	Çok Düşük	Düşük	Orta	Orta-Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek
I_{d2} (%)	< 30	30 - 60	60 - 85	85 - 95	95 - 98	> 98

Kaçış rampasının her iki tarafından alınan numuneler % 99 üzerinde olduğu için duraylılık sınıflandırılmasında ‘Çok Yüksek’sınıfında yer almaktadır (Çizelge 4.14.). İkinci çevrimden sonra tamburda, deneye tabii tutulan örneklerin parçalanmadan kaldığı gözlemlenmiş ve görsel tanıma göre ‘Tip I’ sınıfında olduğuna karar verilmiştir (Çizelge 4.13.).



BEŞİNCİ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMALAR

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMALAR

Magnezyum sülfat deneyi malzemenin donma-çözünme sonucu oluşan malzemenin miktarındaki kaybını ölçmek için yapılır. Agregada içerisindeki boşlukların su ve magnezyum sülfat etkisiyle kristalize olur ve malzeme zarar görür. Tarsus-Pozantı kaçış rampasından alınan numune üzerinde yapılan bu deneyde kayıp miktarı % 7,4 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.2.). Bu değer TS 706 EN 12620'ye göre % 18'den küçük olduğu için kullanılan malzemenin uygun olduğu anlaşılmaktadır.

Kaçış rampalarının yüzeyinde kış aylarında buzlanma olması çok tehlikelidir. Aracın agregada havuzuna saplanması zorlaşır ve yukarı eğimli rampalarda araç geriye doğru sürüklenir sabit kalmaz. Bu sebepten dolayı drenajı yüksek yüzeyi buzlanmayan agregaların kullanılması istenir. İri agregaların drenajı yüksektir ve buzlanma meydana gelmez. Tarsus-Pozantı kaçış rampasından alınan örnekler üzerinde yapılan elek analizi deney sonuçlarına göre agregada GP (kötü derecelenmiş çakıl) sınıfında çıkmış olup, dane şekilleri yuvarlak-yarıyuvarlak arasındadır. Dane boyu dağılımının büyük bir kısmı 16-35 mm aralığında ve üniform olduğu yani maksimum dane büyüklüğünün 35 mm olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1.). Yapılan literatür araştırmasında örneğin Rogers (2006) agregalar üzerindeki çalışmada kaçış rampaları için maksimum 38 mm'nin uygun olduğunu belirtmiştir. Ayrıca Beecroft (1978) kaçış rampalarının araçları daha kısa sürede yavaşlatması için kullandığı tümseklerde 38 mm civarındaki büyüklükte agregaları kullanmıştır. Çalışmada yapılan elek analizi deney sonuçlarına göre, çalışma konusunu oluşturan Tarsus-Pozantı otoyolundaki kaçış rampalarında kullanılan agreganın dane boyu dağılımının uygun olduğu görülmektedir.

Reaktif silika veya reaktif karbonat içeren bazı agregalar zamanla alkalilerle reaksiyona girebilmekte ve çok büyük genleşmelere neden olmaktadır. Reaktif silika içeren agregalarla alkaliler arasındaki reaksiyona alkali-silika reaksiyonu denilmektedir. Bu reaksiyon sonucunda agregada 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. Yapılan analizler sonucunda alkali-silika reaksiyonunun düşük olduğu ve 1. Bölgede zararsız agregalar sınıfında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.2.).

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 yapılan organik madde tayininde organik madde içeriğinin olmadığı tespit edilmiş olup kullanılması uygundur (Çizelge 4.8.).

XRF analizi'nde (kimyasal içerik tayini) ise malzemede silisyum ve kalsiyumun yüksek olduğu tespit edilmiştir. Saf haldeki silisyum elementi sert kristal yapılıdır. MOHS sertlik skalasına göre sertliği 7 olup, dayanımı yüksektir. Ayrıca sağlam beton yapılması için de katkı malzemesi olarak kullanılır. Kalsiyum ise yeryüzünde en fazla bulunan elementlerden biridir. MOHS sertlik skalasına göre sertliği 3-4 civarında olup, dayanımı orta düzeydedir diyebiliriz. Bu sonuçlara göre kimyasal içerik açısından da agreganın uygun olduğu gözükmemektedir (Çizelge 4.9.).

Los Angeles deneyi agregaların aşınma direncini ölçen bir deneydir. TS EN 1097-2 'ye göre aşınma miktarı % 40'ı geçmemelidir. Tarsus-Pozantı kaçış rampasından alınan numuneler üzerinde yapılan aşınma deneyinde % 20,40 aşınma kaybı elde edilmiştir (Çizelge 4.11.). Bu değer malzemenin TS EN 1097-2'ye göre uygun olduğunu göstermektedir.

Agregayı oluşturan danelerin iç yapısında bulunan boşlukların miktarı ve bu boşlukların dış yüzeyle bağlantısı agreganın su emme miktarını ve birim hacim ağırlığını etkiler. Agreganın suya doymuş ağırlığı ile kuru ağırlığı arasındaki farkın kuru ağırlığına oranının yüzde olarak değeri malzemenin ağırlıkça su emmesi olarak tanımlanır. Agregada boşlukların fazla olması agreganın su emme özelliğini arttırırken donma ve çevre etkilerine karşı dayanıklılığını azaltır. Tarsus-Pozantı kaçış rampasından alınan örneklerin ağırlıkça su emmesi ortalama % 1,55 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.12.). Rogers (2007) 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 gözükmemektedir.

Suda dağılmaya karşı duraylılık testi ise malzemenin sulu ortamdaki aşınma miktarını bulmak için yapılır. Yapılan analizlerde suda yıpranma indeksi % 99,44 çıkmıştır. Kaçış rampasının iki farklı kısmından alınan agregaların indekslerinin yüksek çıkması ve birbirine yakın değerde olması kullanılan malzemenin uzun ömürlü olduğunun göstergesidir. Ayrıca bu sonuçlara göre her iki taraftan alınan numunenin indeksinin

yüksek çıkması çalışma konusunu oluşturan kaçış rampalarında kullanılan agreganın sulu ortamdaki dayanıklılığının Franklin ve Chandra (1972) sınıflamasına göre yüksek olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.14.).



ALTINCI BÖLÜM

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ülkemizde yapılmış kaçış rampalarından biri olan Tarsus-Pozantı kaçış rampasında yapılan saha çalışmalarında yurtdışındaki örneklere benzer şekilde rampa sonuna durdurmayı artıracak ek önlemlerden biri olan içi agrega dolu variller yerleştirildiği görülmüştür. Yapılmış olan bir diğer kaçış rampası İzmir Sabuncubeli Bornova Girişi ve Antalya-Seydişehir otoyolunda ise literatür araştırmasına göre aynı şekilde dizayn edilerek yapılmıştır.

Ayrıca Tarsus-Pozantı otoyolundaki kaçış rampasından alınan malzeme üzerinde çeşitli deneyler yapılmış ve bu deneyler sonucu kullanılan malzemenin her türlü şartlara karşı dayanıklı olduğu ve yurtdışında ki örnekleriyle benzer olduğu görülmüştür. Bu analizlere göre, yuvarlak-yarı yuvarlak şekilli, üniform danelerden oluşan ve organik madde içermeyen malzemenin sınıfı GP (kötü derecelenmiş çakıl), suda yıpranma dayanıklılığı % 99,44, ağırlıkça su emme oranı % 1,55, Los Angeles aşınma kaybı % 20,40, donma-çözünme kütle kaybı % 7,4, alkali-silis reaktivitesi zararsız olarak çıkmıştır. Bu sonuçlara göre Tarsus-Pozantı karayolundaki kaçış rampalarında kullanılan agregaların uygun olduğu gözükmemektedir.

Yurtdışında topoğrafik yapıya göre çeşitli kaçış rampaları yapılmıştır ve birçok yerde hayat kurtarmıştır. Ayrıca iklim koşullarına göre rampaya zarar verebilecek durumlardan kaçınmak için birçok yeni sistem geliştirilmiştir. Bunlardan birkaçı yamaçlardan gelebilecek çığ, kar ve toprak kütlelerini engellemek için özel, betondan yapılmış istinat duvarları, buzlanmayı önleyecek yüzeyaltı ısıtma sistemleri üzerinde çalışılmıştır. Birçok hayat kurtarmış olan bu yapıların kazaların sık olduğu ülkemizde daha çok yapılması ve kullanılması teşvik edilmelidir. Kaçış rampalarının yapımında her ne kadar topoğrafik yapı çok önemli olsa da ülkemizde yurtdışındaki örneklerde olduğu gibi, eğimsiz olan otoyollarda da kaçış rampasına yer verilmelidir. Durdurucu yataklar ya da yakalayıcı ağ sistemi uygulaması topoğrafik ve uzunluk açısından uygun olmayan otoyollarda rahatlıkla uygulanabilir. Ayrıca ülkemizde kar yağışının ve don olayının yüksek olduğu bölgelerde yüzeyaltı ısıtma sistemini istinat duvarlarında hem de otoyollarda uygulanması kış aylarında yolların buzlanmasından kaynaklı kazaları ya da istinat duvarlarının üst kısmında biriken kardan dolayı oluşan zemin kaymalarını önleyecektir. Bu tür yeni teknolojilerin ülkemizde de uygulanması, bu yapıların daha efektif kullanılmaları, ömürlerinin uzatılması ülke ekonomisi açısından önemli katkı sağlama potansiyeline sahiptir.

KAYNAKÇA

- ASTM D422, “Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils”, 2007.
- Bartell, C. D. (1986). *Design Guide For Truck Escape Ramps*. California: Business, Transportation & Housing Agency.
- Beecroft, G. (1978). *Energy Absorption of Gravel Mounds for Truck Escape Ramps*. Oregon: Materials and Research Section, Oregon Department of Transportation.
- Franklin, J. A., & Chandra, R. (1972). *The slake durability test*. *Int. J. Rock. Mech. Min.*
- Hanley, R. C. (2007). Connecticut Department of Transportation's Truck Escape Ramp (TER). *Connecticut Department of Transportation Division of Research*.
- Hardy, T. A., Hamilton, A., & Beecroft, G. (1986). *Siskiyou Summit Negative Grade Arrester Bed for Runaway Trucks*. Oregon: Oregon State Highway Division, Research Section.
- Metcalf, D. G. (1991). *A View of the Dagnet Vehicle Arresting System As Applied To Runaway Truck Escape Ramps*. Phoenix: Arizona Department of Transportation.
- Metcalf, D. G. (1992). *Analysis of Arizona Arrester Bed Performance*. Arizona: Arizona Department of Transportation.
- Outcalt, W. (2008). *Evaluation of Truck Arrester Beds in Colorado*. Colorado: Colorado Department of Transportation Research Branch.
- Rogers, C. A. (2006). *Aggregate for Truck Arrester Beds (Vol. 27)*. Ontario: Ontario Legislative Library.
- Stanley, A. F. (1978). *A Calculator Program to Estimate Truck Coasting Speeds for Designing Gravel Arrester Beds*. Idaho: Idaho Transportation Department, Research Section.
- The ISRM, “Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring”, 2007.
- TS EN 1097-2, “Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler Bölüm 2 : Parçalanma direncinin tayini için metotlar”, 2000.
- TS EN 1367-2, “Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler Bölüm 2: Magnezyum sülfat deneyi”, 2010.
- TS 706 EN 12620+A1, “Beton agregaları”, 2009.
- TS EN 933-10, “Agregaların geometrik özellikleri için deneyler Bölüm 10: İnce danelerin tayini - İnce dolgu malzemelerinin dane büyüklüğüne göre sınıflandırılması”, 2002.

TS 1227 ISO 3310-1, “Deney elekleri - Teknik özellikler ve deneyler

Bölüm 1: Tel örgülü deney elekleri”, 1996.

TS 2517, “Agregaların potansiyel alkali silis reaktifliğinin tayini - kimyasal yöntem”, 2010.

TS EN 932-1, “Agregaların genel özellikleri için deneyler

Bölüm 1: numune alma metotları”, 1997.

TS EN 932-2, “Agregaların genel özellikleri için deneyler

Bölüm 2: Laboratuvar numunelerin azaltılması metodu”, 1999.

TS EN 1744-1:2009+A1, “Agregaların kimyasal özellikleri için deneyler

Bölüm 1: Kimyasal analiz”, 2013.

TS 3530 EN 933-1, “Agregaların geometrik özellikleri için deneyler

Bölüm 1: Dane büyüklüğü dağılımı tayini- Eleme metodu”, 1999.

TS EN 1097-2, “Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler

Bölüm 2 : Parçalanma direncinin tayini için metotlar”, 2000.

TS 699, “Doğal yapı taşları - İnceleme ve laboratuvar deney yöntemleri”, 2009.

Washington State Department of Transportation. (2016). *Design Manual* (Vol. 2).

Washington: Washington State Department of Transportation.

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] <http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Root/default.aspx> , Erişim tarihi: 05.05.2016

[2] http://www.wikiwand.com/tr/Acil_ka%C3%A7%C4%B1%C5%9F_rampas%C4%B1, Erişim tarihi: 12.05.2016

[3] <http://www.konyahaberler.com/ilceler/seydishirde-acil-kacis-rampalari-hizmette-h15946.html>, Erişim tarihi: 05.06.2016

[4] http://www.wikiwand.com/en/Runaway_truck_ramp, Erişim tarihi: 05.06.2016

[5] <https://www.youtube.com/watch?v=4GoiSv5afSk>, Erişim tarihi: 05.06.2016

[6] <http://www.mto.gov.on.ca/graphics/english/transtek/roadtalk/rt15-4/?C=M;O=A>, Erişim tarihi: 19.06.2016

[7] <http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Baskanliklar/BaskanliklarTeknikArastirma/Yeni%20Klas%C3%B6r/Yay%C4%B1mlar/Beton%20Lab.%20Kitap%202016.10.2008.pdf>, Erişim tarihi: 15.07.2016

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : ÇETİN, HATİCE MERVE
Uyruğu : TÜRKİYE CUMHURİYETİ
Doğum Tarihi ve Yeri : 1989 ABD TEXAS COLLEGE STATION
Medeni Hali : BEKAR
Telefon :
e-mail : merve.cetin@toros.edu.tr

Eğitim

Derece Yılı	Eğitim Birimi	Mezuniyet
Yüksek Lisans	Toros Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans	2017
Lisans	Mustafa Kemal Üniversitesi	2013
Lise	Adana Anadolu Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013-Devam	Toros Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

İlgi Alanları

İnşaat Mühendisliği,
Ulaşım



T.C.
TOROS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNTİHAL PROGRAMI RAPORU

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

Tarih: 11/09/2017

Tez Başlığı:

Yurtdışındaki ve Türkiye'deki Acil Kaçış Rampalarının İncelenmesi ve Gerekliliğinin Araştırılması

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın;

a) Giriş,

b) Ana bölümler ve

c) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 68 sayfalık kısmına ilişkin, 27/07/2017 tarihinde enstitü arafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, dönem projemin benzerlik oranı % 29'dır.

Uygulanan filtrelemeler:



- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç
- 3- Benzer kelime sayısı 10 adet

yapıldığında en fazla %10,



- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar dahil
- 3- Benzer kelime sayısı 10 adet

yapıldığında en fazla %30'u geçmemelidir.

Tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Yukarıda belirtilen başlıkta danışmanımınla birlikte tamamlamış olduğum tezimin fikir/araştırma sorusu, yöntem, bulgular ve tartışma kısımları özgün olup kısmen veya tamamen diğer çalışmalardan alınan kısımlar olduğu durumlarda kaynak belirtilmesine dikkat edilmiştir. Tezimin, tez yazım kurallarına uygun olarak ve intihal olmaksızın hazırladığımı taahhüt eder; intihal olması durumunda tez çalışmamın başarısız sayılacağını ve mezuniyetimin iptalini kabul ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı : HATİCE MERVE ÇETİN

İmzası :

Tarih: 11/09/2017

Yukarıda kişisel ve tez bilgileri verilen öğrencimin belirtilen başlıkta birlikte tamamlamış olduğumuz dönem projesi Turnitin intihal yazılım programında kontrol edilmiş ve etik bir ihlale rastlanmamıştır. İntihal yazılım programının rapor çıktısı ektedir. Ayrıca tezin fikir/araştırma sorusu, yöntem, bulgular ve tartışma kısımları özgün olup kısmen veya tamamen diğer çalışmalardan alınan kısımlar olduğu durumlarda kaynak belirtilmesine dikkat edilmiştir.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

İmzası :

Danışmanın Unvanı-Adı-Soyadı

: Prof. Dr. Mehmet ÇAKIROĞLU

Tarih: 11/09/2017

Ek: İntihal yazılım programının rapor çıktısı (68 sayfa)

YURTDIŞINDAKİ VE TÜRKiYE' DEKİ ACİL KAÇIŞ RAMPALARININ İNCELENMESİ VE GEREKLİLİĞİN ARAŞTIRILMASI

Yazar Hatice Merve Çetin

DOSYA	HATICE_MERVE_CETIN.PDF (2.96M)		
GÖNDERİLDİĞİ ZAMAN	27-TEM-2017 01:27 PM	KELİME SAYISI	13596
GÖNDERİM NUMARASI	833469873	KARAKTER SAYISI	87934

YURTDIŞINDAKİ VE TÜRKiYE' DEKİ ACİL KAÇIŞ RAMPALARININ İNCELENMESİ VE GEREKLİLİĞİN ARAŞTIRILMASI

ORIJINALLIK RAPORU

% 29 BENZERLIK ENDEKSI	% 29 İNTERNET KAYNAKLARI	% 0 YAYINLAR	% 4 ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ
----------------------------------	---------------------------------------	------------------------	--------------------------------

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	www.kgm.gov.tr İnternet Kaynağı	% 10
2	www.rotapatent.com İnternet Kaynağı	% 4
3	utestshare.com İnternet Kaynağı	% 3
4	www.insaat.com İnternet Kaynağı	% 3
5	megep.meb.gov.tr İnternet Kaynağı	% 2
6	www.konya.edu.tr İnternet Kaynağı	% 2
7	volkanatabey.com.tr İnternet Kaynağı	% 1
8	Submitted to Fırat Üniversitesi Öğrenci Ödevi	% 1

9	acikerisim.deu.edu.tr İnternet Kaynağı	%1
10	Submitted to Iğdır Üniversitesi Öğrenci Ödevi	%1
11	library.cu.edu.tr İnternet Kaynağı	%1
12	e-arsiv.gumushane.edu.tr İnternet Kaynağı	%1
13	www.insaat.anadolu.edu.tr İnternet Kaynağı	%1

ALINTILARI ÇIKART
BİBLİYOGRAFYAYI
ÇIKART

KAPAT
ÜZERİNDE

EŞLEŞMELERİ ÇIKAR < %1



