



T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ (NKÜBAP)

BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
SONUÇ RAPORU

NKUBAP.00.17.AR.13.04 nolu Proje

Atık Lastiklerin
Zemin İyileştirilmesinde Kullanımı

Yürütücüsü:
Yrd.Doç.Dr. Ertuğrul ORDU

Araştırmacılar:
Yrd.Doç.Dr. Perihan BİÇER
Yrd.Doç.Dr. Şeyma ORDU
Araş. Gör. Emine Gamze ABANOZOĞLU

2014

NKUBAP.00.17.AR.13.04 no'lu

“Atık Lastiklerin Zemin İyileştirilmesinde Kullanımı” adlı proje

Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi tarafından desteklenmiştir

**T.C.
Namık Kemal Üniversitesi
Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi**

Atık Lastiklerin Zemin İyileştirilmesinde Kullanımı

(Proje No: NKUBAP.00.17.AR.13.04)

Proje Ekibi:

Yürütücü:

Yrd.Doç.Dr. Ertuğrul ORDU

Araştırmacılar:

Yrd.Doç.Dr. Perihan BİÇER

Yrd.Doç.Dr. Şeyma ORDU

Araş. Gör. Emine Gamze ABANOZOĞLU

TEKİRDAĞ-2014

Her hakkı saklıdır

ÖNSÖZ

Yapıların, üzerine inşa edileceği zeminin nitelikleri, temel sisteminin ve taşıyıcı sistemin kararını etkileyebilen bir faktördür. Zeminler farklı kimyasal bileşimlere ve fiziksel özelliklere sahip yer parçalarıdır. Yapının ayakta durmasının ilk şartı, tasarıma başlanmadan önce zeminin cinsi ile ilgili incelemelerin ve saptamaların yapılması gerekliliğidir.

Hafif dolgu malzemeleri geoteknik mühendisliğinde; çok yumuşak zeminler üzerinde hafif dolgular oluşturularak oturma ve taşıma gücü problemlerinin çözümünde, heyelan veya kayma potansiyeli yüksek şevler üzerinde dolgu teşkil edilmesinde, dayanma yapılarına gelen yatay itkilerin azaltılmasında kullanılmaktadır. Doğal malzemeler olan; ponza taşı, talaş/yonga gibi orman ürünleri sanayi atıkları, kolaylıkla elde edilebildikleri bölgelerde hafif dolgu malzemesi olarak evelden beri kullanılmaktadır.

Bununla birlikte, kullanılmış oto lastiği parçaları, termik santral uçucu külü, hafif dolgu malzemesi olarak kullanılmaya en elverişli endüstriyel atıklardır. Endüstriyel atıkların depolanması çevre açısından bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Bu problemi çözenin bir yolu da, bu malzemeleri hafif ve katı hale dönüştürerek zemin yapılarında kullanılmalarını sağlamaktır.

Hızla büyüyen atık lastik stokları, Dünya’da olduğu gibi Ülkemizde de büyük bir çevresel sorun haline gelmektedir. Lastiklerin kompleks yapısı, geri kazanımını zorlaştırmaktadır. Depolama sahasında bulunan kullanılmış lastikler, çeşitli çevresel ve toplum sağlığı ile ilgili problemler oluştururlar. Lastiklerin depolama sahasında yer kaplamaması için yakma tercih edilmekte ve lastik diğer ürünlere dönüştürülmektedir. Atık lastikler depolama sahasında bertaraf edildiğinde, zehirli gazlar oluşturur ve bu gazlar belirli bir basınç altında patlarlar. Lastik atıklar diğer atıklardan ayrı olarak depolandığı zaman, tehlikeler daha belirgin hale gelmektedir. Dünya üzerinde otomobil kullanımının oldukça yaygın hale gelmesinin bir sonucu olarak her yıl artan miktarda atık lastik oluşmaktadır. Atık lastiklerin geri kazanım yöntemleri çeşitlenerek yaygınlaşmaktadır.

Bu proje çalışmasında Çorlu Mühendislik Fakültesi Yerleşkesi civarından alınan zemin örnekler üzerinde elek analizi, hidrometre deneyi, piknometre, kompaksiyon ve CBR deneyleri yapılmıştır. CBR deneyleri farklı su muhtevalarında zemin numunesine ağırlıkça %0, %1 ve %2 granül atık lastik karıştırılarak gerçekleştirilmiştir. Projeyi oluşturan bölümler sırasıyla, “İnşaat Sektöründe Kullanılan Atık Lastikler”, “Kaynak Özetleri”, “Materyal ve Yöntem”, “Yapılan Deneysel Çalışmaların Değerlendirilmesi” ve “Sonuçlar” dır.

Yazarlar, Lokman Geri Kazanım A.Ş. firmasına: projedeki katkı malzemesinin (atık lastik) temin edilmesindeki katkılarından dolayı teşekkürlerini bildirmektedirler.

Yazarlar, Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu (NKÜBAP) 'na da projeyi onayladıkları ve destekledikleri için ayrıca şükranlarını sunmaktadırlar.

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL DİZİNİ	5
ÇİZELGE DİZİNİ	6
ÖZET	8
ABSTRACT	10
1.GİRİŞ.....	10
2. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULANILAN ATIK LASTİKLER.....	12
3. KAYNAK ÖZETLERİ.....	15
4. MATERYAL VE YÖNTEM	18
4.1 ZEMİN ENDEKS ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ.....	18
4.1.2 ELEK VE HİDROMETRE ANALİZİ.....	18
4.1.3 ÖZGÜL AĞIRLIĞIN BELİRLENMESİ.....	18
4.2 KOMPAKSİYON DENEYİ.....	19
4.3 CBR DENEYİ.....	20
5.DENEYSEL ÇALIŞMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	21
6.SONUÇLAR.....	56

Şekil 2.1 Büyük miktarlarda katı atık haline gelmiş lastik yığınları.....	12
Şekil 2.2 Atık lastik yığnında meydana gelen bir yangın ve ortaya çıkan zehirli gazların görünümü.....	13
Şekil 4.1 Özgül ağırlık deney seti.....	19
Şekil 5.1 Zemin örneğine ait granüloometri eğrisi	22
Şekil 5.2 Kompaksiyon Deney Eğrisi.....	24
Şekil 5.3 Katkısız ve % 8 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği.....	27
Şekil 5.4 Katkısız ve % 8,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği.....	29
Şekil 5.5 Katkısız ve % 8,75 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği.....	31
Şekil 5.6 Katkısız ve % 9 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği.....	32
Şekil 5.7 Katkısız ve % 9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği.....	34
Şekil 5.8 %1 katkı ve % 8 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği.....	36
Şekil 5.9 %1 katkı ve % 8,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği.....	38
Şekil 5.10 %1 katkı ve % 87,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği.....	40
Şekil 5.11 %1 katkı ve % 9 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği.....	41
Şekil 5.12 %1 katkı ve % 9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği.....	44
Şekil 5.13 %2 katkı ve % 8 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği.....	45
Şekil 5.14 %2 katkı ve % 8,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği.....	47
Şekil 5.15 %2 katkı ve % 8,75 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği.....	49
Şekil 5.16 %2 katkı ve % 9 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği.....	51
Şekil 5.17 %2 katkı ve % 9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği.....	52

Tablo 4.1 Standart ve Modifiye Proktor deneylerinin karşılaştırılması.....	20
Tablo 5.1 Zemin örneğine ait elek analizi sonuçları hesap çizelgesi	21
Tablo 5.2 Zemin örneğine ait hidrometre analizi sonuçları hesap çizelgesi	22
Tablo 5.3 Zemin örneğine ait çakıl, kum, silt, kil oranları	23
Tablo 5.4 Zemin örneğine ait uniformluk katsayısı ve derecelenme katsayısı değerleri	23
Tablo 5.5 Zemin örneğine ait özgül yoğunluğun belirlenmesi	23
Tablo 5.6 Zemin örneğine ait kompaksiyon deneyi analiz sonuçları hesap çizelgesi	25
Tablo 5.7 Kompaksiyon deneyinden elde edilen parametreler	25
Tablo 5.8 Katkısız ve % 8 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları	276
Tablo 5.9 Katkısız ve %8 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri .	287
Tablo 5.10 Katkısız ve % 8,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları	288
Tablo 5.11 Katkısız ve %8,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri	298
Tablo 5.12 Katkısız ve % 8,75 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde.....	309
Tablo 5.13 Katkısız ve %8,75 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri	30
Tablo 5.14 Katkısız ve % 9 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları	31
Tablo 5.15 Katkısız ve %9 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değ	3
Tablo 5.16 Katkısız ve % 9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları	33
Tablo 5.17 Katkısız ve %9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri	33
Tablo 5.18 Katkısız ve %9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri.....	34
Tablo 5.19 %1 Katkılı ve % 8 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları	35
Tablo 5.20 %1 Katkılı ve %8 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri	366
Tablo 5.21 %1 Katkılı ve % 8,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları.....	377
Tablo 5.22 %1 Katkılı ve %8,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri	388
Tablo 5.23 %1 Katkılı ve % 8,75 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları.....	399
Tablo 5.24 %1 Katkılı ve %8,75 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri.....	40
Tablo 5.25 %1 Katkılı ve % 9 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları	41
Tablo 5.26 %1 Katkılı ve % 9 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri	42
Tablo 5.27 %1 Katkılı ve % 9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları.....	43
Tablo 5.28 %1 Katkılı ve % 9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri.....	44
Tablo 5.29 %2 Katkılı ve % 8 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney	

sonuçları	45
Tablo 5.30 %2 Katkılı ve % 8 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri	466
Tablo 5.31 %2 Katkılı ve % 8,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları.....	466
Tablo 5.32 %2 Katkılı ve % 8,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri.....	47
Tablo 5.33 %2 Katkılı ve % 8,75 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları.....	48
Tablo 5.34 %2 Katkılı ve % 8,75 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri.....	49
Tablo 5.35 %2 Katkılı ve % 9 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları	50
Tablo 5.36 %2 Katkılı ve % 9 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri	51
Tablo 5.37 %2 Katkılı ve % 9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları.....	52
Tablo 5.38 %2 Katkılı ve % 9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri.....	53

Bu proje çalışmasının amacı kumlu zeminlerin katkı malzemeleriyle iyileştirilmesinin araştırılmasıdır. Katkılarla iyileştirilen kumlu zeminlerin karakteristiklerinin tespit edilmesinde, Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) deneyi kullanılır. CBR esnek üst yapılar için alt temel ve granüler tabakaların davranışını belirler. Çalışmanın amacı doğrultusunda katkı malzemesi olarak atık lastik parçacıkları kullanılmıştır.

Dünya üzerinde atık olarak değerlendirilen maddelerin büyük bir kısmı geri dönüştürülebilir malzemelerden oluşmaktadır. Bu malzemelerin yeniden kullanılarak geri dönüşüme katılması çevrenin ve doğanın dengesinin korunabilmesi, doğaya verilen zararın minimuma indirilebilmesi ve ülke ekonomisi açısından oldukça önemlidir.

Büyük bir yoğunluğunu karayollarında kullanılan araçların oluşturduğu, atık lastiklerle ilgili problemler her geçen gün hızla artmaktadır. Günümüzde, ömrünü tamamlamış taşıt lastikleri, bol olmasının yanında, değersiz bir atık konumundadırlar. Ayrıca; çevre kirliliğine sebebiyet vermekte ve insan sağlığı ile doğal dengeyi olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Bu sorunları ortadan kaldırmanın en etkin yollarından biri; atık lastiklerin yeniden işlenerek, endüstride farklı uygulamalarda kullanılmasıdır.

Zeminlerin katkı maddeleri ile iyileştirilmesi diğer iyileştirme yöntemlerine göre daha ekonomik olmasından dolayı çok geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Son zamanlarda endüstriyel atık maddelerin bu amaç için kullanımı ön plana çıkmıştır. Geoteknik Mühendisliği alanında da atık lastiklerin kullanılabilirliği araştırmaları tüm dünyada ve ülkemizde sürdürülmektedir.

Deney sonuçları, atık lastik parçalarının kumlu zeminlerin CBR değerlerini etkilemediğini göstermiştir.

Gerçekleştirilen deney sonuçlarından, kumlu zemin numunelerinin, lastik parçacıkları ile belli oranlarda karıştırılması durumunda CBR değerlerinde belirgin bir azalma olduğu görülmüştür.

Yaptığımız çalışma, atık lastikler kullanılarak kumlu zeminlerin CBR değerlerinde istenilen yönde artışların meydana gelmediği ve diğer katkı malzemeleri ile birlikte kullanılması gerektiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Zemin iyileştirilmesi, CBR değerleri, Atık Lastik, Kompaksiyon.

The aim of this project is to research the improvement of sandy soils with additive materials. California Bearing Ratio (CBR) is commonly used to determine the characteristics of sandy soils which are improved by using additives. The CBR test estimates behavior of subbase and granular layers for flexible superstructures. Waste shredded tires are used as additives in accordance with the purpose of this study.

A great majority of materials, which are considered as wastes in the world, consist of recyclable materials. Recycling these materials is imperative for being able to preserve environmental and natural balance, minimizing the damage inflicted upon nature and also for the country's economy.

The problems related to waste tires, which are created by a large majority of the road vehicles, increase rapidly every day. Nowadays, in addition to being abundant, the vehicle tires that completed their useful lives are in the position of being worthless wastes. Moreover, they cause environmental pollution, influence natural balance and human health in negative ways. One of the most effective ways to eliminate this problem is to process the waste tires again and use them for different applications in the industry.

The improvement of ground with additive materials has been widely used since it is more economical than other stabilization methods. Recently, usage of industrial waste materials as additive materials has become popular. Investigations on utilization of waste tires in geotechnical engineering are being carried not only in our country but also in the rest of the world.

Experimental results have showed that waste tire shreds do not affect the CBR values of sandy soils.

It was seen that the CBR values of sandy soils reduce significantly when the sand samples are mixed with certain percentages of tire shreds.

This study has showed that using the waste tire shreds does not result in increments in the CBR values of sandy soils in the desired direction and, therefore the waste tire shreds should be used with the other additive materials.

Key words: Soil improvement, CBR values, Waste Tire, Compaction.

1.GİRİŞ

Hızla büyüyen atık lastik stokları, Dünya'da olduğu gibi Ülkemizde de büyük bir çevresel sorun haline gelmektedir. Lastiklerin kompleks yapısı, geri kazanımını zorlaştırmaktadır. Atık Lastikler geoteknik mühendisliği uygulamalarında potansiyel bir malzemedir. Bu anlamda atık lastikler, özel bir madde olarak kabul edilmelidir. Atık Lastik özellikleri; geoteknik mühendisliği uygulamalarında yeni olanaklar açacaktır.

Tüm bir lastiğin, çeşitli endüstriyel işlemlerden geçirilerek, farklı boyut ve geometrilerde alternatif bir malzeme olarak kullanımı; başta ABD olmak üzere, birçok gelişmiş ülkede atık lastiklerin yönetimi ile ilgili sorunları büyük ölçüde azaltmıştır.

Her yıl geniş hacimli üretilen atık lastikler kullanım ömürlerini tamamlayınca bir bertaraf problemi oluşmaktadır. Atık lastikler, inşaat mühendisliği uygulamalarında kullanılacak ilginç teknik özelliklere sahiptirler. Atık lastik malzemelerin karakteristik özelliklerinin bazıları: düşük yoğunluk, yüksek elastikiyet, sertliğin az oluşu, yüksek drenaj kapasitesi ve yüksek ısı yalıtım kapasitelerinin olmasıdır. Bu özellikleri, yenilikçi bir şekilde malzemenin kullanım olanaklarını açacaklardır. Atık lastiklerin zemin iyileştirmelerinde kullanılması ile malzemenin yoğunluğunda azalma, tokluk, sertlik ve darbe direncinde artış ile ısı ve ses yalıtım özelliklerinde önemli iyileşmeler sağlanabilecektir.

Laboratuvar çalışmaların da, zeminlerin sıkışma ve sıkıştırılma davranışları üzerlerinde atık lastiklerin etkilerinin incelenmesine odaklanılacaktır.

Stoklanmış hurda lastikler kaynak israfı ve bir halk sağlığı tehdidini temsil etmektedir. Ayrıca, hurda lastikler düzenli depolama alanlarının atık depolama miktarlarını hızla azaltmaları nedeniyle kullanışsız hale gelmektedir. Atılan lastiklerin depolanması ve stoklanmasını en aza indirmek ve sonuçta ortadan kaldırmak için en iyi yol, alternatif kullanım alanları bulmaktır. Hurda lastikler için potansiyel kullanım alanı, çevresel olarak güvenli kimyasal özellikli karışımların istenilen mühendislik özelliklerini sağladığı büyük ölçekli zemin stabilizasyonları olabilir.

Zeminlerin gerek üzerlerine inşa olunan yapıların temelleri altında taşıyıcı tabaka olarak, gerekse birçok durumlarda inşaat malzemesi olarak, bütün inşaat projelerinde karşımıza çıktığı bilinmektedir. Değişik zeminler birbirinden farklı özelliklere sahiptir ve zeminin mühendislik özellikleri de zeminin cinsi yanında arazi koşullarına bağlı olarak (sıklık derecesi, su muhtevası, konsolidasyon basıncı, yükleme ve drenaj koşulları gibi) geniş bir aralık içinde değişebilmektedir. Buna bağlı olarak, inşaat sahasında karşılaşılan zeminler her zaman istenilen özelliklere sahip olmayabilirler. İnşaat yerinin değiştirilmesi veya istenilen özelliklere sahip olmayan zeminlerin atılarak yerine elverişli zeminlerin kullanılması ise, teknolojik ve ekonomik nedenlerle çoğu kere uygun çözümler olarak kabul edilmemektedir. Bu gibi durumlarda, arazideki zemin tabakalarının özelliklerinin iyileştirilmeye çalışılması ve/veya usulüne uygun olarak yerleştirilmiş ve sıkıştırılmış zemin dolguların inşası yoluna başvurulmaktadır.

2. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANILAN ATIK LASTİKLER

Günümüzde, gerek nüfus artışı gerekse endüstrinin gelişmesine paralel olarak, ihtiyaçlar neticesinde üretim sırasında ve kullanım sonrasında önemli miktarlarda çürük, uçucu kül, plastik atıkları, cam kırıkları, atık araç lastikleri vb. atık malzemeler oluşmaktadır. Oluşan bu atık malzemelerin güvenli bir şekilde depolanması gittikçe daha zor ve pahalı bir işlem gerektirmekte ve çevre kirliliği dahil büyük sorunlara yol açmaktadır. Son yıllarda, atık malzemelerin değerlendirilip yeni ürünlerin elde edilmesi veya mevcut ürünlerde katkı malzemesi olarak kullanılabilmesi amacıyla çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Atık malzeme ve yan ürünlerin değerlendirilmesi, kısıtlı olan doğal malzemelerin kullanımını azaltmakta, atık malzemelere ekonomik bir değer kazandırmakta ve bu malzemelerin depolanması durumunda çevrede oluşacak problemleri azaltmaktadır. Bu nedenle endüstriyel atıkların çeşitli kullanım alanlarında değerlendirilerek ülke ekonomisine kazandırılması gerekmektedir. Dünya üzerinde otomobil kullanımının oldukça yaygın hale gelmesinin bir sonucu olarak her yıl artan miktarda atık lastik oluşmaktadır. Bütün haldeki bu atık lastiklerin çok boşluklu olması, sıkıştırılmalarının zor olması ve ayrışmalarının uzun yıllar alması nedeniyle katı atık depo alanlarında depolanmaları tercih edilmemektedir. Atık lastiklerin açık alanlarda depolandıkları durumlarda en önemli tehlike kontrolsüz yangınlara sebep olmalarıdır. Bu yangınların, ortaya çıkan yüksek ısı ve yoğun dumandan dolayı kontrol altına alınması ve söndürülmesi oldukça güçtür (Gönüllü, M.T.,2004). Yüksek yağ içerikleri nedeniyle, lastik yangınları aylarca sürebilmekte, zehirli gazlar açığa çıkmakta, toprak, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Bütün bu olumsuz özelliklere ek olarak, lastik yığınları sivrisinek ve kemirgenler için ideal bir yetiştirme ortamı sağlamaktadırlar. Bu nedenlerden dolayı atık lastiklerin geri kazanım yöntemleri çeşitlenerek yaygınlaşmaktadır. Şekil 2.1 ve Şekil 2.2 de atık lastiklerin ne kadar önemli bir çevre sorunu oluşturduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 2.1 Büyük miktarlarda katı atık haline gelmiş lastik yığınları



Şekil 2.2 Atık lastik yığnında meydana gelen bir yangın ve ortaya çıkan zehirli gazların görünümü

Lastik malzemesi, yağlar ve çeşitli kimyasal maddelerin birleşiminden oluşmaktadır. Atık lastikler bütün olarak, kesilmiş, parçalanmış halde lastik kırıntısı veya öğütülmüş, granül hale getirilmiş ve toz kauçuk ürünü olarak kullanılabilirler. Kesilmiş lastikler kesme makineleriyle, iki eşit parçaya veya lastiğin yere temas eden kısmının yan kenarından ayrılmasıyla edilirler. Parçalanmış lastikler, çeşitli işlemlerden geçirilerek gereksinim duyulan boyutlara küçültülmektedirler. Öğütülmüş lastikler ise, atık lastiklerin istenilen boyutlarda öğütülmesiyle elde edilirler. Atık lastiklerin kullanım alanları bütün halden işlenmiş hale kadar çeşitlilik göstermektedir. Atık lastikler bütün olarak,

- Deniz kıyılarında gemi yanaşma noktaları ve dalga kırıcı olarak
- Oyun parklarında
- Birbirlerine bağlanarak erozyon kontrolünde
- Otoyollarda çarpma bariyerleri şeklinde kullanılmaktadırlar [Young H.M.,2003]. İşlenmiş (parçalanmış) atık lastikler inşaat mühendisliği uygulamalarında,
- Zemin tabakasında konsolidasyon oturmalarını azaltmak ve genel stabiliteyi arttırmak amacıyla hafif ağırlıklı dolgu malzemesi olarak [Zomberg J. G.,2004],
- Zeminlerde donma derinliğini azaltmak amacıyla ısı yalıtımı olarak,
- Boşluklu yapılarından dolayı drenaj tabakası olarak,
- Dayanma yapılarında yanıl basınçları azaltmak amacıyla kullanılmaktadırlar [Bosscherp J.H.,1997].

Atık lastik parçacıklarının dolgu ve dayanma yapılarında hafif ağırlıklı dolgu malzemesi olarak kullanılması durumunda sağlanacak avantajlar ise,

- İnşa Aşaması: Hafif ağırlık, serbest drenaj, düşük toprak basıncı değeri, iyi ısı yalıtımı ve dayanıklılık,
- Çevresel: Atık lastiklerin depolama sorununu azaltması ve depo alanı için kullanılacak araziden tasarruf edilmesi,
- Ekonomik: Düşük maliyet, doğal kaynakların korunması, atık yönetim maliyetinin azaltılması şeklinde sıralanabilir .

Yumuşak zeminler üzerine inşa edilen dolgulara stabilite problemleri oluşmaktadır. Sıkışabilir zeminler üzerine inşa edilen yollarda ise stabilite ve oturma problemleri kritik olmaktadır. Yol inşaatlarında birçok noktada klasik dolgu malzemesi yerine hafif ağırlıklı lastik parçacıklarının kullanılması durumunda yol yapısının ağırlığı önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Atık lastiklerin dayanıklılık, mukavemet, esneklik ve yüksek sürtünme direnci gibi özellikleri otoyol dolgularının tasarımında önemli parametreler olarak öne çıkmaktadır. Fakat inşaat mühendisliği uygulamalarında atık lastik parçacıkları tek başına kullanılmaktan çok zeminle belli oranlarda karıştırıldıktan sonra kullanılmaktadır. Bu durum, atık lastiklerin sahip olduğu düşük kayma mukavemeti sonucu oluşabilecek geoteknik problemlerin önüne geçmektedir . Atık lastik parçacıkları-zemin karışımları, birçok dolgu ve dayanma yapısında hafif ağırlıklı dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır [Dickson T.H.,2001]. Bu çalışmalar, atık lastik-zemin karışımlarının düşük sıkışabilirlik ve yüksek kayma mukavemetine sahip olduğunu ve sadece atık lastik parçacıklarının kullanıldığı duruma göre daha iyi performans verdiğini göstermiştir.

3. KAYNAK ÖZETLERİ

Atık lastiklerin dayanıklılık, mukavemet, esneklik ve yüksek sürtünme direnci gibi özellikleri, otoyol dolgularının dizaynında önemli parametreler olarak öne çıkmaktadır. Fakat inşaat mühendisliği uygulamalarında atık lastik parçacıkları tek başına kullanılmaktan çok zeminle belli oranlarda karıştırıldıktan sonra kullanılmaktadır. Bu durum, atık lastiklerin sahip olduğu düşük kayma mukavemeti sonucu oluşabilecek geoteknik problemlerin önüne geçmektedir (Zornberg ve ark., 2004)

Atık lastik parçacıkları-zemin karışımları, bir çok dolgu ve dayanma yapısında hafif ağırlıklı dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır [Bosscher ve ark. (1977), Humprey (1996), Humprey ve ark. (2000), Dickson ve ark. (2001), Zornberg ve ar. (2004)]. Bu çalışmalar, atık lastik-zemin karışımlarının düşük sıkışabilirlik ve yüksek kayma mukavemetine sahip olduğunu ve sadece atık lastik parçacıklarının kullanıldığı duruma göre daha iyi performans verdiğini göstermiştir.

Edinçliler ve ark. (2004), lastik-kum karışımlarının kayma mukavemetinin araştırmak amacıyla büyük ölçekli kesme kutusu deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Karışım kuru halde ve ağırlıkça %10 lastik+%90 kum oranlarında hazırlanmıştır. Çalışmada, üniform, orta sıklıkta ve birim hacim ağırlığı 15.3 kN/m^3 olan kum numuneler kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan lastik parçacıklarının maksimum boyutu 40 mm dir. Lastik parçacıklarının birim hacim ağırlığı 5.1 kN/m^3 , karışım birim hacim ağırlığı ise 13 kN/m^3 değerindedir. Çalışma sonunda karışım ağırlıkça %10 lastik+%90 kum oranlarında hazırlanması durumunda içsel sürtünme açısı değerinin 22° den 33° ye arttığı görülmüştür.

Ghazavi ve Sakhi (2005) tarafından, farklı lastik içeriklerinde, boyutlarında ve şekil oranlarında hazırlanan lastik-kum karışımları üzerinde büyük ölçekli kesme kutusu deneyi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda, kompaksiyon, normal gerilme, lastik içeriği ve lastik boyutlarının, karışımın kayma mukavemetini etkileyen parametreler olduğu ve %50 lastik içeriğinde içsel sürtünme açısı değerinin 67° ye arttırabildiği görülmüştür.

Çetin ve ark. (2006) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, kaba ve ince boyutlarda öğütülmüş lastik parçacıkları, kohezyonlu zemin numuneleri ile karıştırılmış ve elde edilen karışımların geoteknik özellikleri laboratuvar deneyleri (endeks, permeabilite, kesme kutusu ve kompaksiyon) ile incelenerek, hafif ağırlıklı dolgu malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışma sonunda %20 kaba veya %30 ince lastik parçacıklarıyla hazırlanan karışımlarda yüksek kayma mukavemeti değerinin elde edildiği ve hafif ağırlıklı dolgu malzemesi olarak kullanılabilceği görülmüştür.

Abdrabbo ve ark. (2005) lastik-kum karışımı üzerine oturan şerit temelin taşıma kapasitesini araştırmak amacıyla deneysel bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Deneylerde model temel olarak 50 mm genişliğinde bir şerit temel kullanılmıştır. Çalışmada numuneler, deney kasası içerisine, sıklık dereceleri %50 %75 ve %90 olacak şekilde yerleştirilmiştir. Lastik-kum karışımının tabaka kalınlıkları, temel genişliğinin 1, 2, 3 ve 5 katı olacak şekilde seçilmiş ve %100 kum tabakasının üzerine, aynı sıklık derecesinde, sıkıştırılarak serilmiştir. Deneyler sonucunda, şerit temelin lastik-kum karışımı tabakası üzerine yerleştirilmesi halinde, aynı yük değerleri

altında oluşan oturma değerinin %100 kum durumuna göre yaklaşık %30 azaldığı görülmüştür. Ayrıca başlangıç elastisite modülünün aynı sıklık değerlerinde %100 kum durumuna göre 2-9 kat arasında arttığı tespit edilmiştir. Çalışmanın en önemli sonucu ise, lastik-kum karışımı durumunda şerit temel taşıma kapasitesinin, %100 kum durumuna göre yaklaşık 7 kat artmasıdır.

Kalinski ve Hippley (2005) ise portland çimentosu ve uçucu kül su muhtevası ve çimento içeriğinin etkisini araştırmışlardır. Su muhtevasını bulmak için Proktor ve modifiye Proktor deneyleri yapılmış ve mukavemetini ölçmek için de serbest basınç deneyleri yapılmıştır.

Kavak ve Bilgen (2005), Yüksek Fırın Cürufunun (Y.F.C) yol alt yapısında, özellikle killi zemini güçlendirme amacı ile kullanılması durumunu değerlendirmiştir. Laboratuvar koşullarında bentonit kili ile hazırlanan numunelere değişik oranlarda Yüksek Fırın Cürufu (Y.F.C) ve kireç katılmak suretiyle, Y.F.C. nun kil zemin üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Şenol ve Edil (2004), oldukça düşük taşıma gücü özelliğine sahip yumuşak ve kısmen organik malzeme içeren zeminlerin, yol inşaatında uçucu kül kullanarak taşıma gücünü arttırmak için stabilizasyonun sağlanmasına ait araştırma sonuçlarını incelemişlerdir.

Eren ve Yılmaz (2004), yüksek fırın cürufu veya uçucu külün portland çimentosu yerine kısmi ikamesinin, değişik sıcaklıklarda kür edilen betonların dayanımlarına olan etkilerini araştırmışlardır.

Ghazavi (2004), granüler kauçuk ile uniform kum zeminlerin stabilizasyonu konusunu çalışmıştır.

Yoon ve ark. (2003) eski kamyon lastiği kullanarak güçlendirilmiş zeminin taşıma kapasitesi ve oturması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Atık lastiklerin kum zeminde kullanılması yoluyla faydalı olacağı düşünülerek laboratuvarında plaka yükleme deneyleri yapılmıştır.

Dermatas ve Meng (2003), ağır metalle kirlenmiş zeminleri atık malzeme olan C sınıfı uçucu kül ile stabilizasyonunu sağlamışlardır. Böylece çevreye de katkıda bulunmuşlardır.

J. Prabakar, NitinDendorkar ve R.K. Morchale (2003) uçucu külün zemine katkısı ile mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi üzerine çalışmışlardır. Zeminin c-φ artma davranışını anlamak için uçucu kül karıştırarak zemin özelliklerinin gelişmesi amacıyla değişik oranlarda uçucu kül ilavesiyle bir seri deneyler yapmışlardır.

Tan ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada 0.06-0.5 mm tane çapı aralığına sahip kum, değişik oranlardaki bentonit, kil, uçucu kül ve silis dumanı ile stabilize edilerek kayma direnci ve kompaksiyon parametrelerinin değişimleri incelenmiştir.

Sivapullaiah ve ark. (2002), kırmızı toprak zemine %20 bentonit, %1 çimento ve %1 kireç katkısı üzerinde çalışmışlardır. Kompaksiyon deneyinden elde edilen optimum su muhtevasına göre numuneler hazırlanmıştır. Değişik katkı oranları ile hazırlanan numuneler 0, 7 ve 28 gün kür edilerek konsolidasyon, serbest basınç deneyi gibi

deneylere tabi tutulmuştur. Deneyler sonucunda, zeminin kompaksiyon özelliklerinin değiştiği görülmüştür.

Tüdeş,(1996) kireç ve çimento katkısı ile zeminlerin stabilizasyonu amacıyla Doğu Karadeniz bölgesi zeminlerinden üç tanesini seçerek zeminlerin fiziksel özellikleri rutin deneylerle, mineralojik özelliklerini de DTA (Differential Thermal Analysis) ve XRD (X ışını) deneyleri ile belirlemiştir. Seçilen zeminler değişik oranlarda çimento ve kireç katkılarıyla standart bir enerji ile sıkıştırılmış ve kayma direnci parametreleri elde edilmiştir. Katkisiz durumda aynı enerji ile sıkıştırılan zeminin kayma parametreleri belirlenerek elde edilen iyileştirmeler karşılaştırılmıştır.

Krishnaswamy (1988) zeminin dayanıklılık oranının katkı malzemesi ile arttığı sonucuna varmıştır.

Li (1988), zemin stabilizasyonunda çimento, uçucu kül ve EER kullanımını araştırmıştır. EER Japonya'dan getirilen kimyasal bir karışımdır ve Li'nin çalışmasında zemine sadece çimento katkısı ilavesinden daha fazla mukavemet kazandırmak için çimento, uçucu kül ve EER katkısının çok daha etkili olacağı vurgulanmaktadır.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma N.K.Ü. Çorlu Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Ana Bilim Dalı Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Bu proje kapsamında kullanılacak olan NKU Çorlu Mühendislik Fakültesi Yerleşkesi civarından alınan zemin numuneleri, çuvallar ile taşınarak NKU Çorlu Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Geoteknik Ana Bilim Dalı Laboratuvarına getirilmiştir. Lokman Geri Kazanım A.Ş. firmasınca kargo ile gönderilen; 100 kg'lık Lokflex A / 0.0 - 0.6 mm / 0 - 30 mesh ile 100 kg'lık Lokflex B / 0.6 - 2.0 mm / 30 - 10 mesh özelliklerindeki öğütülmüş lastikler yine çuvallar içerisinde teslim alınmıştır. Bu projede, atık lastik katkı malzemesi olarak Lokflex A / 0.0 - 0.6 mm / 0 - 30 mesh tercih edilmiş ve uygulanmıştır.

Zeminin geoteknik özelliklerini belirlemek için yapılan deneylerde en önemli konu, yapılacak deneyler için zeminin arazideki durumunun en iyi şekilde temsil edecek numune olmasıdır.

4.1 Zemin Endeks Özelliklerinin Laboratuvar Deneyleriyle Belirlenmesi

Özellikleri çok büyük bir aralıkta değişen zeminlerin arazideki davranışlarını tahmin edebilmek ve mühendislik tasarımları için gerekli parametreleri elde edebilmek açısından zemin endeks özelliklerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

4.1.2 Elek Analizi ve Hidrometre Analizi

Islak eleme sürekli akan bir su kaynağının altında zeminin ince malzemelerinin yıkanması esasına dayanmaktadır. Yıkama sonunda en son 200 no lu elek üzerinde kalan malzeme miktarı belirlenerek hesap yapılmaktadır.

İnce daneli zeminlerin (siltler ve killer) dane çapı dağılımı hidrometre deneyi ile bulunmaktadır. Bu deneyde süspansiyon içindeki çökeltme hızlarının, dane çapına bağlı olarak değiştiğini gösteren "Stokes Kanunu" kullanılmaktadır. 50 g zemin numunesi mekanik bir karıştırıcı ile karıştırılarak suda bir süspansiyon haline getirilir, değişik zamanlarda süspansiyonun yoğunluğu bir pipetle numune olarak veya bir hidrometre ile ölçülmekte, süspansiyonda kalan danelerin çapı hesaplanmaktadır.

Zemin daneleri su içinde süspansiyon haline getirilirken, danelerin birbirinden ayrışması için çözeltili malzemesi olarak sodyumhexameta-fosfat kullanılmaktadır. Süspansiyon iyice karıştırıldıktan sonra, çökelmeye bırakılması anından itibaren 24 saatlik değişen zaman aralıklarında yoğunluk ölçümleri yapılarak zemin içindeki dane çaplarının dağılımı elde edilmektedir. Deney için TS 1900-1/2006'da anlatılan yöntem kullanılmıştır.

4.1.3 Özgül Ağırlığın Belirlenmesi

Özgül ağırlık deneyi TS 1900-1/2006'da verine yönteme uygun olarak yapılmıştır. Özgül ağırlık deney seti Şekil 4.1 de verilmiştir. Özgül ağırlığın hesaplanmasında uygulanan formül şu şekildedir:

$$G_s = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

Burada:

G_s =Özgöl ağırlık

W_1 =Piknometre ağırlığı

W_2 =Piknometre+numune ağırlığı (gr)

W_3 =Piknometre+numune+su ağırlığı (gr)

W_4 =Piknometre+su ağırlığı



Şekil 4.1 Özgöl ağırlık deney seti

4.2 Kompaksiyon Deneyi

Zeminlerin taşıma gücünü arttırmak, sabit, hareketli ve dinamik yükler altında meydana gelecek oturmaları azaltmak ve zeminin geçirimsizliğini azaltarak zeminlerin daha fazla su alıp hacimsel değişikliklerin oluşmasını önlemek maksadı ile zeminlerin tabakalar halinde serilerek mekanik araçlar vasıtası ile su ve tane hacmi sabit iken havanın dışarı atılıp zemin tanelerinin sıkıştırılması olayına **kompaksiyon** denir. Sıkıştırılmış bir zeminde, kompaksiyon derecesi o zemine ait kuru birim hacim ağırlığıdır. Kuru birim hacim ağırlığı ne kadar büyükse, zemin o kadar iyi sıkıştırılmış demektir. Proctor (1933), sıkıştırılmış bir zeminde, su içeriği ile kuru birim hacim ağırlığı arasında aşağıdaki şekilde gösterilen ilişkiyi ortaya koymuştur.

Deney Proctor tarafından önerilen kompaksiyon araç ve gereçleri ile, sıkıştırma enerjileri değiştirilerek standart ve değiştirilmiş Proctor deneyi olmak üzere iki şekilde yapılabilir. Çizelge 4.1’de bu iki yöntemde kullanılan araç ve gereçler karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 4.1 Standart ve Modifiye Proctor Deneylerinin Karşılaştırılması

Deney adı	Standart Proctor Deneyi	Değiştirilmiş-Modifiye (Ağır) Proctor Deneyi
Sıkıştırma kabının hacmi (cm ³)	956	956
Tokmak ağırlığı (kg)	2.5	4.5
Tokmanın düşüş yüksekliği (cm)	30.5	45.7
Her bir tabakaya düşüş sayısı	25	25
Sıkıştırılan tabaka sayısı	3	5
Kompaksiyon enerjisi (cm-k _g /cm ³)	5.98	26.89

4.3 CBR Deneyi

CBR (California Bearing Ratio), A.B.D.nin California eyaletinde karayolları araştırma dairesi tarafından, zeminlerin karayollarının alt yapılarında kullanılabilir olup olmadığını belirlemek amacıyla 1929’da geliştirilmiş bir deneydir.

Zemin numunesinin, numune içerisine 1,27 mm/dk (0,05 in/dk) hızla batırılan penetrasyon pistonuna karşı gösterdiği direnime, diğer bir deyişle pistonun zemin numunesine batması için uygulanan kuvvet, aynı penetrasyon derinliği için standart bir kırma taş numunesinin gösterdiği direnime, diğer bir deyişle kırma taş için bu batma derinliğine kadar gelmek için uygulanan kuvvete oranı, California Taşıma Oranı (California Bearing Ratio) ya da kısaca CBR olarak adlandırılır.

5. DENEYSEL ÇALIŞMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Laboratuvara getirilen zemin numunelerin fiziksel özellikleri belirleyebilmek için elek analizi, hidrometre analizi özgül yoğunluk deneyleri yapılmıştır. Atık lastik katkısının zemin numunesi üzerindeki etkisini belirleyebilmek için laboratuvarında kompaksiyon ve CBR deneyleri gerçekleştirilmiştir. Tabii (Doğal) zemin örneği üzerinde kompaksiyon deneyi yapılarak optimum su muhtevası ve maksimum kuru birim hacim ağırlık belirlenmiştir. CBR deneyleri tabii zemin numunesi yanısıra tabii zemine % 1, % 2 oranlarında atık lastik katılarak %8, %8.5, %8,75, %9 ve %9.5 su muhtevaları değerlerinde tekrarlı olarak yapılmıştır.

Zemin numunesine ait dane çapı dağılımını belirlemek için elek ve hidrometre analizleri yapılmıştır. Şekil 5.1'de zemin örneğine ait granülometri eğrisi, Çizelge 5.1'de elek analizi deney sonuçları Çizelge 5.2'de Hidrometre deney sonuçları verilmiştir.

Zemine ait granülometri eğrisinden, zeminin çakıl, kum, silt ve kil oranları için elde edilen değerler Çizelge 5.3'de verilmiştir. Dane çapı eğrisinden değişik çap değerleri ile uniformluk katsayısı ve derecelenme katsayısı elde edilerek Çizelge 5.4'de verilmiştir. Zemin numunesi üzerinde gerçekleştirilen elek analizi sonucunda zemin sınıfı, birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine (USCS) göre kötü derecelendirilmiş olarak belirlenmiştir.

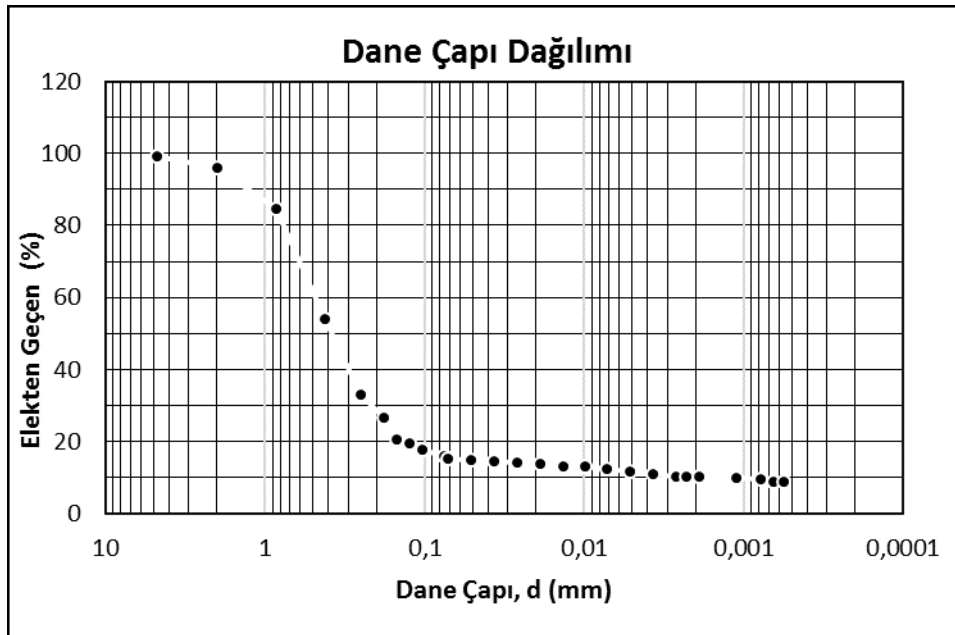
Tablo 5.1 Zemin örneğine ait elek analizi sonuçları hesap çizelgesi

Elek No	Elek Üstünde Kalan (gr)	Kalan (%)	Elekten Geçen (gr)	Elekten Geçen (%)
4	5,21	0,67	796,79	99,32
10	26,83	3,43	743,16	95,89
20	86,27	11,13	656,89	84,76
40	237,9	30,69	418,99	54,06
60	163,22	21,06	255,77	33
80	50,27	6,48	205,5	26,51
100	44,92	5,79	160,58	20,72
120	7,92	1,01	152,66	19,69
150	15,1	1,94	137,56	17,74
200	13,58	1,75	123,98	15,99

Tablo 5.2 Zemin örneğine ait hidrometre analizi sonuçları hesap çizelgesi

Zaman	Gerçek	Düz.	Alınan	Ana	Yalnız	Efektif	K	Efektif
-------	--------	------	--------	-----	--------	---------	---	---------

(dak)	Hidr. Okms. Ra	Hidr. Okms. Rc	Num. Göre Geçen (%)	Num. Göre Geçen (%)	Menisküs Düzelt. Yap. Hidr. Okuması R	Derinlik L (cm)		Çap D (mm)
0,25	52	48	0,95	0,152	53	7,6	0,013	0,0716
0,5	51	47	0,93	0,148	52	7,8		0,0513
1	50	46	0,91	0,145	51	7,9		0,0365
2	49	45	0,89	0,142	50	8,1		0,0261
4	48	44	0,87	0,139	49	8,3		0,0187
8	46	42	0,83	0,133	47	8,6		0,0134
15	45	41	0,81	0,129	46	8,8		0,0099
30	43	39	0,77	0,123	44	9,1		0,0071
60	41	37	0,73	0,117	42	9,4		0,0051
120	39	35	0,69	0,110	40	9,7		0,0036
240	37	33	0,65	0,104	38	10,1		0,0026
323	37	33	0,65	0,104	38	10,1		0,0022
473	36	32	0,63	0,101	37	10,2		0,0019
1440	35	31	0,61	0,098	36	10,4		0,0011
2880	34	30	0,59	0,095	35	10,5		0,0007
4320	32	28	0,55	0,088	33	10,9		0,0006
5760	32	28	0,55	0,088	33	10,9		0,0005



Şekil 5.1 Zemin örneğine ait granülometri eğrisi

Tablo 5.3 Zemin örneğine ait çakıl, kum, silt, kil oranları

Çakıl (%)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
-----------	---------	----------	---------

4,11	79,9	5,54	10,45
------	------	------	-------

Tablo 5.3 Zemin örneğine ait uniformluk katsayısı ve derecelenme katsayısı değerleri

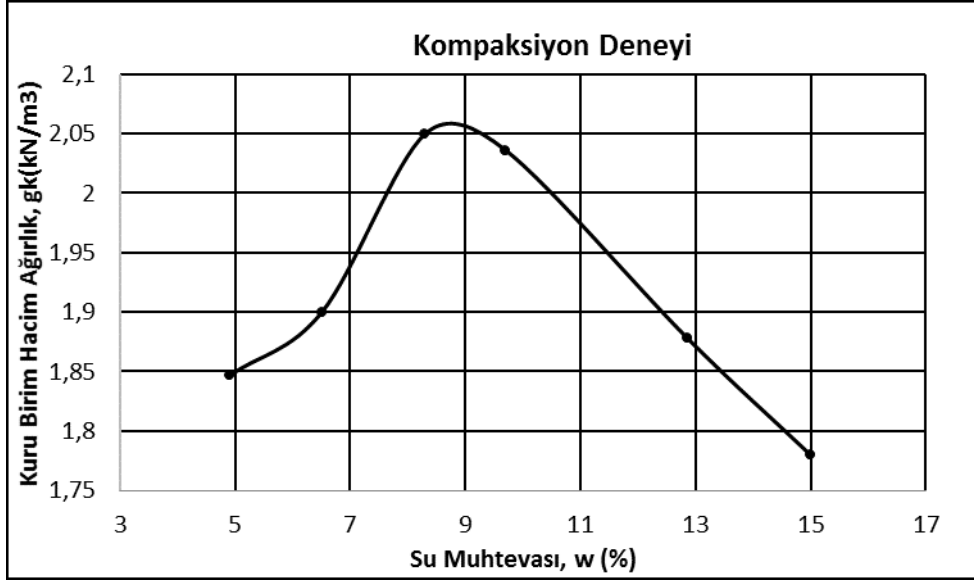
D_{10} (mm)	D_{30} (mm)	D_{60} (mm)	$c_u = \frac{D_{60}}{D_{30}}$	$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10})(D_{60})}$
0,003	0,2	0,5	2,5	26,66

Piknometre deneyi neticesinde zemin numunesinin dane birim hacim ağırlığı 2,67 olarak belirlenmiş ve özgül yoğunluk deney sonuçları Çizelge 5.5 'de verilmiştir.

Tablo 5.4 Zemin örneğine ait özgül yoğunluğun belirlenmesi

Piknometre Ağırlığı (gr) W_1	38,92	$G_s = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$
Piknometre+zemin (gr) W_2	48,93	
Su+Piknometre+zemin (gr) W_3	148,16	
Su+Piknometre	141,89	
		$G_s = 2,67$

Zeminlerin sınıflandırılması ve birim hacim ağırlıklarının belirlenmesinden sonra en önemli deney kompaksiyon deneyidir. Proktor deneyinin amacı sahada en iyi sıkışmanın sağlanabileceği, en yoğun durumdaki optimum su içeriğinin ve maksimum kuru birim hacim ağırlığın belirlenmesidir. Zemin danelerinin en iyi sıkışmayı gösterdiği optimum su muhtevası zeminlerin stabilizasyonu için oldukça önemlidir. Deney, malzemenin belirli bir kap içinde, belirli sayıda tabakalar üzerine uygulanan belirli enerjiler ile sıkıştırılması deneyin esasına dayanmaktadır. Laboratuvarda gerçekleştirilen kompaksiyon deneyi sonucunda zeminin optimum su muhtevası %9,7 ve maksimum kuru birim hacim ağırlığı 2.036 g/cm^3 olarak bulunmuştur. Kompaksiyon deney hesapları Çizelge 5.6'da, kompaksiyon sonuçları Çizelge 5.7'de verilmiştir. Kompaksiyon deney eğrisi Şekil 5.2'de gösterilmiştir.



Şekil 5.2 Kompaksiyon Deney Eğrisi

Tablo 5.5 Zemin örneğine ait kompaksiyon deneyi analiz sonuçları hesap çizelgesi

Birim Hacim Ağırlık												
Deney No	1	2	3	4	5	6						
Kap ağı. (g)	5132	5132	5132	5132	5132	5132						
Kal. Hac.(cm ³)	2122	2122	2122	2122	2122	2122						
Yaş. Num.+Kal. (g)	9234	9444	9850	9878	9646	9488						
Islak num. (g)	4102	4312	4718	4746	4514	4356						
BHA(γ_n) (g/cm ³)	1,93	2,03	2,22	2,236	2,12	2,05						
Su İçeriği												
Kap No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Yaş.Num+kap (g)	75,42	58,21	63,36	64,26	83,09	85,30	126,5	110,9	92,70	83,55	89,55	90,42
Kuru Num.+kap (g)	73,18	56,34	60,90	61,65	78,22	80,57	120,2	105,6	84,37	76,48	80,64	81,18
Kap ağı. (g)	22,8	21,45	22,8	21,45	19,68	23,90	56,05	51,32	19,68	21,45	21,45	19,68
Su ağı. (g)	2,24	1,87	2,46	2,61	4,87	4,73	6,28	5,27	8,33	7,07	8,91	9,24
Kuru num. ağı. (g)	50,38	34,89	38,1	40,20	58,54	56,67	64,23	54,35	64,69	55,03	59,19	61,5
Su İçeriği w (%)	4,44	5,36	6,45	6,49	8,32	8,35	9,77	9,69	12,88	12,85	15	15
Ort. Su İçeriği (%)	4,9		6,5		8,3		9,7		12,86		15	
KBHA, γ_k (g/cm ³)	1,847		1,9		2,05		2,036		1,878		1,78	

Tablo 5.6 Kompaksiyon deneyinden elde edilen parametreler

Optimum Su Muhtevası, $W_{opt}(\%)$	9,7
Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık, $\gamma_k(g/cm^3)$	2,036

Zemin numunesinin sıkıştırma özelliklerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen kompaksiyon deneylerinden sonra sıkıştırılmış zeminlerin dayanımının bir göstergesi olan CBR (California Bearing Ratio-Kaliforniya Taşıma Oranı) deneyleri yapılmıştır. CBR deneyi zemin içerisine 1.27 mm/dak hızla batırılan penetrasyon pistonuna karşı gösterilen direncin, aynı penetrasyon derinliği için standart bir kırmataş numunesinin gösterdiği dirence oranı olarak bilinmektedir. CBR dayanımı önceden belirlenen bir su içeriğinde belirli bir enerjiye göre sıkıştırılan zemin üzerine hız kontrollü olarak batırılan penetrasyon pistonunun istenilen derinliğe ulaşması için uygulanan gerilmenin (birim kuvvet) Çizelge 5.8'de listelenen kırmataşla yapılan deneyde pistonun aynı derinliğe ulaşması için uygulanan standart gerilmeye oranı olarak tanımlanmaktadır (Aytekin,2000):

$$CBR = \frac{\text{Deneyde uygulanan gerilme (veya yük)}}{\text{Standart Gerilme (veya yük)}} \times 100$$

Tablo 5.8 Kırmataşla yapılan deneyde penetrasyon (batma) miktarlarına göre standart gerilmeler (Bowles, 1970)

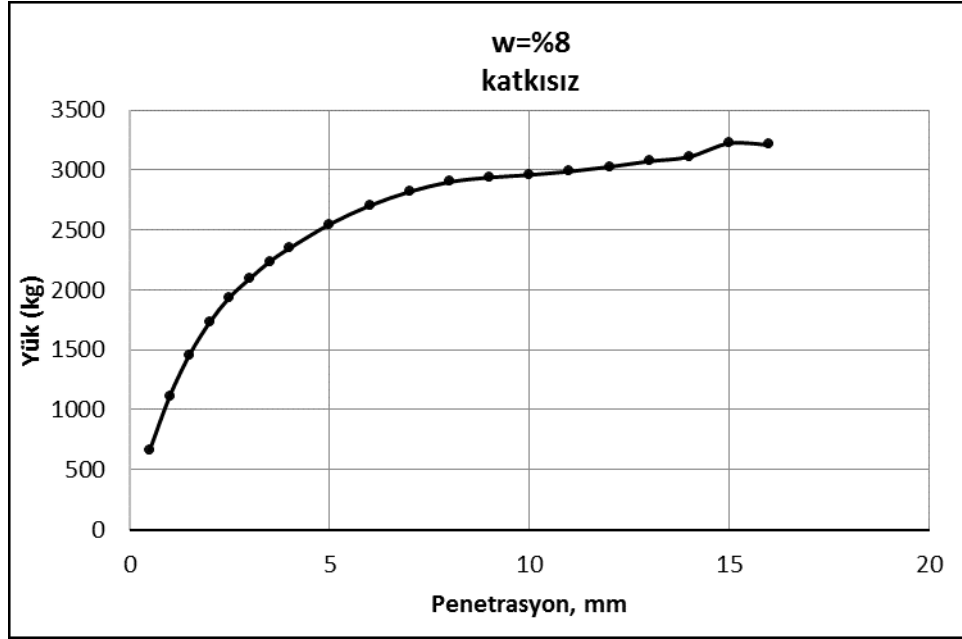
Penetrasyon Derinliği (mm)	Standart Gerilme Kg/cm ²	Standart Yük kg
2.54	70.4	1362.6
5.08	105.6	2043.9
7.62	133.7	2587.7
10.16	161.9	3133.5
12.70	183.0	3541.9

Çorlu yöresinden alınan zemin numunesinde CBR deneyi gerçekleştirilmiştir. Tabii zemin numunesine ağırlıkça %0, % 1 ve % 2 oranında atık lastik katılarak ayrı ayrı CBR deneyleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca CBR deneyleri %8, %8.5, %8.75, %9 ve %9.5 su muhtevası değerlerinde tekrarlı olarak yapılmıştır.

Atık lastik kullanılmadan %8 su muhtevasında gerçekleştirilen deneye ait CBR deney sonuçları Çizelge 5.9'da, CBR deney grafiği Şekil 5.3'te ve Çizelge 5.10'da CBR değeri verilmiştir.

Tablo 5.9 Katkısız ve % 8 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları

Boy kısalması 1/100 mm	Yük (kg)
50	658
100	1110
150	1459
200	1728
250	1939
300	2093
350	2236
400	2349
500	2549
600	2705
700	2822
800	2904
900	2942
1000	2963
1100	2992
1200	3031
1300	3078
1400	3115
1500	3228
1600	3214



Şekil 5.3 Katkısız ve % 8 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği

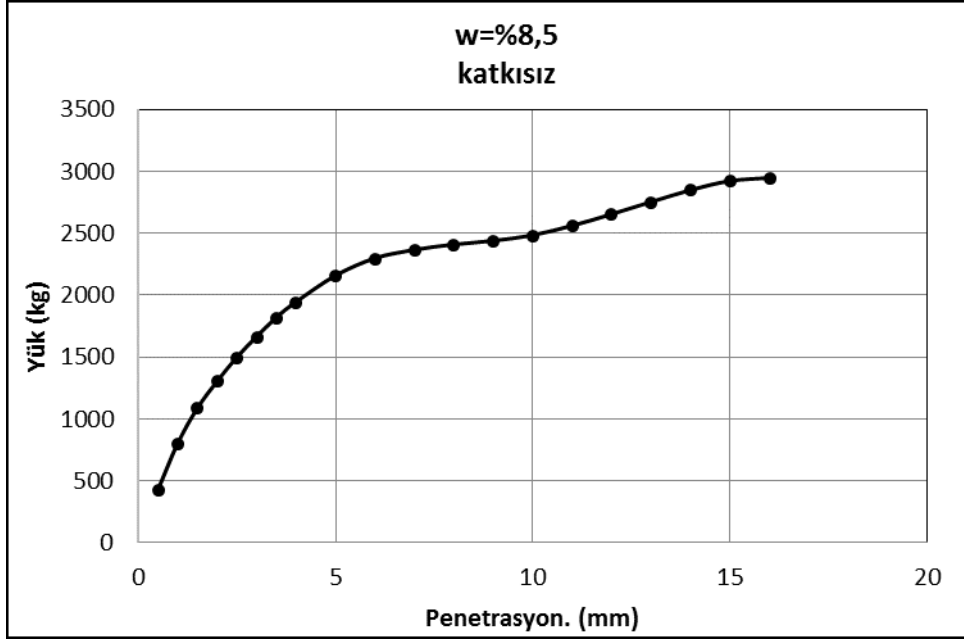
Tablo 5.10 Katkısız ve %8 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri

Penetrasyon (mm)	Yük (kg)	CBR değeri	CBR değeri
CBR _{2,5mm}	1939	142%	142%
CBR _{5,0mm}	2549	124%	

Atık lastik kullanılmadan %8,5 su muhtevasında gerçekleştirilen deneye ait CBR deney sonuçları Çizelge 5.11'da, CBR deney grafiği Şekil 5.4'te ve Çizelge 5.12'de CBR değeri verilmiştir.

Tablo 5.11 Katkısız ve % 8,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları

Boy kısalması 1/100 mm	Yük (kg)
50	427
100	802
150	1086
200	1302
250	1496
300	1662
350	1817
400	1942
500	2154
600	2294
700	2362
800	2405
900	2435
1000	2480
1100	2557
1200	2649
1300	2748
1400	2844
1500	2917
1600	2942



Şekil 5.4 Katkısız ve % 8,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği

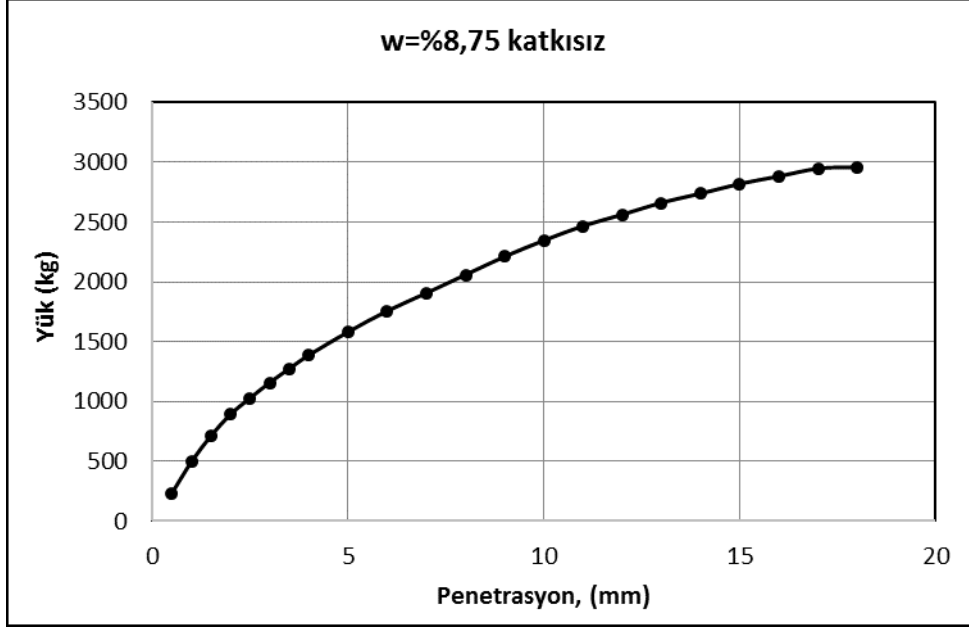
Tablo 5.12 Katkısız ve %8,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri

Penetrasyon (mm)	Yük (kg)	CBR değeri	CBR değeri
CBR _{2,5mm}	1496	109%	109%
CBR _{5,0mm}	2154	105%	

Atık lastik kullanılmadan %8,75 su muhtevasında gerçekleştirilen deneye ait CBR deney sonuçları Çizelge 5.13'de, CBR deney grafiği Şekil 5.5'te ve Çizelge 5.14'de CBR değeri verilmiştir.

Tablo 5.13 Katkısız ve % 8,75 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde
CBR Deney sonuçları

Boy kısalması 1/100 mm	Yük (kg)
50	232
100	496
150	713
200	892
250	1028
300	1157
350	1274
400	1386
500	1580
600	1755
700	1905
800	2058
900	2210
1000	2344
1100	2466
1200	2560
1300	2660
1400	2736
1500	2818
1600	2880
1700	2945
1800	2956



Şekil 5.5 Katkısız ve % 8,75 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği

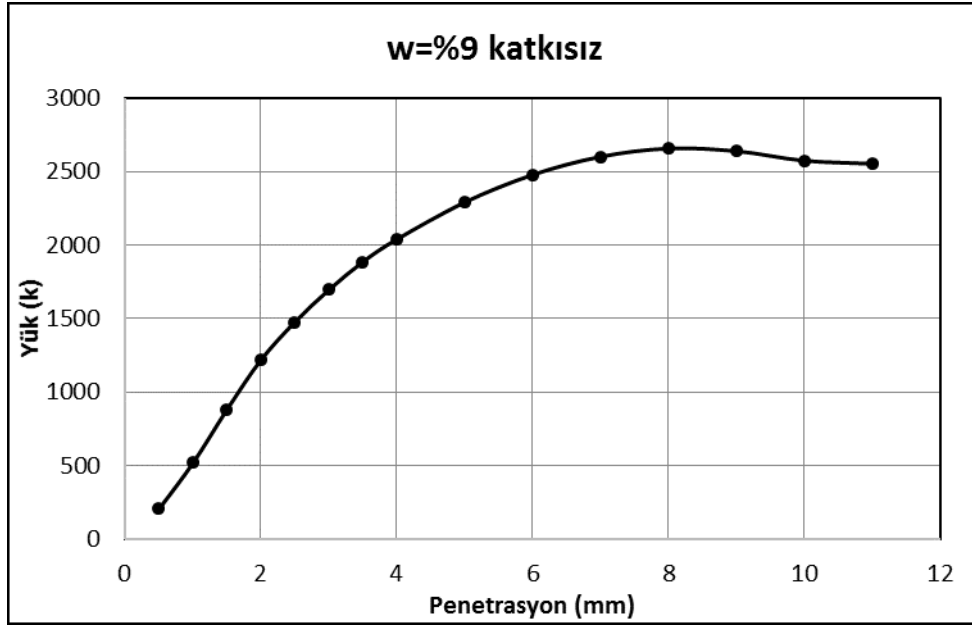
Tablo 5.14 Katkısız ve %8,75 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri

Penetrasyon (mm)	Yük (kg)	CBR değeri	CBR değeri
CBR _{2,5mm}	1028	75%	77%
CBR _{5,0mm}	1580	77%	

Atık lastik kullanılmadan %8,75 su muhtevasında gerçekleştirilen deneye ait CBR deney sonuçları Çizelge 5.15'de, CBR deney grafiği Şekil 5.6'da ve Çizelge 5.16'da CBR değeri verilmiştir.

Tablo 5.15 Katkısız ve % 9 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları

Boy kısalması 1/100 mm	Yük (kg)
50	205
100	518
150	881
200	1218
250	1476
300	1695
350	1885
400	2038
500	2290
600	2477
700	2600
800	2656
900	2639
1000	2574
1100	2553



Şekil 5.6 Katkısız ve % 9 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği

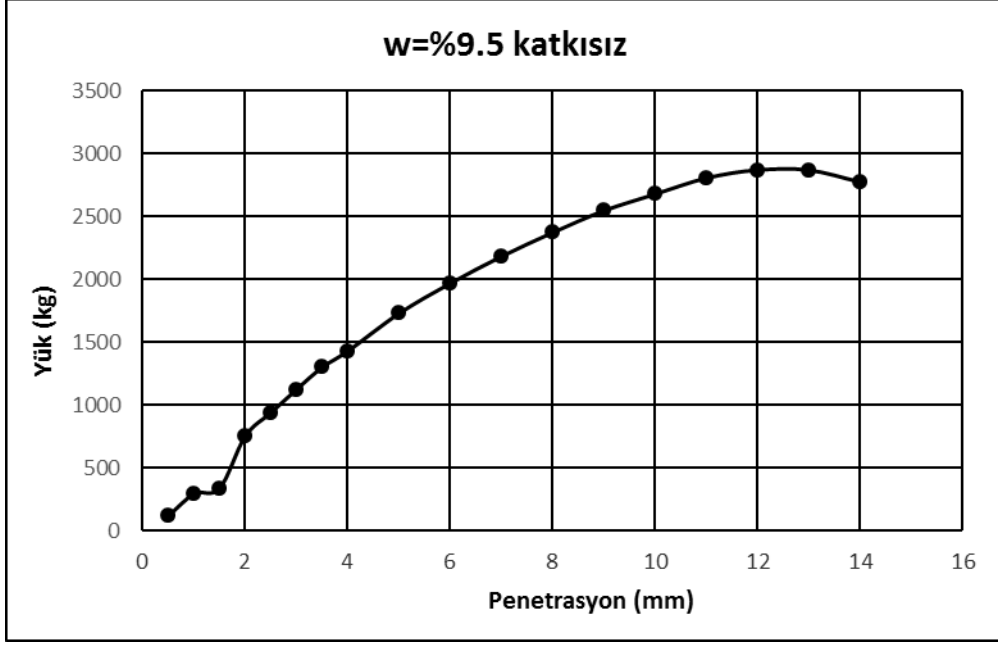
Tablo 5.16 Katkısız ve %9 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri

Penetrasyon (mm)	Yük (kg)	CBR değeri	CBR değeri
CBR _{2.5mm}	1476	109%	112%
CBR _{5,0mm}	2290	112%	

Atık lastik kullanılmadan % 9 su muhtevasında gerçekleştirilen deneye ait CBR deney sonuçları Çizelge 5.17'da, CBR deney grafiği Şekil 5.7'de ve Çizelge 5.18'de CBR değeri verilmiştir.

Tablo 5.17 Katkısız ve % 9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları

Boy kısalması 1/100 mm	Yük (kg)
50	123
100	297
150	342
200	757
250	944
300	1129
350	1305
400	1434
500	1734
600	1973
700	2188
800	2378
900	2552
1000	2684
1100	2812
1200	2876
1300	2875
1400	2780
1500	1631



Şekil 5.7 Katkısız ve % 9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği

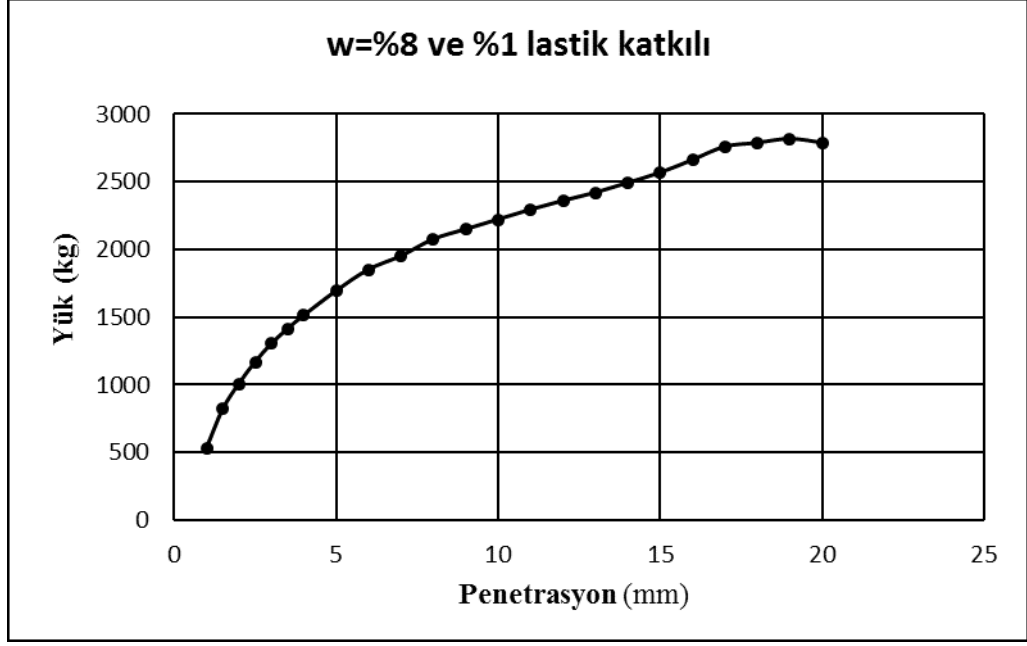
Tablo 5.18 Katkısız ve %9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri

Penetrasyon (mm)	Yük (kg)	CBR değeri	CBR değeri
CBR _{2.5mm}	757	69%	85%
CBR _{5,0mm}	1734	85%	

Zemin numunesine ağırlıkça %1 oranında atık lastik katılarak % 8 su muhtevasında gerçekleştirilen deneye ait CBR deney sonuçları Çizelge 5.19'de, CBR deney grafiği Şekil 5.8'de ve Çizelge 5.20'de CBR değeri verilmiştir.

Tablo 5.19 %1 Katkılı ve % 8 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları

Boy kısalması 1/100 mm	Yük (kg)
50	262
100	534
150	821
200	1009
250	1169
300	1304
350	1413
400	1512
500	1694
600	1851
700	1951
800	2075
900	2148
1000	2221
1100	2293
1200	2359
1300	2419
1400	2491
1500	2566
1600	2660
1700	2758
1800	2786
1900	2816
2000	2787



Şekil 5.8 %1 katkı ve % 8 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği

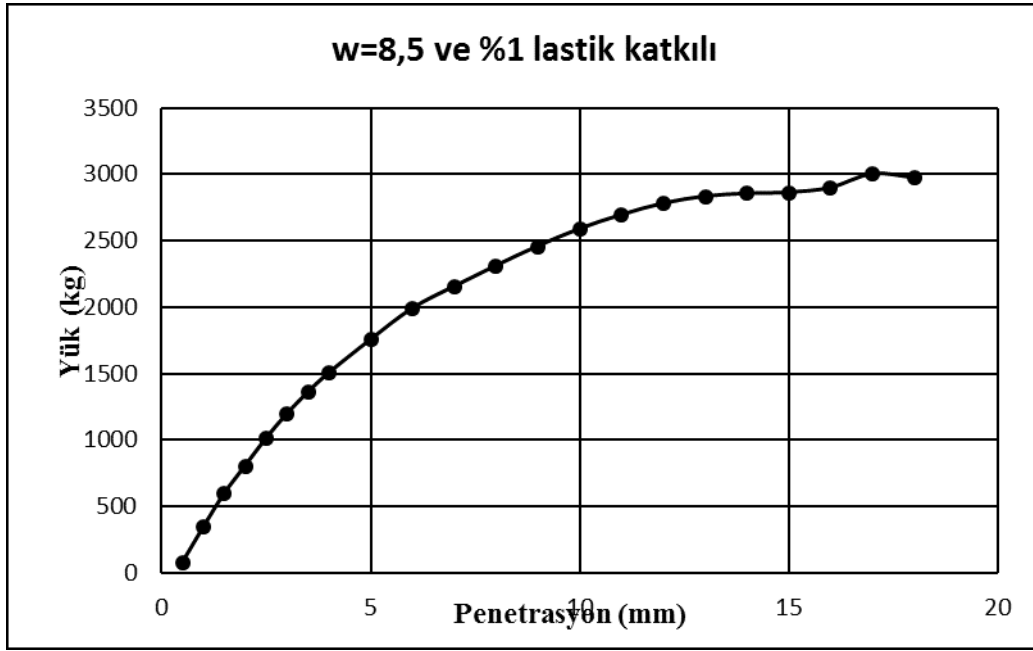
Tablo 3.20 %1 Katkı ve %8 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri

Penetrasyon (mm)	Yük (kg)	CBR değeri	CBR değeri
CBR _{2,5mm}	1169	85%	85%
CBR _{5,0mm}	1694	82%	

Zemin numunesine ağırlıkça %1 oranında atık lastik katılarak % 8,5 su muhtevasında gerçekleştirilen deneye ait CBR deney sonuçları Çizelge 5.21’de, CBR deney grafiği Şekil 5.9’da ve Çizelge 5.22’de CBR değeri verilmiştir.

Tablo 5.21 %1 Katkılı ve % 8,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR
Deney sonuçları

Boy kısalması 1/100 mm	Yük
50	76
100	342
150	595
200	803
250	1011
300	1195
350	1357
400	1502
500	1753
600	1989
700	2153
800	2309
900	2456
1000	2587
1100	2692
1200	2778
1300	2831
1400	2853
1500	2860
1600	2896
1700	3000
1800	2972



Şekil 5.9 %1 katkı ve % 8,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği

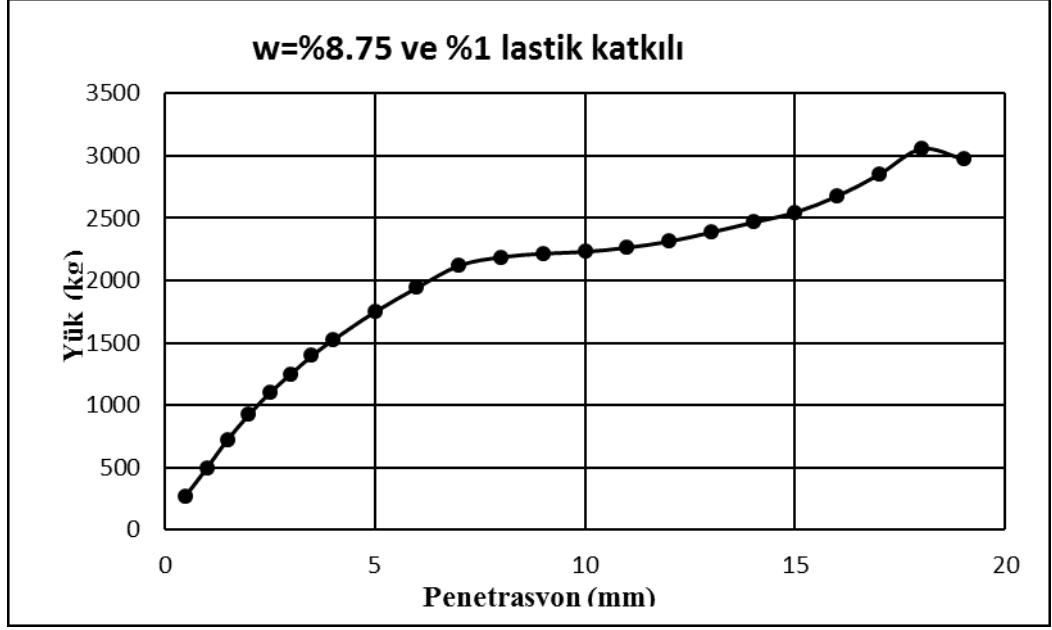
Tablo 5.22 %1 Katkılı ve %8,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri

Penetrasyon (mm)	Yük (kg)	CBR değeri	CBR değeri
CBR _{2,5mm}	1011	74%	85%
CBR _{5,0mm}	1753	85%	

Zemin numunesine ağırlıkça %1 oranında atık lastik katılarak % 8,75 su muhtevasında gerçekleştirilen deneye ait CBR deney sonuçları Çizelge 5.23’de, CBR deney grafiği Şekil 5.10’da ve Çizelge 5.24’de CBR değeri verilmiştir.

Tablo 5.23 %1 Katkılı ve % 8,75 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları

Boy kısalması 1/100 mm	Yük
50	275
100	497
150	728
200	925
250	1101
300	1252
350	1398
400	1524
500	1750
600	1945
700	2122
800	2190
900	2219
1000	2233
1100	2267
1200	2316
1300	2390
1400	2469
1500	2550
1600	2680
1700	2855
1800	3060
1900	2979



Şekil 5.10 %1 katkı ve % 87,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği

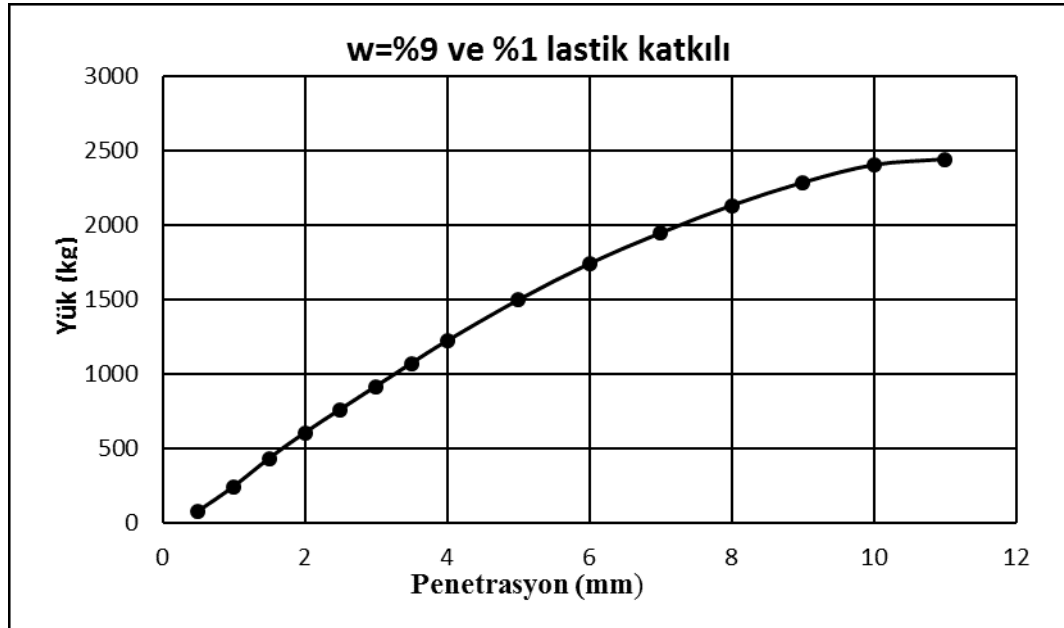
Tablo 5.24 %1 Katkılı ve %8,75 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri

Penetrasyon (mm)	Yük (kg)	CBR değeri	CBR değeri
CBR _{2.5mm}	1101	80%	85%
CBR _{5,0mm}	1750	85%	

Zemin numunesine ağırlıkça %1 oranında atık lastik katılarak % 9 su muhtevasında gerçekleştirilen deneye ait CBR deney sonuçları Çizelge 5.25'de, CBR deney grafiği Şekil 5.11'de ve Çizelge 5.26'da CBR değeri verilmiştir.

Tablo 5.25 %1 Katkılı ve % 9 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları

Boy kısalması 1/100 mm	Yük (kg)
50	77
100	243
150	433
200	604
250	761
300	916
350	1071
400	1221
500	1495
600	1739
700	1945
800	2130
900	2284
1000	2402
1100	2440
1200	2378



Şekil 5.11 %1 katkı ve % 9 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği

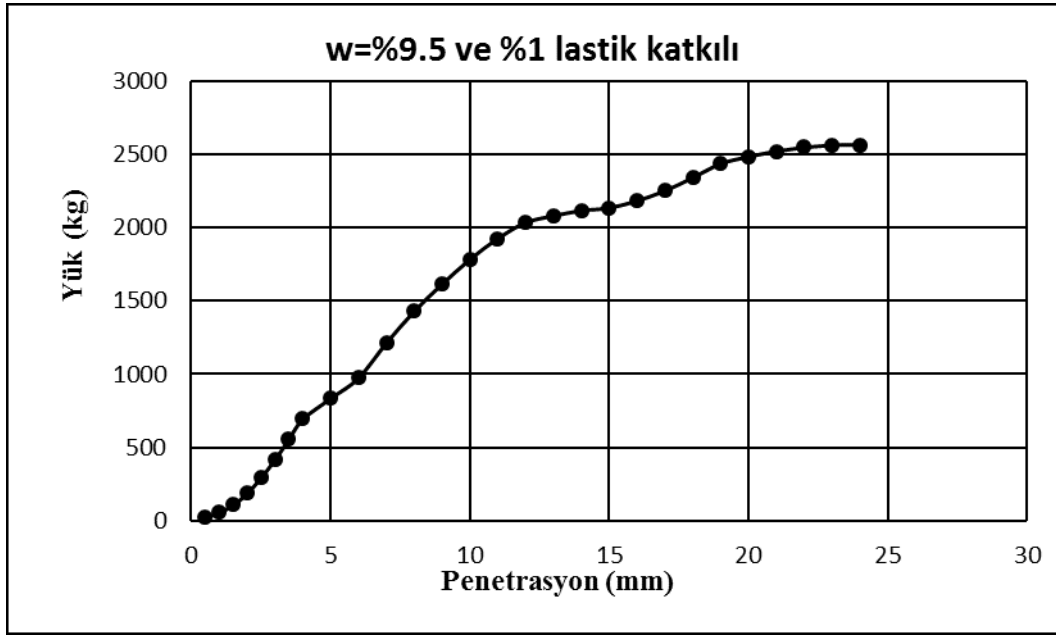
Tablo 5.26 %1 Katkılı ve % 9 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri

Penetrasyon (mm)	Yük (kg)	CBR değeri	CBR değeri
CBR _{2,5mm}	761	55%	73%
CBR _{5,0mm}	1495	73%	

Zemin numunesine ağırlıkça %1 oranında atık lastik katılarak % 9,5 su muhtevasında gerçekleştirilen deneye ait CBR deney sonuçları Çizelge 5.27’de, CBR deney grafiği Şekil 5.12’de ve Çizelge 5.28’de CBR değeri verilmiştir.

Tablo 5.27 %1 Katkılı ve % 9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR
Deney sonuçları

Boy kısalması 1/100 mm	Yük (kg)
50	23
100	56
150	109
200	188
250	294
300	417
350	556
400	695
500	835
600	975
700	1213
800	1429
900	1614
1000	1782
1100	1925
1200	2034
1300	2080
1400	2116
1500	2134
1600	2182
1700	2250
1800	2339
1900	2434
2000	2482
2100	2520
2200	2547
2300	2562
2400	2564



Şekil 5.12 %1 katkı ve % 9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği

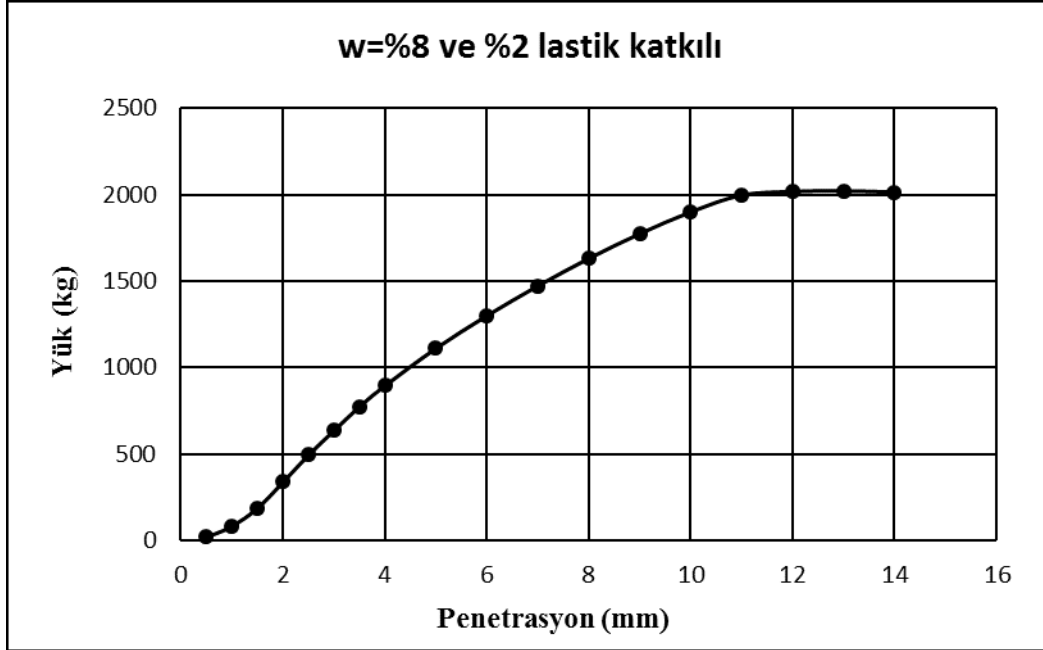
Tablo 5.28 %1 Katkı ve % 9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri

Penetrasyon (mm)	Yük (kg)	CBR değeri	CBR değeri
CBR _{2,5mm}	294	22%	41%
CBR _{5,0mm}	835	41%	

Zemin numunesine ağırlıkça %2 oranında atık lastik katılarak % 8 su muhtevasında gerçekleştirilen deneye ait CBR deney sonuçları Çizelge 5.29'de, CBR deney grafiği Şekil 5.13'te ve Çizelge 5.30'da CBR değeri verilmiştir.

Tablo 5.29 %2 Katkılı ve % 8 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları

Boy kısalması 1/100 mm	Yük (kg)
50	20
100	83
150	188
200	338
250	495
300	636
350	774
400	895
500	1111
600	1300
700	1472
800	1631
900	1774
1000	1900
1100	1997
1200	2018
1300	2022
1400	2014



Şekil 5.13 %2 katkı ve % 8 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği

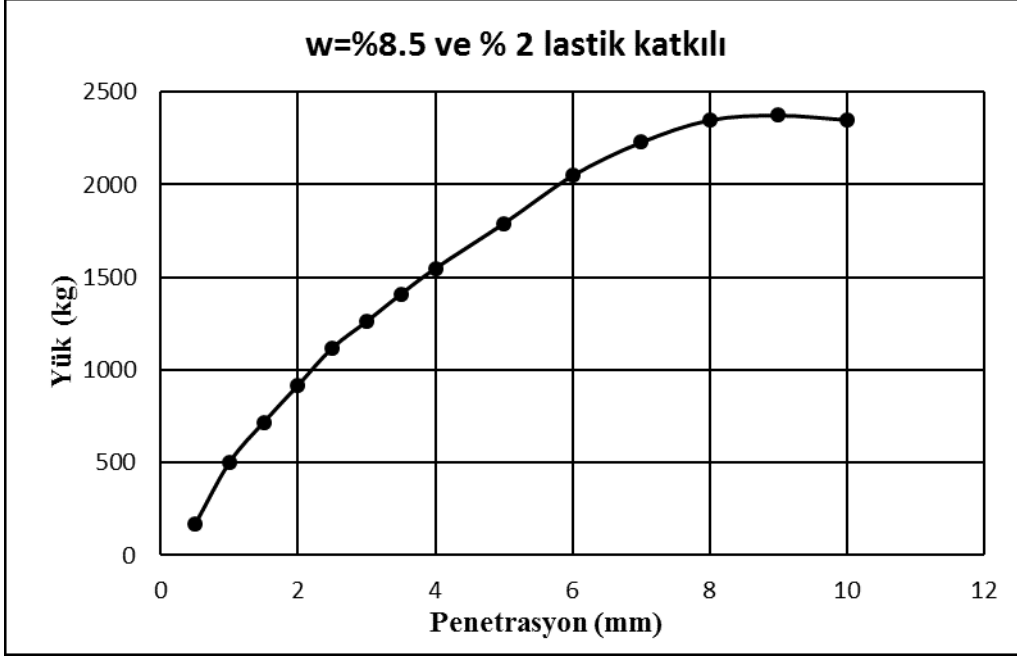
Tablo 5.30 %2 Katkılı ve % 8 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri

Penetrasyon (mm)	Yük (kg)	CBR değeri	CBR değeri
CBR _{2,5mm}	495	36%	54%
CBR _{5,0mm}	1111	54%	

Zemin numunesine ağırlıkça %2 oranında atık lastik katılarak % 8,5 su muhtevasında gerçekleştirilen deneye ait CBR deney sonuçları Çizelge 5.31’de, CBR deney grafiği Şekil 5.14’te ve Çizelge 5.32’de CBR değeri verilmiştir.

Tablo 5.31 %2 Katkılı ve % 8,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları

Boy kısalması 1/100 mm	Yük (kg)
50	170
100	503
150	719
200	919
250	1120
300	1262
350	1410
400	1548
500	1791
600	2048
700	2228
800	2348
900	2374
1000	2350



Şekil 5.14 %2 katkı ve % 8,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği

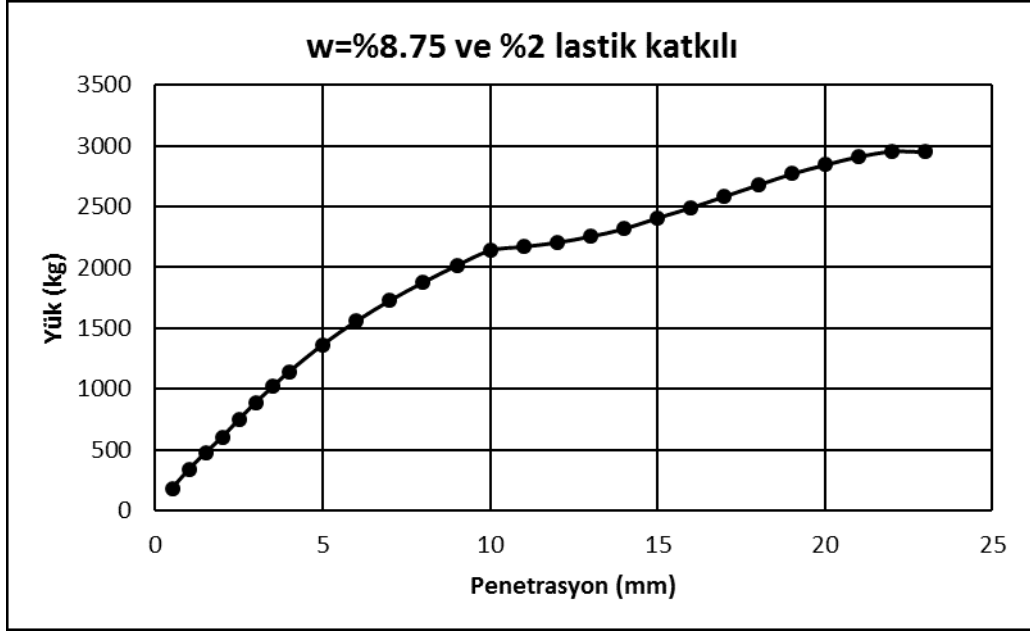
Tablo 5.32 %2 Katkı ve % 8,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri

Penetrasyon (mm)	Yük (kg)	CBR değeri	CBR değeri
CBR _{2,5mm}	1120	82%	87%
CBR _{5,0mm}	1791	87%	

Zemin numunesine ağırlıkça %2 oranında atık lastik katılarak % 8,75 su muhtevasında gerçekleştirilen deneye ait CBR deney sonuçları Çizelge 5.33'de, CBR deney grafiği Şekil 5.15'de ve Çizelge 5.34'de CBR değeri verilmiştir.

Tablo 5.33 %2 Katkılı ve % 8,75 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları

Boy kısalması 1/100 mm	Yük (kg)
50	182
100	338
150	476
200	606
250	751
300	891
350	1019
400	1144
500	1366
600	1558
700	1728
800	1878
900	2017
1000	2140
1100	2172
1200	2206
1300	2256
1400	2319
1500	2409
1600	2492
1700	2587
1800	2680
1900	2771
2000	2846
2100	2913
2200	2956
2300	2951



Şekil 5.15 %2 katkı ve % 8,75 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği

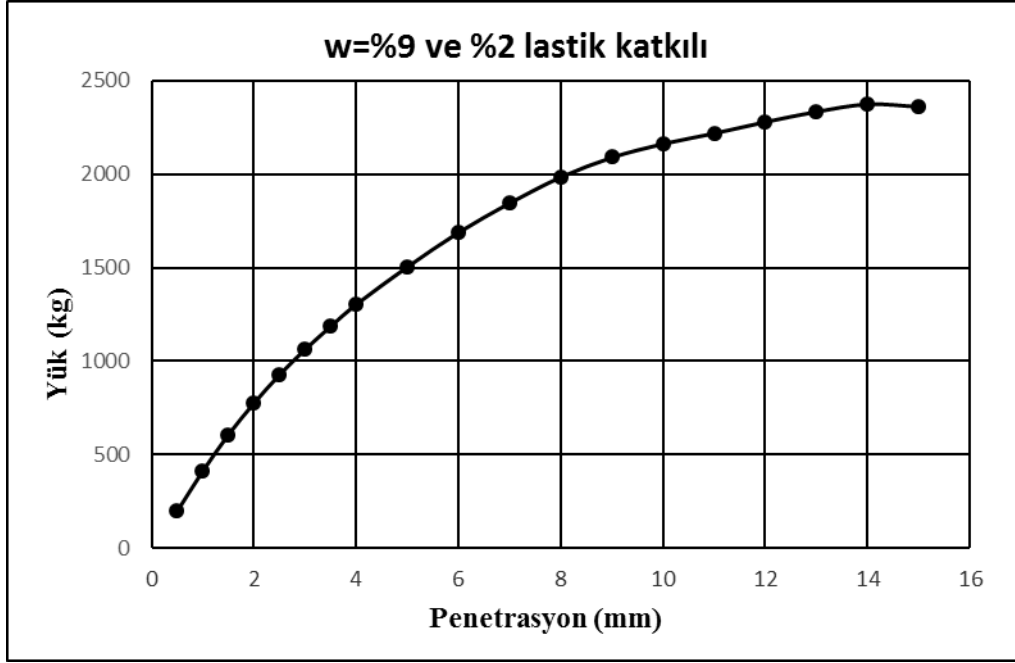
Tablo 5.34 %2 Katkı ve % 8,75 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri

Penetrasyon (mm)	Yük (kg)	CBR değeri	CBR değeri
CBR _{2,5mm}	751	55%	66%
CBR _{5,0mm}	1366	66%	

Zemin numunesine ağırlıkça %2 oranında atık lastik katılarak % 9 su muhtevasında gerçekleştirilen deneye ait CBR deney sonuçları Çizelge 5.35'te, CBR deney grafiği Şekil 5.16'da ve Çizelge 5.36'de CBR değeri verilmiştir.

Tablo 5.7 %2 Katkılı ve % 9 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları

Boy kısalması 1/100 mm	Yük
50	199
100	414
150	608
200	777
250	929
300	1065
350	1188
400	1305
500	1506
600	1690
700	1847
800	1986
900	2091
1000	2164
1100	2220
1200	2281
1300	2336
1400	2376
1500	2362



Şekil 5.16 %2 Katkılı ve % 9 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği

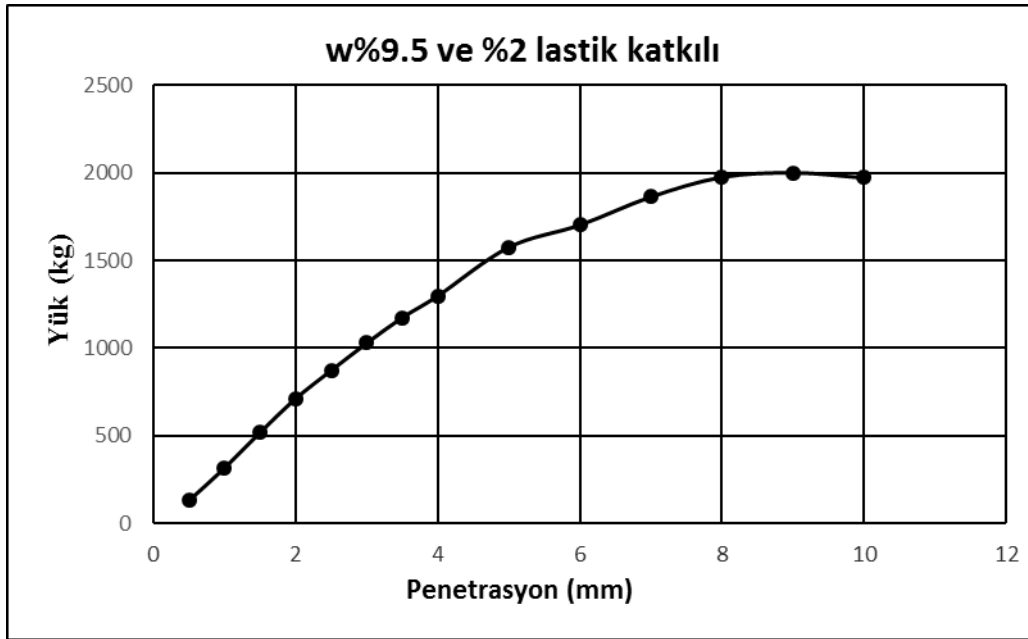
Tablo 5.36 %2 Katkılı ve % 9 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri

Penetrasyon (mm)	Yük (kg)	CBR değeri	CBR değeri
CBR _{2,5mm}	929	68%	73%
CBR _{5,0mm}	1506	73%	

Zemin numunesine ağırlıkça %2 oranında atık lastik katılarak % 9,5 su muhtevasında gerçekleştirilen deneye ait CBR deney sonuçları Çizelge 5.37’de, CBR deney grafiği Şekil 5.17’de ve Çizelge 5.38’de CBR değeri verilmiştir.

Tablo 5.37 %2 Katkılı ve % 9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR Deney sonuçları

Boy kısalması 1/100 mm	Yük (kg)
50	129
100	315
150	518
200	711
250	872
300	1028
350	1174
400	1298
500	1576
600	1703
700	1864
800	1976
900	2001
1000	1972



Şekil 5.17 %2 Katkılı ve % 9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR deney grafiği

Tablo 5.38 %2 Katkılı ve % 9,5 su içeriğinde hazırlanan numune üzerinde CBR değeri

Penetrasyon (mm)	Yük (kg)	CBR değeri	CBR değeri
CBR _{2,5mm}	872	64%	77%
CBR _{5,0mm}	1576	77%	

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada; kumlu zeminlerin, değişik oranlarda öğütülmüş atık lastiklerden oluşan katkı malzemeleri ile mukavemetlerinde iyileştirmeler araştırılmıştır. Deneysel çalışmada, NKU Çorlu Mühendislik Fakültesi Yerleşkesi civarından alınan kumlu zemin numuneleri üzerinde sırasıyla elek analizi, hidrometre, piknometre, kompaksiyon ve CBR deneyleri yapılmıştır.

Granülometri deney eğrisinden zemin numunesinin %80 oranında kum içerdiği belirlenmiştir. Kompaksiyon deneyi sonucunda, zeminin arazide en iyi sıkışmayı gösterdiği optimum su muhtevası %9.7, zeminin maksimum kuru birim hacim ağırlığı 2.036 g/cm^3 olarak bulunmuştur.

Farklı su muhtevalarında gerçekleştirilen CBR deneyleri zemine ağırlıkça %0, %1 ve %2 atık lastik karıştırılarak yapılmıştır. Atık lastik kullanılmadan gerçekleştirilen deneyde en yüksek CBR değeri %142 ile %8 su muhtevasında elde edilmiştir. %1 atık lastik karıştırılarak yapılan deneyde en yüksek CBR değeri %85 ile %8, %8.5 ve %8.75 su muhtevası değerlerinde bulunmuştur. %2 atık lastik karıştırılarak yapılan deneyde en yüksek CBR değeri %87 ile % 8.5 su muhtevası değerinde elde edilmiştir.

%1 ve %2 atık lastik katkılı ve farklı su muhtevalarında hazırlanan zemin numuneleri üzerinde yapılan deneylerde CBR değerlerinde belirgin bir değişiklik olmamakla birlikte atık lastik katılmadan farklı su muhtevalarında hazırlanan zemin numuneleri üzerinde gerçekleştirilen deneylerde CBR değerlerinde farklılık görülmüştür.

Yapılan deney sonuçları incelendiğinde, öğütülmüş atık lastiklerin karışım oranlarının artmasıyla kumlu zeminde CBR değerlerinde artış olmayıp aksine azalmalar gözlemlenmiştir.

Bu proje çalışmasıyla, benzer konularda yapılan çalışmalara ışık tutacağı düşünülmekle beraber sadece lastiklerin katkısıyla kumlu zeminlerde arzu edilen zeminlerin iyileştirmelerinin sağlanamayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Böylelikle, farklı katkı malzemeleri ile yapılacak araştırmalar ile bu projenin devamı niteliğinde başka proje çalışmalarının planlanmasına ihtiyaç duyulduğu gerçeği bir kez daha ortaya konulmuştur.

KAYNAKLAR

BOSSCHER, P.J., EDİL., T.B. and KURAOKA, S. 1997. Design of Highway Embankments Using Tire Chips. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 123 (4):295-304.

CETIN, H., FENER, M. and GUNAYDIN, O., 2006. Geotechnical Properties of Tire-Cohesive Clayey Soil Mixtures as a Fill Material Engineering Geology, 88(1-2):110-120

DICKSON, T.H., DWYER, D.F. and HUMPHREY, D. N.,2001. Prototypes Tire-Shred Embankment Construction Transportation Research, Record ,1755, TRB, National Research Council, Washingto, D.C., 160-167

EREN, Ö. ve YILMAZ, Z., 2004. İMO Teknik Dergi, 2004 3311-3322, Yazı 222, Değişik Sıcaklıklarda Kür Edilen Salt Portland Çimentolu, Yüksek Fırın Cürufu veya Uçucu Kül Katkılı Betonlarda Dayanım Gelişimi.1

EDİNCİLİLER, A., BAYKAL, G. And DENGİLİ, K., 2004. Determination of Static and Dynamic Behaviour of Waste Materials. Resources, Conversation and Recycling, 42 (3):223-237

DERMATAS, D., MENG, X., 2003. Utilization of Fly Ash for Stabilization/Solidification of Heavy Metal Contaminated Soils , W.M. Keck Geoenvironmental Laboratory, Center for Environmental Engineering, Stevens Institute of Technology, Hoboken, NJ 07030, USA.

GHAZAVI,M.,2004. Shear Strength Characteristics of Sand-Mixed With Granular Rubber, Geotechnical and Geological Engineering 22: 401–416, 2004 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

GHAZAVI, M. And SAKHI, M.A., 2005. Optimization of Aspect Ratio of Waste Tire Shreds in Sand-Shred Mixtures Using CBR Tests. Geotechnical Testing Journal, 28 (6):1-6

HUMPHREY, D.N., 1996. Investigation of Exothermic Reaction in Tire Shred Fill Located on SR 100 in Ilwaco, Washington. Consulting Report to FHWA, US Department of Transportation.

KALINSKI, M.E. and HIPPLEY,2005. B.T., The Effect of Water Content and Cement Content on the Strenght of Portland Cement-Stabilized Compacted Fly Ash, Fuel84, 1812-1819.

KAVAK,A. ve BİLGEN,G., 2005. Yüksek Fırın Cürufu ve Kirecin Katkı Olarak Kil Üzerindeki Etkileri ve Yol Yapımında Kullanımının Araştırılması, Geoteknik Sempozyumu, Adana.

PRABAKAR, J. DENDORKAR, N. and MORCHHALE, R.K.,2003. Influence of Fly Ash on Strength Behavior of Typical Soils, Construction and Building Materials.

LI, K., 1988, Use of Cement, Flyash and EER Admixture in Soil Stabilization. B.S.C.E., Tamkang University, A Thesis Submitted in partial Fulfillment of the Requirements for the degree of master of science in civil engineering.

TAN,Ö., 2002. İlave Malzemelerle Stabilize Edilmiş Kumlarda Kayma Direnci Parametrelerinin Taguchi Yöntemi ile Belirlenmesi. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Dokuzuncu Ulusal Kongresi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.

SIVAPULLAIAH, P.V., KANTHA, H.L. and KIRAN, K.M., 2003. Geotechnical Properties of Stabilised Indian Red Earth, Geotechnical and Geological Engineering 21: 399–413, 2003.Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

ŞENOL, A., ve EDİL,T., 2004. Uçucu Kül ile Stabilize Edilen Yumuşak Zeminlerin CBR Sonuçlarının Değerlendirilmesi. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onuncu Ulusal Kongresi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

TÜDEŞ, E., 1996. Zeminlerin Kireç ve Çimento Katkısı ile Çözümü. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 161s.

YOON, Y.W., CHEON, S.H. and KANG, D.S., 2003. Bearing Capacity and Settlement of Tire-Reinforced Sands, Geotextiles and Geomembranes.

ZORNBERG, J.G., ALEXANDRE, R.C and VIRATJANDR, C., 2004. Behaviour of Tire Shred-Sand Mixtures. Canadian Geotechnical Journal, 41(2):227-241