

ZEMİN STABİLİZASYONUNDA BİTÜMÜN KULLANILMASI İLE ÜSTYAPIDA SAĞLANACAK EKONOMİNİN ARAŞTIRILMASI

Bekir YILDIRIM FÜ. Mühendislik Fak. İnşaat Müh.
Böl. ELAZIĞ

Taner ALATAŞ F.Ü. Mühendislik Fak. İnşaat Müh.
Böl. ELAZIĞ

Şeref DAĞDELEN Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ANKARA

THE STUDY OF DETERMINING ECONOMY OF SUPERSTRUCTURE IN SOIL STABILIZATION WITH BITUM

ABSTRACT

In this study, some experiments were carried-out on the soil-asphalt mixture. The optimum asphalt quantity that gives maximum compressive strength were seen at %3 from the unconfined compressive strength tests. After the CBR (California Bearing Ratio) tests, the CBR value of soil were found as %11 and also the CBR value of soil-asphalt mixture were found as %20.

The necessary pavement thicknesses in both before and after stabilization were calculated by AASHO method according to proposed road section, the traffic load and CBR results. The cost of pavement in both before and after stabilization were calculated. It has been seen that the soil-asphalt stabilization process provides %5.2 economy on the cost of pavement.

Key words: Soil-asphalt stabilization, soil stabilization, bitumen, pavement.

ÖZET

Bu çalışmada, zemin-asfalt karışımları üzerinde deneyler yapılmıştır. Yapılan serbest basınç mukavemeti deneylerinde, maksimum basınç mukavemetini veren optimum asfalt miktarının %3 olduğu görülmüştür. Yine yapılan CBR (Kaliforniya Taşıma Oranı) deneyinde, zeminin CBR değeri %11, zemin-asfalt karışımının ise %20 olarak bulunmuştur. Örnek alınan bir yol kesiti, trafik yükü ve CBR deneyi sonucuna göre stabilizasyonsuz ve stabilizasyon yapıldığı takdirde olması gereken üstyapı kalınlıkları AASHTO metoduyla hesaplanmıştır. Stabilizasyondan önce ve sonra üstyapı maliyeti hesaplanmış, zemin-asfalt stabilizasyonundan dolayı üstyapı maliyetinde %5.2 ekonomi sağlandığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Zemin-asfalt stabilizasyonu, zemin stabilizasyonu, bitüm, üstyapı.

1.GİRİŞ

Stabilizasyonla zeminin; mukavemet, rijitlik, basınç dayanımı, geçirgenlik, drenaj ve donma hassasiyeti gibi özellikleri iyileştirilebilir. Yol altyapısını stabil bir duruma getirmek için birçok stabilizasyon metotları mevcuttur. Ülkemizde genellikle mekanik stabilizasyon metodu uygulanmaktadır. Kireç ve çimentonun çok miktarda bulunması nedeniyle zemin-kireç ve zemin-çimento stabilizasyonu da karayollarımızda kullanılmaktadır. Zemin-asfalt stabilizasyonu ile zeminin su tutması azaltılarak geçirimsizliği sağlanır, zemin daneleri birbirine bağlanarak zeminin kohezyonu ve stabilitesi artırılıp üstyapı kalınlığı azaltılır.

Bu çalışmada, zemin-asfalt stabilizasyonu sonucunda üstyapıda sağlanacak ekonomi araştırılmıştır.

2. ZEMİN-ASFALT STABİLİZASYONU

2.1. Genel Bilgiler

İlk zemin-asfalt stabilizasyonu ABD'de Missouri, Güney Carolina, Iowa ve Nebraska'da 1925-1932 yılları arasında uygulanmıştır. Yapılan stabilizasyon çalışmalarında, yol altyapısının likit asfaltlarla stabilize edildiklerinde sağlam bir temel meydana geldiği görülmüştür (Cilason, 1964). Altyapının üst kısmında zeminde bir

bağlayıcılık temin etmek ve zemini sudan koruyarak her türlü hava şartlarında dayanımı artırmak için zemin-asfalt stabilizasyonu yapılır.

Zemin-asfalt stabilizasyonuna etki eden faktörlerden biri de likit asfaltların zemin daneleri arasındaki dağılımıdır. Bu dağılım homojen olmalıdır. Zemin-asfalt karışımının stabilitesi karıştırma süresine bağlıdır. Uygun bir karıştırma süresinde stabilite yüksek olacaktır.

Zemin-asfalt stabilizasyonunda kullanılan su ve bitümlü malzemelerin yüzdesinin toplamı, sıkıştırılacak karışımın boşluklarını dolduracak hacmi aşmamalıdır (Wright ve Paquette, 1987)

Zeminin granülometrisi, plastisitesi ve pülverize edilebilme durumu, stabilize edilecek zeminin direnci üzerinde rol oynayan önemli etkenlerdir. Genellikle zeminin dane boyutu küçüldükçe ve plastisitesi arttıkça bitümlü malzeme ile zor karışmaktadır. Zeminin içerisinde granüler malzemenin olması halinde stabilize edilecek zeminin direnci ve dayanıklılığı artar ve kullanılacak bitümlü malzeme miktarı azalır (Umar ve Ağar, 1985).

Çok çeşitli zeminler (kum, kil ve iyi granülometrilili zeminler) bitümlü malzemeler ile stabilize edilebilirler. Ancak karışımda ne kadar çok ince malzeme varsa su geçirmezliği sağlamak için o kadar çok miktarda bitüme ihtiyaç hasıl olur. Zemin-asfalt stabilizasyonunda kullanılan su, zeminin sıkışmasını kolaylaştırmak ve bitümlü malzemenin üniform dağılmasını sağlamak için kullanılır (Wright ve Paquette, 1987).

İnce yapılı zeminlerin plastisite indeksinin en fazla %12 olması uygun görülmektedir. Plastisitesi yüksek olan zeminler için hızlı ve orta kür eden asfaltlar tercih edilir.

Asfalt-kum stabilizasyonu özellikle sahil bölgelerde başarı ile kullanılmıştır. Burada asfaltın fonksiyonu kumlar arasındaki kil birimleri arasında yapışmayı sağlamak ve böylece su geçirgenliğini en alt düzeye indirmektir (Witczak ve Yoder. 1975). Kurak bölgelerde, asfalt ile stabilize edilen kumlar genelde iyi bir yüzey oluşturmaktadır.

Bitümlü malzemenin cinsi ve miktarı, stabilizasyon yapılacak zeminin stabilitesini etkiler. Bitümlü malzemenin cinsi genellikle iklim koşullarına ve zeminlerin cinsine göre seçildiğinden sıcak iklimlerde yavaş sertleşen katbek asfaltları kullanılır. Likit asfaltın sertleşmeden önce zemin daneleri arasına iyice girmesi sağlanmış olur. Soğuk iklimlerde ve fazla miktarda daneli malzeme içeren zeminlerde çabuk kuruyan katbek asfaltları kullanılır. Asfalt emülsiyonları genellikle sıcak iklimlerde, yol katranlarının RT-3'den RT-10'a kadar olan tipleri ise nemli iklimlerde kullanılır.

Yapılan deneylerde; ince yapılı zeminlerle yapılan stabilizasyonda %4-8, kumla yapılında %4-10, çakıl ve kumlu-çakılla yapılanlarda %2-6 arasında bittim oranının değiştiği görülmüştür (Witczak ve Yoder, 1975).

2.2. Yapım Metodu

Kullanılacak bitümün uygulama sıcaklığı, bitümlü malzemelerin cinslerine göre değişmektedir. Zemin-bitüm stabilizasyonu sıcak havalarda yapılmalıdır. 10°C 'dan daha düşük hava sıcaklıklarında likit asfaltlarla zemin stabilizasyonu yapılmamalıdır (Umar ve Açar, 1985).

İnşaat sırasında zeminin rutubeti optimum rutubetten daha az olmalıdır. Asfalt, zeminle bu rutubette karıştırılmalı ve sıkıştırılmadan önce karışımın sertleşmesini sağlamak için havalandırılarak içindeki uçucu maddenin çıkmasına müsaade edilmelidir (Cilason, 1964).

Karışım greyder, disk, tırmık ve döner mikserlerle karıştırılır. Havalandırma tamamlandıktan sonra karışım üniform tabaka halinde yayılır. Tabaka kalınlığı işin durumuna göre 5-15 cm arasında değişir. Sıkıştırma genellikle keçi ayaklı silindir veya pnömatik silindirlerle yapılır. Belirli bir yoğunluğa ulaşıncaya kadar sıkıştırmaya devam edilir. Son tabakanın sıkıştırılması pnömatik silindirler veya düzgün yüzeyli silindirlerin kullanılması ile tamamlanır (Wright ve Paquette, 1987).

Asfaltla stabilize edilen zemin ana yollarda bir aşınma yüzeyi olarak kullanılmaz. Ancak trafiği az olan yollarda aşınma yüzeyi olarak kullanılabilir. Zemin-asfalt stabilizasyonunda kalınlık 10-25 cm arasında değişir. Bu stabilizasyonda; yerinde karıştırma metodu, hareketli plent metodu ve sabit plent metodu uygulanabilir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Zemin Numuneleri ve Asfalt Üzerinde Yapılan Deneyler ve Sonuçları

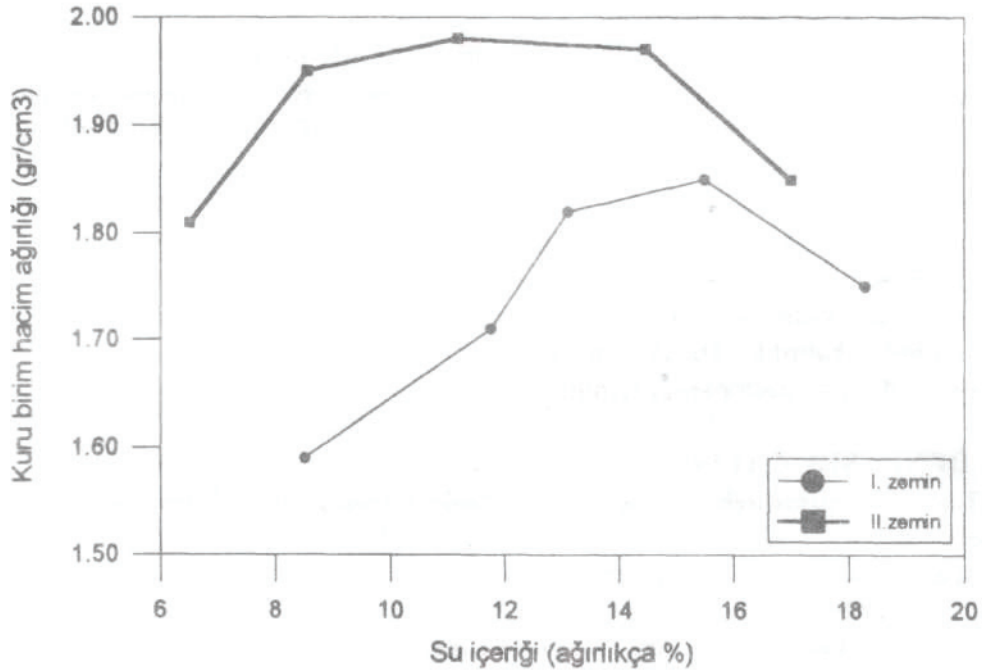
Deneyler, F.Ü. Müh. Fak. İnş. Müh. Böl. laboratuvarında, asfalt deneyleri ise Karayolları 8. Bölge Müdürlüğü Araştırma laboratuvarında yapılmıştır.

Tablo 3.1. Şartname limitleri ve deneylerde kullanılan zeminin elek analizi sonuçları.

Elek No	Şartname limitleri % Geçen	I Nolu Zemin % Geçen	II Nolu Zemin % Geçen
4	50-100	84.20	75.50
40	35-100	41.70	55 40
200	10-50	12.80	12.80

Tablo 3.2. Standart Proctor Deneyi Sonuçları

Deney no	1	2	3	4	5
I nolu zemin					
Su içeriği (%)	8.51	11.76	13.11	15.50	18.28
Kuru birim hacim ağırlığı (gr/cm ³)	1.59	1.71	1.82	1.85	1.75
II nolu zemin					
Su içeriği (%)	6.50	8.55	11.19	14.47	17.00
Kuru birim hacim ağırlığı (gr/cm ³)	1.81	1.95	1.98	1.97	1.87

**Şekil 3.1.** Zemin numunelerinin kuru birim hacim ağırlığı ve su içerikleri ilişkisi.

Stabilizasyonda iki çeşit zemin kullanılmıştır. I nolu zeminde kil oranı daha fazla, II nolu zeminde ise kum oranı daha fazladır. Şartname limitleri ve % geçen zemin miktarları Tablo 3.1' de gösterilmiştir.

I nolu zeminin likit limiti 32.14, plastik limiti 14.84 ve plastisite indisi 17.30 olarak bulunmuş ve seçilen zeminler üzerinde Standart Proctor Deneyleri yapılmıştır. Maksimum kuru birim hacim ağırlığı ve optimum su içerikleri değerleri bulunarak Tablo3.2'de gösterilmiştir. Şekil 3.1'de de zemin numunelerinin kuru birim hacim ağırlığı ve su içerikleri ilişkisi görülmektedir.

Stabilizasyonda MC-800 katbek asfaltı kullanılmış ve viskozitesi "Saybolt Viskozite" deneyi ile 165 sn olarak bulunmuştur. TS 117 'de MC-800 asfaltın viskozite değerinin 100-200 arasında olması gerektiği belirtilmiştir. Deneyde kullanılan MC-800 asfaltın özgül ağırlığı 1.013 gr/cm³ olarak bulunmuştur.

3.2. Zemin-Asfalt Stabilizasyonu Üzerinde Yapılan Deneyler ve Sonuçları

3.2.1. Serbest Basınç Mukavemeti Deneyi

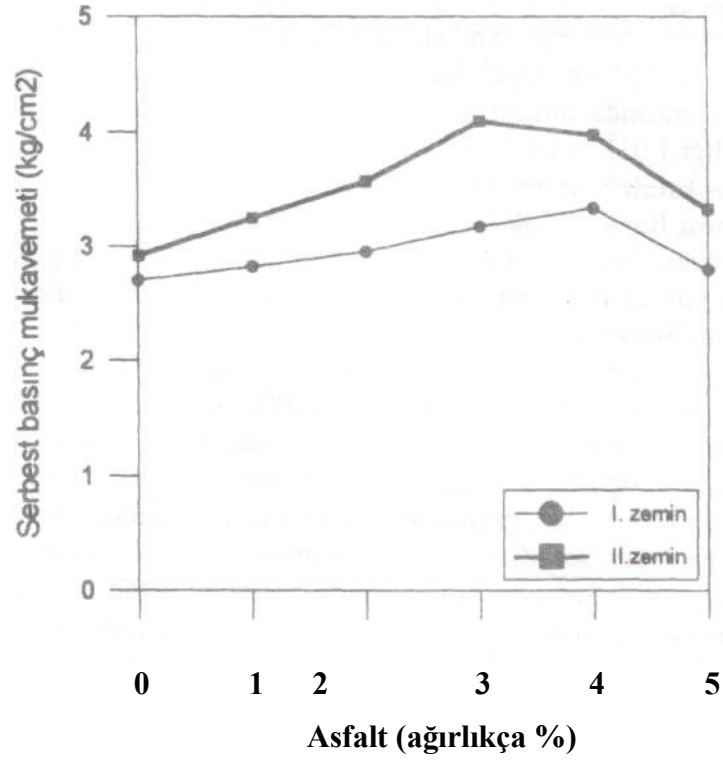
Deney Standart Proctor kalıbında 3 tabaka halinde ve 2.5 kg ağırlığında standart tokmağın 30.5 cm yükseklikten her tabakaya 25 defa düşürülmesi suretiyle sıkıştırılmış ve zemin-asfalt karışımı üzerinde yapılmıştır.

Optimum su içeriğinin biraz altında %10 su içeriği ile zemin numuneleri hazırlanarak içerisine % 1-2-3-4-5 oranlarında 120°C sıcaklıkta MC-800 katbek asfaltı püskürtülmüş ve karışım hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler rutubetli bir ortamda 7 gün kür edilmiştir. Ayrıca optimum su içeriğinde 3 adet asfaltsız numune hazırlanmıştır. Serbest basınç mukavemeti deneyi maksimum 15 ton yük alabilen preste yapılmış ve üç numunenin ortalama değeri serbest basınç mukavemeti olarak alınmıştır.

I nolu zemin-asfalt karışımı numunelerde optimum asfalt miktarı %4 ve 7 günlük maksimum serbest basınç mukavemeti 3.33 kg/cm², II nolu zeminde ise optimum asfalt miktarı %3 ve maksimum serbest basınç mukavemeti 4.09 kg/cm² olarak bulunmuştur (Tablo 3.3. ve Şekil 3.2.)

Tablo 3.3. Zemin-asfalt stabilizasyonu numunelerinde serbest basınç mukavemeti deneyi sonuçları.

Asfalt (ağırlıkça %)	Serbest basınç mukavemeti (kg/cm ²)	
	I nolu zemin- asfalt karışımı	II nolu zemin-asfalt karışımı
0	2.70	2.92
1	2.82	3.25
2	2.95	3.57
3	3.17	4.09
4	3.33	3.97
5	2.79	3.32



Şekil 3.2. Zemin-asfalt stabilizasyonu numunelerinde serbest basınç mukavemeti ve asfalt yüzdesi ilişkisi.

3.2.2. CBR (Kaliforniya Taşıma Oranı) Deneyi

Zemin numuneleri ve zemin-asfalt karışımı numuneleri üzerinde CBR deneyi de yapılmıştır. Tablo 3.4.'de %100 CBR değerine karşılık gelen standart yük ve penetrasyon değerleri ile CBR deneyi sonucu numunelerden elde edilen değerler görülmektedir. CBR değerleri: 2.5 ve 5.00 mm 'lik penetrasyon değerlerine göre hesaplanır ve elde edilen iki değerden yüksek olanı zeminin CBR değeri olarak alınır (TS 1900, 1987).

II nolu zeminle hazırlanmış numunenin CBR değeri:

2.50 mm penetrasyonda: $(120/1350) \times 100 = 8.89$

5.00 mm penetrasyonda : $(225/2035) \times 100 = 11.06$

CBR değeri %11 olarak alınır.

II nolu zemin-asfalt karışımının CBR değeri:

2.50 mm penetrasyonda; $(275 /1350) \times 100 = 20.37$

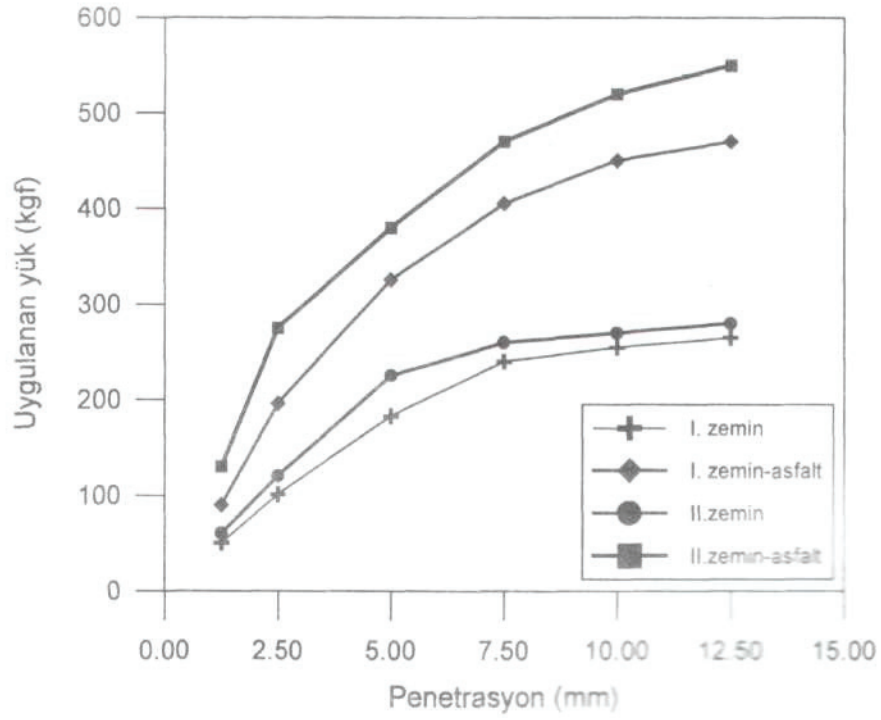
5.00 mm penetrasyonda; $(380/2035) \times 100 = 18.67$

CBR değeri %20 olarak alınır.

Şekil 3.3.'de zemin ve zemin-asfalt karışımı numunelerin yük-penetrasyon eğrileri görülmektedir.

Tablo 3.4. CBR yük- değerleri

Penetrasyon (mm)	Standart Yük kgf (TS1900)	I Nolu Zemin	II Nolu Zemin
		Zemin numunelerine uygulanan yük (kgf)	Zemin-asfalt numunelerine uygulanan yük (kgf)
1.25	860	50	90
2.50	1350	101	196
5.00	2035	183	326
7.50	2585	240	405
10.00	3130	255	450
12.50	3590	265	470



Şekil 3.3. Zemin ve zemin-asfalt karışımı numunelerin yük-penetrasyon eğrileri

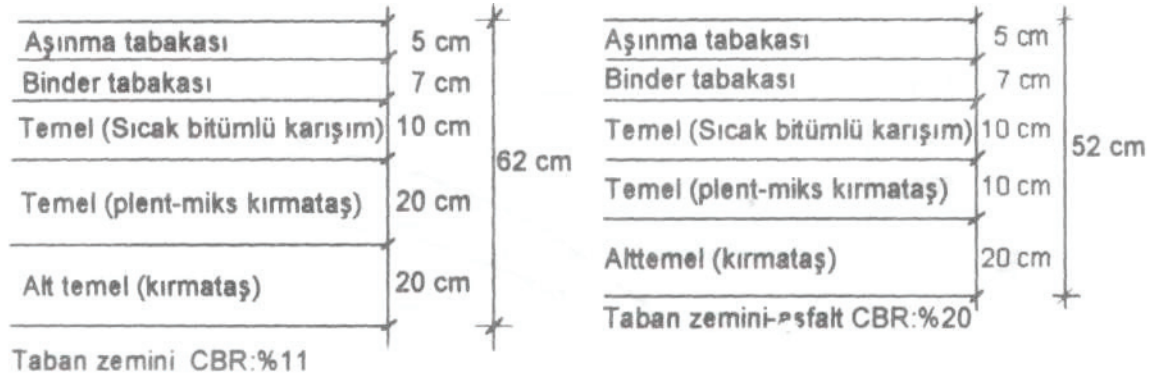
4. ZEMİN-ASFALT STABİLİZASYONU İLE ÜSTYAPIDA SAĞLANACAK EKONOMİ

II nolu zeminin granülometrisi stabilizasyona daha uygun olduğu için bu zeminle yapılan deneylerin sonuçları ile ekonomik karşılaştırma yapılmıştır. II nolu zeminin CBR değeri %11, zemin-asfalt karışımının CBR değeri ise %20 olarak bulunmuştur.

Örnek olarak $2 \times 2 = 4$ şeritli, platform genişliği 26 m ve kaplama genişliği 21 m olan bir yolda ekonomik karşılaştırma yapılmıştır. Zemin-asfalt stabilizasyonunda tabaka kalınlığı 10 cm alınmıştır. P_t (Servis kabiliyeti)=2.5, R (bölge faktörü)=1.0, $T_{8.2}$ (Trafik kategorisi)= 50×10^6 standart dingil/20 yıl olarak alınmıştır. AASHO metodu ile üstyapı tabaka kalınlıkları $CBR = \%11$ ve $CBR = \%20$ için bulunmuş ve Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.

Taban zemininde, asfalt stabilizasyonu yapıldığında plent miks kırmataş temelin kalınlığı 10 cm azalmaktadır.

Batman Rafineri 'nden asfaltın taşınacağı ve yola mesafesinin 477 km olduğu, taş ocağının yola mesafesinin 20 km olduğu kabul edilerek ekonomik karşılaştırma yapılmıştır. Buna göre taban zemini üzerine yapılan üstyapının 1996 yılı birim fiyatlarına göre bir metre uzunluğunun maliyeti 36.209.136 TL, zemin-asfalt stabilizasyonundan sonraki üst yapının bir metre uzunluğunun maliyeti 34.406.494 TL olarak bulunmuştur.



Şekil 4.1. Taban zemini ve zemin-asfalt stabilizasyonu üzerine yapılan üstyapı tabakaları.

5. SONUÇ

Zemin malzemesine %1-2-3-4-5 oranlarında asfalt ilave edilerek hazırlanan numunelerin 7 günlük serbest basınç mukavemetleri tesbit edilmiş, II nolu zeminde %3 asfalt karışımı ile hazırlanan numunelerin serbest basınç mukavemetinin daha büyük olduğu görülmüştür. Taban zemininin 7 günlük serbest basınç mukavemeti 2.83 kg/cm^2 , zemin-asfalt karışımının serbest basınç mukavemeti 4.09 kg/cm^2 olarak bulunmuştur.

Buna göre zemin-asfalt stabilizasyonu ile elde edilen numunelerin aynı şartlarda zemin numunelerine göre serbest basınç mukavemetleri %45 daha fazla olmaktadır.

Taban zemininin CBR değeri %11, taban zemini-asfalt karışımının CBR değeri %20 olduğu görülmüştür. Örnek olarak alınan dört şeritli bir yolda %11 CBR değerine göre AASHO metodu ile üstyapı kalınlığı 62 cm, %20 CBR değerine göre 52 cm bulunmuştur. Zemin-asfalt stabilizasyonundan alınan örnekte %5.2 ekonomi sağlandığı, üstyapı kalınlığının azaldığı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Cilason, N., 1964, 'Toprak Stabilizasyonu', K.G.M., Yayın No: 122, Ankara.
- TS 1900, 1987, 'İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri' Ankara
- Umar, F., Açar, E., 1985, 'Yol Üstyapısı', İTÜ Yayınları.
- Witczak, M, W., Yoder, E., J., 1975, 'Principles of Pavement Design', USA.
- Wright, P., H., Paquette, R., J., 1987, 'Highway Engineering', New York.
- Alataş T. 1989, 'Yol İnşaatında Uçucu Küllerin Toprak-Çimento Stabilizasyonlarında kullanımının Araştırılması' Elazığ
- Yıldırım B.1984, 'Yol İnşaatı' Elazığ