



T.C.
ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
Karayolları Genel Müdürlüğü

Sayı : 67927646- 020 / E.33740
Konu : Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı Mineral
İle Zeminlerin Yerinde
Güçlendirilmesi ve Fiziksel-
Mühendislik Özelliklerinin
Geliştirilmesi Kılavuz Teknik
Şartnamesi

02.08.2018

GENEL MÜDÜRLÜK MAKAMINA

Karayolları Genel Müdürlüğü ARGE Yönergesi kapsamında "Diğer Kurum ve Kuruluşlar İle Birlikte Yürütülen Projeler" (B Tipi) kategorisinde yer alan KGM-ARGE/2016-3 projesinden elde edilen sonuçlar doğrultusunda, dolgular, üstyapı tabanı ve alttemel imalatlarında yerinde yapılan iyileştirme veya stabilizasyon işlemleri ile ilgili olarak hazırlanan "Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı Mineral İle Zeminlerin Yerinde Güçlendirilmesi Ve Fiziksel-Mühendislik Özelliklerinin Geliştirilmesi Kılavuz Teknik Şartname" nin yürürlüğe konulması hususunu,

Olur emirlerine arz ederim.

Sina KIZIROĞLU
Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanı

EK:
Kılavuz Teknik Şartname

Uygun görüşle arz ederim.
02/08/2018

Mehmet TUTAŞ
Genel Müdür Yardımcısı

O L U R
02/08/2018

Abdulkadir URALOĞLU
Genel Müdür

"Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır."

<http://www.kgm.gov.tr> adresinden, "musit4F0D791" DYS No ve evrak tarihi ile erişebilirsiniz.

İnönü Bulvarı No: 14 06100 Yücetepe/ ANKARA

Bilgi için : Şenol ÇÖMEZ

Toprak ve Stabilizasyon Şefi

Telefon No : 312 449 73 02

Faks : 312 449 71 55

Telefon : (312) 4497450

İnternet Adresi : www.kgm.gov.tr

e-posta : scomez@kgm.gov.tr



**PUZOLANİK, TOZ, SAF BAĞLAYICI MİNERAL İLE ZEMİNLERİN YERİNDE
GÜÇLENDİRİLMESİ VE FİZİKSEL-MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN
GELİŞTİRİLMESİ KILAVUZ TEKNİK ŞARTNAMESİ**

01 Tanım

Bu kısım; yol altyapısını oluşturan taban zemini, dolgu malzemesi kriterlerini sağlamayan veya Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) değeri düşük, şişme potansiyeli yüksek, dolgu tabanı, dolgu malzemesi (ariyet, yarma) veya üstyapı tabanı malzemelerinin kullanılabilirlik özelliklerini artırmak, ayrıca alttemel kriterlerine yakın özellikler taşıyan malzemelerin alttemel olarak kullanılabilmesi amacıyla, bu malzemelere çimento ile birlikte belli fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip toz halinde puzolanik, toz, saf bağlayıcı mineral katılması, karıştırılması ile yerinde yapılan iyileştirme veya stabilizasyon işlemini kapsar. İyileştirme çalışmalarında dolgu tabakalarının, stabilizasyon çalışmaları ise alttemel tabakasının ve üstyapı tabanının çimento ile birlikte puzolanik, toz, saf bağlayıcı mineral kullanılarak iyileştirilmesi olarak tanımlanmaktadır.

02 Malzeme

02.01 Stabilize Edilecek-İyileştirilecek Malzemeler

Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemine (BZS) göre CH, CL, ML, SM, SC, GC, GW sınıflarına giren, **dolgu, üstyapı tabanı ve alttemel** özelliklerine uygun olmayan zemin/malzeme için stabilizasyon-iyileştirme yapılması uygundur.

02.02 Su

Stabilizasyon ve ya güçlendirme çalışmalarında kullanılacak su, yağ, tuz, asit, alkali gibi endüstri atıkları ve bitkisel atıklar içermeyecektir.

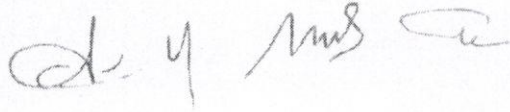
Güçlendirme çalışmalarında kullanılacak suyun 1 litresinde 2 gr dan fazla SO_3 ve SO_4 olmayacaktır. İyileştirme yapılacak malzemelerde suda çözünen sülfat varsa ya da yeraltı suyunda sülfat iyonu varsa, miktarda bağlı olarak uygun çimento tipleri kullanılacaktır.

02.03 Çimento

Kullanılacak çimentolar, TS EN 197-1'de belirtilen şartlara uygun olacaktır. Çimentonun teknik kontrolleri, TS EN 196-1 standartında belirtilen esaslara göre yapılacaktır.

02.04 Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı Mineral

Güçlendirme yapılacak malzemeler için, çimento ile birlikte karıştırılarak kullanılan toz halindeki puzolanik, toz, saf bağlayıcı minerallerden oluşan katkı malzemeleri, çevre ve canlı sağlığına zararsız olacaktır.



03 Stabilizasyon- İyileştirmede Kullanılacak Makineler

İyileştirilecek veya stabilize edilecek malzemelerin kazılması, parçalanması, su, çimento ve puzolanik, toz, saf bağlayıcı minerallerden oluşan katkı malzemeleri ile yerinde karıştırılması işlemi uygun ekipmanlar ile yapılmalı, homojen bir karışım elde edilebilecek şekilde ekipman seçilmelidir. Ekipman, puzolanik, toz, saf bağlayıcı minerallerden oluşan katkı malzemelerinin uygulanma oranına göre serme işlemini gerçekleştirebilecek şekilde ayarlanabilir olmalıdır. Makine seçimi günlük üretim miktarı ve uygulanacak tabaka kalınlıklarına göre planlanmalıdır.

Çimento sericilerin kullanılması durumunda, çimento serici makineler, çimento yayılma oranlarını kontrol etmek için gerekli özelliklere sahip ve uygulanma oranına göre ayarlanabilir olmalıdır.

Sıkıştırma işleminde kullanılacak araçlar iyileştirilecek-stabilize edilecek zemin özelliklerine göre istenilen sıkıştırma değerlerini sağlayacak nitelikte, keçiyağı, lastik tekerlekli veya demir bandajlı olmalı ve titreşim uygulayabilmelidir.

Sulamada kullanılacak makinelerde su miktarını ve sulama hızını kontrol edebilen, suyun dağıtımının homojen olmasını sağlayan sistemler olmalıdır.

Kullanılan tüm makinelerin bakımı etkin ve düzenli olarak yapılmalı, işlevini yeterince yerine getiremeyen makineler süratle değiştirilmelidir.

04 Toprak-Çimento-Katkı Karışımının Projelendirilmesi Öncesinde Yapılması Gereken İşler

04.01 Stabilize Edilecek- İyileştirilecek Malzemeden Numune Alınması

İyileştirilmesi-stabilize edilmesi düşünülen malzeme sınırları, yapılacak arazi etütleri ile proje kriterlerine göre belirlenir. Alınacak numune miktarı toprak yapısındaki değişime göre ve stabilize edilecek miktara göre malzemenin tümünü temsil edecek özellikte olmalıdır.

04.02 Malzemenin Sınıflandırılması

Stabilize edilmesi planlanan malzeme üzerinde sınıflandırma deneyleri yapılarak (clek analizi, hidrometre, Atterberg Limitleri), elde edilen sonuçlara göre toprak BZS sistemine göre isimlendirilir.

04.03 Organik Madde Miktarının Belirlenmesi

Alınan numunelere yapılan deneylerle; TS EN 1744-1 zeminde bulunan organik madde miktarı belirlenir. Zemin içindeki organik maddelerin % 4'den az olması gerekir.

04.04 Sülfat İçeriğinin Belirlenmesi (TS 6170)

Sülfatın çimento reaksiyonu ek veya farklı bir çimento tüketimine ve karışımın genleşmesine yol açabilir. 2 mm'lik (No.10) elekten geçen toprak parçası için, toplam SO₃ içeriğinin kuru numune ağırlığına oranı % 3'den az olmalıdır.

04.05 CBR ve CBR Şişme Değerinin Belirlenmesi (TS EN 1900-2, AASHTO T 193)

TS EN 1900-1, AASHTO T 99 - AASHTO T 180 metoduyla sıkıştırılmış, rutubet oranı optimum değerlerde veya işlem sırasında öngörülen Wn değerine eşit olan en azından üç numune için yaş CBR belirlenmelidir.

04.06 Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık ve Optimum Su İçeriğinin Bulunması (TS EN 1900-1, AASHTO T 99, AASHTO T 180).

Standart Proctor veya Modifiye Proctor deneyleri yapılarak bu deneyler ile malzemenin Optimum Su İçeriği ve Maksimum Kuru Birim Ağırlığı belirlenecektir.

04.07 Stabilize Edilecek-İyileştirilecek Malzemeler İçin Araştırma Mühendislik Hizmetleri

Stabilize edilecek ve iyileştirilecek malzemeler için Araştırma Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi kapsamında hazırlanacak Hidrojeolojik, Jeolojik-Jeoteknik Proje, Geoteknik Proje ve Üstyapı Projelendirme Raporları hazırlanmış olacaktır.

05 Proje Karışım Çalışması (Toprak-Çimento-Katkı Karışım Oranının Belirlenmesi)

05.01 Optimum Çimento ve Katkı Yüzdesinin Belirlenmesi İçin Yapılacak Deneyler

Stabilize edilecek - güçlendirilecek doğal zemin numunelerine belirtilen laboratuvar deneyleri yapıldıktan sonra, çimento ve puzolanik, toz, saf bağlayıcı mineral bağlayıcı ürün kullanım miktarı ile uygulama derinliği ve uygulama oranları tespit edilecektir.

Karışım oranları 1m² alan için kullanılacak çimento miktarı, çimento miktarının % 2 'si kadar puzolanik, toz, saf bağlayıcı mineral bağlayıcı miktarı olarak belirlenecektir. Stabilize edilecek-iyileştirilecek malzemenin özelliklerine ve araştırma raporlarına göre karışım derinliği belirlenecektir.

Teknik ve ekonomik açıdan en uygun çimento ve katkı oranlarının belirlenmesi için laboratuvar ve arazide yapılacak tüm çalışmalarda KTS Kısım 218.05.03-218.05.04-218.05.05 'de belirtilen asgari tüm şartlar sağlanmış olacaktır.

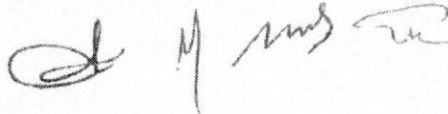
05.02 Serbest Basınç Mukavemeti (ASTM D 1633)

Serbest basınç mukavemeti (qu) durumunun belirlenmesi çalışmaları CBR ve Elastisite Modülü deneylerine paralel olarak sürdürülür.

Deneyler sonucunda elde edilen ideal karışımdaki karışım oranlarından yola çıkarak örnekler, TS 1900-1, AASHTO T 99, AASHTO T 180 metoduyla sıkıştırılıp, serbest basınç kalıplarına yerleştirilir ve numuneler uygun bir krika veya düzeneğe kalıptan çıkarılır. Hazırlanan numuneler önce plastik daha sonra alüminyum folyolara sarılarak 7 ve 28 gün boyunca 20 + 1°C sıcaklığındaki nemli > % 95 olan bir ortamda bekletilir.

Aşağıda belirtilen değerleri veren karışımlar çalışılmak için uygundur.

Üstyapı Tabanı için: qu (7) > 45 kg/cm² (7 günlük)



Donma çözünme olayı; dona hassas bölgelerde oldukça önemlidir. Sıkıştırılmış zeminde doygunluğun % 80'in altında olduğu durumda donma-çözünmede bir problem beklenmemelidir. Don penetrasyon derinliğinin stabilize edilecek-iyileştirilecek tabakayı kapsadığı durumda bu konuda bir laboratuvar çalışması yapılmalıdır. Donma çözünme sıcaklıkları -20 °C ve +20 °C'dir. Hazırlanmış olan serbest basınç numuneleri 7 gün küreden sonra 5 kez (En az 12 saat) tanımlanan sıcaklıklarda dondurulup çözünecektir. Numuneler hazırlandıktan sonra plastik ve alüminyum folyolara sarılarak önce en az 12 saat -20 °C'de dondurulacak daha sonra en az 12 saat +20 °C'de bekletilecektir. Bu işlem ardışık olarak en az 5 kez uygulanmalıdır ve numunenin saklandığı ortamın nemi > % 95 olmalıdır. Bu işlem sonunda numuneye serbest basınç mukavemeti deneyi uygulanacaktır. Bu deney sonucunda serbest basınç mukavemeti $q_u (n) > 25 \text{ kg/cm}^2$ değerini sağlamalıdır.

05.03 Elastisite Modülü (E_v)

Kürünü tamamlamış her 500 m'lik yolun her tabakası için en az bir deney yapılmalıdır. Plaka yükleme deneyi 30 cm'lik bir plaka ile yapılarak aşağıdaki formül ile Elastisite Modülü değeri belirlenecektir.

$$E_v = (\Delta p / \Delta s) \times D$$

Kabul edilebilir değerler şunlardır:

Dolgularda iyileştirilen katmanlar için deformasyon modülü; 0,05 - 0,15 N/mm² arasında, $E_v \geq 45 \text{ N/mm}^2$, dolgunun en üst tabakası, üstyapı tabanı için ise $E_v \geq 100 \text{ N/mm}^2$ olmalıdır.

Alttemel için yük devri (veya süresi) 0,15 - 0,25 N/mm² arasında, $E_v \geq 120 \text{ N/mm}^2$ olmalıdır.

06 Kalite Kontrol

Yüklenici işe başlamadan önce; hazırlık aşaması, başlama aşaması ve üretim aşamasını da kapsayacak şekilde Kalite Kontrol Yönergesine uygun olarak hazırlanacak ve deneye tabi tutulacak imalat/malzemesler, yapılacak deneyler, numune alma yeri, numune alma metodu, numune alma ve deney sıklığı, deneylerin hangi laboratuvarda yapılacağı gibi bilgileri içeren "Kalite Kontrol Planı" nı idarenin onayına sunacaktır. Ayrıca işyerinde kalite kontrol ve laboratuvarda deneylerin yapılmasında çalışacak personel iş deneyimleri, nitelikleri ve görev sorumlulukları bakımından yeterli özelliklere sahip olacaktır. Laboratuvar, kalite kontrolü için deneyler sırasında kullanılan tüm gereçlerin kalibrasyon sertifikalarına sahip olmalıdır. Yapılacak tüm testler İdare tarafından kabul edilmiş ve onaylanmış Kalite Kontrol Planına göre gerçekleştirilecektir. Kalite Kontrol Planı İdare tarafından onaylanmadan kesinlikle sözleşmeye esas işe başlanılmayacaktır.

Kalite Kontrol Planına göre yürütülecek olan kalite kontrol faaliyetlerinde, dizayn sürecinden, üretimin sonuna kadar, kullanılacak malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin tayini, çimento ve katkı türleri, miktar ve karışım oranları ile yerinde hazırlanan karışımın dizayn şartlarının uygulamadaki etkinliği her aşamada ve sürekli olarak kontrol edilerek güvence altına alınacaktır. Üretim tesisleri ve ekipmanın yeterliliği ile stok sahaları kontrol edilecek, taşıma ve serim ekipmanlarının yeterliliği de dahil tamamı İdareye uygun bulunmak ve onay verilmek kaydıyla işe başlanılacaktır.

Stabilizasyon ve iyileştirme çalışmaları sırasında kullanılan malzemeleri kontrol etmek amacıyla yapılması gereken üretime ait kalite kontrol deneyleri minimum sayıları ve sıklığı Tablo-1’de verilmektedir.

Tablo-1 Kalite Kontrol Deneyleri ve Sıklıkları

Deney	Minimum Deney Sayısı	
	Dolgu/Üstyapı Tabanı	Altıgenel
Dane Boyu Dağılımı TS 1900-1 AASHTO T 11, 27 AASHTO T 88	-	Her 2000 m ³ 'de 1 deney
Su İçeriği TS 1900-1	Her 1000 m ³ 'de 1 deney	Her 2000 m ³ 'de 1 deney
Plastik Limit TS 1900-1 AASHTO T 89, 90	Her 1000 m ³ 'de 1 deney	Her 2000 m ³ 'de 1 deney
Su içeriği-Kuru Birim Hac. Ağır. İlişkisi TS 1900-1, AASHTO T 99	Her farklı malzeme sınıfı için 1 deney	Her gradasyon değişikliğinde ve ayrıca her ayda bir deney
Konvansiyonel Metotlarla Sıkışma %'si Tayini		
Kum Konisi Metodu TS 1900-1, AASHTO T 191	Her Tabakanın 1000 m ² 'sinde 1 deney	Her Tabakanın 1000 m ² 'sinde 1 deney
Kasnak Metodu AASHTO T 181	Her Tabakanın 1000 m ² 'sinde 1 deney	Her Tabakanın 1000 m ² 'sinde 1 deney
Nükleer Metot* ASTM D 6938-10, AASHTO T 310-11	Her Tabakanın 250 m ² 'sinde 1 deney	Her Tabakanın 250 m ² 'sinde 1 deney
<p>a) Uygulama imalat sonrası elastisite modülü $E_{v1} - E_{v2}$ değeri, Statik Plaka Yükleme Deneyi veya Dinamik Plaka Yükleme Deneyi ile (TS 5744, ASTM D 6938-15, DIN 18134) her 2500 m² de en az 1 defa olmak üzere, kontrol mühendisince uygun görülen ara ve sıklıkta yapılacaktır.</p> <p>b) İşin başlangıcında en az 5 farklı noktada nükleer metot sonuçları ile konvansiyonel metotlardan biri ile yapılan sıkışma deney sonuçlarının korelasyonu yapılacaktır. Sıkışma kontrolünün nükleer metotla yapılması durumunda, ayrıca her 2500 m²'de bir diğer konvansiyonel metotlardan biri ile de sıkışma kontrolü yapılacaktır.</p>		

Çimento ve puzolanik, toz, saf bağlayıcı minerallerden oluşan katkıları kullanılan ve iyileştirme yapılan malzemeler için Uygunluk Şartları özet olarak Tablo-2’de verilmektedir. Tabloda belirtilen deneyler TS 1900-1 veya AASHTO standartlarında belirtilen esaslara uygun olarak yapılacaktır

(Handwritten signature)

Tablo 2 Çimento ve Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı Mineral Katkıların İyileştirme Uygululuk Şartları

ZEMİN	İYİLEŞTİRME	STABİLİZASYON	
	Dolgu	Üstyapı Tabanı	Alttemel
	Plü Değerinin Ölçümü	TS 6106	
	Organel Maddeler	TS EN 1744-1 < %4	
	Sülfatın	TS 6170, SO ₃ < %3	
CİMENTO	a) Yapım yöntemi, tür, çirtiler, uygulama boyutları (ısıtılmış, ısıtılmamış, gevce çirtiler, bitümlenmiş) aynıdır. b) Stabilize edilecek veya iyileştirilecek malzeme türüne göre 1 m ³ için 100-200 kg aralığında tek tek çirtiler sağlanan ekonomik çimento miktarı belirlenmelidir.		
KATNI	Çimento Miktarının %2'si		
SU	SO ₃ < 200 ppm		
TASARLANAN KURUSIMIN LABORATUVAR CAĞIŞMALAR	<p>SIKİŞTİRMA AASHTO Standart Proktor CBR ≥ 15 Şişme % 2,0</p> <p>20 °C, Nem > % 95'de 7 gün ve 20 °C'de suda 4 günden sonra</p>	<p>SIKİŞTİRMA AASHTO Standart Proktor CBR ≥ 20 Şişme % 1,0</p> <p>20 °C, Nem > % 95'de 7 gün ve 20 °C'de suda 4 günden sonra</p>	<p>SIKİŞTİRMA AASHTO Modifiye Proktor CBR ≥ 50 Şişme % 0,5</p> <p>20 °C, Nem > % 95'de 7 gün ve 20 °C'de suda 4 günden sonra</p>
	<p>PI < 20 (Atterberg Limitleri 1 saatlik değerlerdir)</p>	<p>PI < 10 Atterberg Limitleri 1 saatlik değerlerdir qu (7) > 45 kg/cm² Dona Hassas Bölgelerde qu (n) > 25 kg/cm² n donma-çözünme sayısı n >= 5 (En az 12 saat)</p>	<p>PI < 6 Atterberg Limitleri 1 saatlik değerlerdir</p>
YAPILMAŞMASI KALİTE KONTROL	<p>CBR ≥ 15 ŞİŞME < % 2,0 20 °C, Nem > % 95'de 7 gün ve 20 °C'de suda 4 günden sonra PI < 20 (Atterberg Limitleri 1 saatlik değerlerdir)</p>	<p>CBR ≥ 20 ŞİŞME < % 1,0 20 °C, Nem > % 95'de 7 gün ve 20 °C'de suda 4 günden sonra PI < 10</p>	<p>CBR ≥ 50 ŞİŞME < % 0,5 20 °C, Nem > % 95'de 7 gün ve 20 °C'de suda 4 günden sonra PI < 6</p>
	<p>Serbest Basınç Mukavemeti ≥ 2,5 N/mm² (28 günlük küt) (en az 3 numune ortalaması, tek değer min. % 10 düşüklü olacak.)</p>	<p>Serbest Basınç Mukavemeti ≥ 3,0 N/mm² (28 günlük küt) (en az 3 numune ortalaması, tek değer min. % 10 düşüklü olacak.)</p>	<p>Serbest Basınç Mukavemeti ≥ 3,5 N/mm² (28 günlük küt) (en az 3 numune ortalaması, tek değer min. % 10 düşüklü olacak.)</p>
	<p>Elastisite Modülü (kg/cm²) E_s ≥ 45 N/mm² (28 günlük küt)</p>	<p>Elastisite Modülü (kg/cm²) E_s ≥ 100 N/mm² (28 günlük küt)</p>	<p>Elastisite Modülü (kg/cm²) E_s ≥ 120 N/mm² (28 günlük küt)</p>

07 Yapım Şartları

07.01 Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı Mineral Kullanılacak Tabakanın ve Yerinin Seçimi

Güçlendirme-stabilizasyon için Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı Mineral katkı maddesinin kullanılacağı tabakalar ve projeler, uygulamanın yapılacağı bölgenin iklim koşullarına, yağış durumu ile trafik hacmi ve yolun geometrisine göre **dolgular, üstyapı tabanı veya alttemel** olmak üzere İdare tarafından belirlenecektir.

07.02 Stabilize Edilecek İyileştirilecek Hızlı Hazırlanması ve Doğal (Yerinde) Su İçeriğinin Belirlenmesi

Zeminin hazırlanması işlemine, yüzeyde yer alan bitkisel toprağın kaldırılması ile başlanır. Toprağı stabilizasyona hazırlamak için kazımak, parçalamak ve reglaj seviyesindeki tabakalarda içerisinde bulunan çapı 5 cm'den büyük, diğer tabakalarda ise çapı 10 cm'den büyük taşlar temizlenecektir. Daha sonra, işlem göreceği olan toprağın doğal su içeriği belirlenir ve bulunan değer elde edilmesi planlanan karışımın optimum değerinden yüksekse, uygun bir makine yardımıyla kazılarak ve havalandırılarak suyun buharlaşması sağlanır.

07.03 Çimentonun Taşınması ve Depolanması

Stabilizasyon işleminde kullanılacak çimento dökme veya torba olarak işbaşına getirilebilir. Toz haldeki çimento, maddenin hava basıncı ile boşaltılmasını sağlayan silobaslarla taşınmalıdır. Getirilen çimento miktarı şantiyenin tam çalışmasıyla en az iki günlük ihtiyacı karşılamalıdır. Çimento toz olarak taşınıyorsa, şantiyede bu iş için özel olarak yapılmış silolarda, kağıt torbayla taşınıyorsa nemden, yağmurdan ve su etkisinden korunacak şekilde, kapalı bir alanda saklanmalıdır.

Çimento teknik raporda verilen oranda ve genişlikte kesite yayılacak, herhangi bir yüzeyde önerilen optimum orandan $\pm\% 5$ 'den fazla sapma olmayacaktır.

07.04 Sıkıştırma

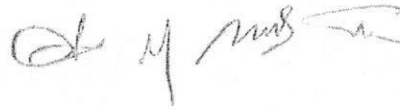
Zemin üzerine serilen çimentonun aynı gün içinde karıştırma ve sıkıştırma işlemlerinin tamamlanması gerekmektedir. Çimentonun zemine serilme işleminde rüzgâr ile istenmeyen yönde yayılması minimumda tutulmalıdır.

30 dakika bekleyen zeminde çimento karışımı donmaya başlayacağı için sıkıştırma işlemi bu süre içinde gerçekleştirilmelidir. 30 dakika boyunca işlem görmeden zemin bırakılmamak koşulu ile sıkıştırma 2 saat içinde tamamlanmalıdır. Sıkıştırma gerçekleştirilmeden zemindeki nem oranı sebzebiyle donan çimento zemin karışımı güçlendirme sağlamayacağı için yerinden kaldırılması gerekmektedir.

Karışım sonrası, önce 16 ton vibrasyonlu keçi ayak silindir ile 1-2 pas sıkıştırma işleminden sonra gerekli düzeltme işleminden sonra 16 ton demir bantajlı silindir ile 2-3 pas vibrasyonlu sıkıştırma işlemi yapılır.

Zemin üzerine serilen çimentonun ve puzolanik, toz, saf bağlayıcı mineral katkı maddesinin aynı gün içinde karıştırma, sıkıştırma işlemlerinin tamamlanması gerekmektedir.

Optimum su muhtevası tasarımda belirlenenden $\pm\% 2$ 'den fazla olmayacaktır. Optimum su muhtevasında sıkıştırılan tabakanın sıkışma yüzdesi **Tablo-3**'de belirtilen minimum değerleri sağlayacaktır.



Tablo-3 Dolgularda Sıkıştırma Kriterleri

	Minimum Sıkıştırma %	Deney Metodu
Tesviye yüzeyi altındaki ilk 80 cm için	100	Standart Proctor TS 1900-1, AASHTO T 99
80 cm'nin altındaki dolgu tabakaları için	95	Standart Proctor TS 1900-1, AASHTO T 99

Tablo-4 Alttemel Sıkıştırma Kriterleri

Minimum Sıkıştırma %	98	Modifiye Proctor TS 1900-1, AASHTO T 180
Optimum Su İçeriği %	Wopt ± 2 Modifiye Proctor	

Stabilize edilmiş iyileştirilmiş malzeme hiçbir durumda üstü kapatılmadan kış şartlarına maruz bırakılmamalıdır.

07.05 Diğer Hususlar

Çimento ve puzolanik, toz, saf bağlayıcı mineral katkı ile iyileştirilmiş zeminlerin özelliklerini etkileyen çimento oranı, su muhtevası, sıkıştırma yöntemi, yoğunluk, çevre şartları, kür süresi vb parametreler uygulamada sürekli kontrol edilmelidir.

Çimento oranının karışım dizaynına uygunluğu doğrulamak amacı ile 1m² alana serilen çimento miktarı tava deneyi ile kontrol edilecektir.

Optimum su muhtevasında sıkıştırılmış tabakalarda sıcaklık ve havadaki neme bağlı olarak kuruma olayı meydana gelmemesi için teknik raporda belirtilen süre ve şekilde sulama işlemi yapılmalıdır.

Uygulama sırasında iyileştirilen-stabilize edilen tabaka kalınlığı kontrolü sürekli yapılarak projede öngörülen kalınlık (h) ± %10 (±0,1h) toleransıya sağlanacaktır.

Stabilize edilmiş veya iyileştirilmiş tabakalarda çimento kullanımına bağlı olarak çatlakların oluşmaması veya üstyapı tabakalarına yansımaması için ekip-ekipman, tasarım ve yapım tekniği konusunda tüm tedbirler yüklenici tarafından alınacak olup, en önemli performans göstergelerinden olan bu hususun meydana gelmesine yönelik tüm sorumluluk yükleniciye ait olacaktır.

08 Deneme Kesimi.

Yapım yöntemleri, karışım oranları, ekipman uygunluğu, uygulama derinliği, istenilen asgari koşulların sağlanması gibi uygulamaya dair durumlar deneme kesiminde belirlenecek ve karışım dizaynı ile ilgili küçük düzeltmeler yapılabilecektir. Silindirme yöntemi de deneme kesiminde tespit edilecektir. Deneme kesiminin uzunluğu ve genişliği ile deneme kesimi sonuçları İdare tarafından onaylanacaktır. Deneme kesiminin inşa edileceği yer Kontrol Mühendisi tarafından seçilecek ve yapımı Kontrol Mühendisi tarafından yönetilecektir. Laboratuvar karışım dizaynında değişiklik yapıldığında Kontrol Mühendisi yeni bir deneme kesimi yapımını isteyecektir.

09 Yüklenicinin Sorumluluğu

Yüklenici işe başlamadan önce; ihale sözleşmesinde belirtilen toz halinde puzolanik, toz, saf bağlayıcı yine İdare tarafından belirtilmiş katkı malzemesi üretimi ve kullanımı ile ilgili olarak aşağıda belirtilen teknik bilgi ve belgeyi içeren "Teknik Raporu" İdareye verecektir. Yüklenici:

1. Kullanılacak katkı maddesine ve çimentoya uygulanan deneylerin sonuçlarını,
2. Kullanılacak katkı maddesinin ve çimentonun, kullanım oranı, stoklanması, karıştırma, serme, sıkıştırma ve üretimle ilgili diğer bilgileri dahil, üretici firma tarafından belirlenmiş tüm teknik özelliklerini gösteren dokümanı,
4. Kullanılacak katkı maddesinin karışım oranları, kullanılan malzeme özellikleri ve elde edilen karışım özelliklerinin İdare tarafından belirlenmiş koşullara uygunluğunu gösteren, laboratuvar deney sonuçlarını,
5. Kullanılacak katkı maddesinin daha önce hangi yıllarda ve hangi uygulamalarda kullanıldığına ait referans belge ve bu amaçla kullanılan uygulama ve malzeme şartnameleri dahil diğer bütün hususları içeren bilgileri Teknik Raporunda belirtecektir.

Yüklenici ayrıca, işe başlamadan önce İdareye yeterli miktarlarda katkı malzemesi ve çimento ile ilgili numuneyi verecektir. İşe ancak, yüklenici tarafından verilen bu Teknik Raporun, İdare tarafından onaylanması ve gönderilen numunelerin test edilip uygun bulunmasından sonra başlanabilecektir. Bu onay işlemi, yüklenicinin katkı malzemesi ve uygulamanın uygunluğu konusundaki sorumluluğunu ortadan kaldırmayacaktır.

Yüklenici, katkı malzemesinin, iş süresince sözleşme eki şartnamelere uygun olmasından ve homojen bir şekilde devamından sorumlu olacak, katkı malzemesi üretimi veya temini ve imalinde kullanımı sırasında şantiyede, konunun uzmanı yeterli sayıda teknik elemanı bulunduracaktır.

Kullanılacak malzemelerin insan sağlığına ve çevreye zararlı olmadığı, İdarece kabul edilebilir bir kuruluşun alınmış belge ile garanti edilecektir.

10 Garanti Şartları

Üretici/satıcı firma, Çimento ve Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı Mineral katkı maddeleri kullanılarak iyileştirme yapılacak yol kesimini inceleyip, ürünün bu yol kesimi ve tabaka için uygunluğunu hazırlanacak "Uygulama Raporu"nda net bir şekilde belirterek imzalayacaktır. Şartnamede belirtilen tüm hususlar ile birlikte, üretici/satıcı firma ürününün uygulama raporuna göre yapılıp yapılmadığını takip edecek ve teknik uzman desteği sağlayacaktır. Güçlendirme-stabilizasyon gerçekleştirilen tabakanın imalatı tamamlandıktan sonra, yüklenici ve/veya üretici/satıcı firma tarafından en az 5 yıl süreyle garanti edilecektir.

