

DEMİRYOLU HATLARINDA
(KONVANSİYONEL - HIZLI TREN VE YÜKSEK HIZLI TREN)
SIĐ ZEMİN İYİLEŐTİRMELERİNE AİT

TEKNİK UYGULAMA VE KALİTE KONTROL ŞARTNAMESİ

3 - PUZOLANİK, TOZ, SAF BAĞLAYICI MİNERAL
KATKI KULLANARAK ZEMİNLERİN ÇİMENTO
İLE MEKANİK, FİZİKSEL VE MÜHENDİSLİK
ÖZELLİKLERİNİN YERİNDE İYİLEŞTİRİLMESİ





TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
DEVLET DEMİRYOLLARI İŞLETMESİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
ARAŞTIRMA VE GELİŞTİRME DAİRESİ BAŞKANLIĞI

PUZOLANİK, TOZ, SAF BAĞLAYICI MİNERAL KATKI
KULLANARAK ZEMİNLERİN ÇİMENTO İLE
MEKANİK, FİZİKSEL VE MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN
YERİNDE İYİLEŞTİRİLMESİ

TEKNİK UYGULAMA VE KALİTE KONTROL ŞARTNAMESİ

 Hüseyin IŞLAK Y. Jeoloji Mühendisi Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı	 Samet AYDIN İnşaat Mühendisi Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı	
 Semih TÜRKÖĞLU Jeoteknik Hizmetler Şube Müdür Y. Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı	 Osman PERÇİN Tüneller Araştırma Şube Müdür Y. Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı	
 Ramazan GÜNEŞ Daire Başkan Yardımcısı Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı	 Osman ALTINORDU Daire Başkan Yardımcısı Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı	 Hüseyin ÇELİK Daire Başkan Yardımcısı Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı
<p style="text-align: center;">KONTROL</p>  Ahmet ŞİRİN Daire Başkanı Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı	<p style="text-align: center;">ONAY</p>  0... / 11 / 2020 Öner ÖZGÜR Genel Müdür Yardımcısı	

ANKARA 2020

İÇİNDEKİLER

1. TANIM	3
2. MALZEME.....	3
2.1. Stabilize Edilecek - İyileştirilecek Malzemeler	3
2.2. Puzolanik Malzeme Tanımı ve Bileşimi	3
2.3. Su	4
2.4. Çimento	4
2.5. Çevre Etkisi.....	4
3. KULLANILACAK MAKİNELER	5
4. PROJE TASARIM ÇALIŞMALARI:	8
4.1. Zayıf Zemin Tanımı	8
4.2. Malzeme	8
4.3. İslah Edilecek- İyileştirilecek Malzemedен/ Zeminden Numune Alınması.....	9
4.4. İslah edilecek veya İyileştirilecek Zeminde-Malzemedede Yapılacak Testler	9
4.5. Malzemenin Sınıflandırılması	10
4.6. Organik Madde Miktarının Belirlenmesi	10
4.7. Sülfat İçeriğinin Belirlenmesi.....	10
4.8. CBR ve CBR Şişme Değerinin Belirlenmesi	10
4.9. Mak. K. B. H. Ağırlık ve W_{OPT} Bulunması.....	10
5. UYGULAMA TASARIM FORMÜLÜNÜN HAZIRLANMASI.....	11
5.1. Optimum Katkı Yüzdesinin Belirlenmesi	11
5.2. Ara Tabakalı (Sandviç) Sistem.....	11
5.3. Serbest Basınç Testi.....	12
5.4. Elastisite Modülü.....	12
5.5. Uygulama İçin Önerilen Gerekli Ekip ve Ekipmanlar	12
6. KARIŞIM UYGULAMA METODOLOJİSİ	13
6.1. Uygulama Metodolojisi Başlangıcı.....	13
6.2. Zeminin, Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı Mineral ve Çimento ile Yerinde İyileştirilmesi... ..	14
7. UYGULAMA SIRASINDA HAVA VE ZEMİN SICAKLIĞI:	16
8. UYGULAMA ESNASINDA VE UYGULAMA SONRASI SULAMA:.....	16
9. KATMAN KORUMA VE TAMİRAT METODOLOJİSİ:.....	17

10. KATMAN TAMİRAT METODOLOJİSİ.....	17
11. AMBALAJ VE DEPOLAMA.....	17
12. UYGULAMA SONRASI BEKLENEN DURUMLAR:	17
13. UYGULAMA SONRASI KALİTE KONTROL TESTLERİ	18
13.1. Kalite Kontrol Deneyleri ve Sıklıkları.....	18
14. YAPIM ŞARTLARI	21
14.1. Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı Mineral Katkı Uygulanacak Tabakanın Seçimi	21
14.2. Stabilize Edilecek-İyileştirilecek Malzemenin Hazırlanması ve Doğal (Yerinde) Su İçeriğinin Belirlenmesi	21
14.3. Çimentonun Taşınması ve Depolanması	21
14.4. Sıkıştırma	21
14.5. Diğer Hususlar	22
15. DENEME KESİMİ	23
16. YÜKLENİCİNİN SORUMLULUĞU	25
17. GARANTİ ŞARTLARI.....	25

ÇİZELGE VE ŞEKİLLER DİZİNİ:

Çizelge 1: Malzeme grup ve tiplerine göre sıkıştırma ekipmanı ve tabaka kalınlıkları.....	6
Çizelge 2: İyileştirilecek tabaka cinsine göre metot seçimi	7
Çizelge-3: Çimento ve Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı Mineral Katkılı İyileştirme İnşaatı İçin Çimento ve Bağlayıcı Ön Tasarım Örneği	15
Çizelge 4: Hava sıcaklığına bağlı sulama aralıkları	16
Çizelge-5: Kalite Kontrol Deneyleri ve Kontrol Aralıkları	19
Çizelge-6: Çimento ve Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı Mineral Katkılı İyileştirme için Uygunluk Şartları	20
Şekil-1: Deneme kesimi	24

1. TANIM

Bu şartname; TCDD Teşekkülünün Hızlı Tren (HT)/Yüksek Hızlı Tren (YHT) ve Konvansiyonel Hatların tabanını oluşturan doğal taban zemini, dolgu malzemesi kriterlerini sağlamayan veya Kaliforniya Taşıma Oranı (yaş CBR) ve Elastisite Modülü (E_{V2} ve E_{VD}) değeri düşük, şişme potansiyeli yüksek zayıf zeminlerin iyileştirmesinde, dolguların veya üstyapı tabanı malzemelerinin kullanılabilirlik ve taşıma gücü özelliklerini artırmak, ayrıca demiryolu üstyapısındaki sub-balast altı ve yarma tabanı kriterlerini taşımayan malzemelerin kullanılabilmesini sağlamak amacıyla, bu tabakalardaki mevcut malzemelere çimento ile birlikte belli özel fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip toz halinde puzolanik, saf ve bağlayıcı nitelikli doğal mineral karıştırılması ile yapılan yerinde iyileştirme veya stabilizasyon işlemi kapsar. Puzolanik, toz, saf bağlayıcı mineral ile zeminlerin yerinde iyileştirmesi veya güçlendirilmesi; zayıf zeminlerin ve dolgu tabakalarının yerine iyileştirilmesini ve sub-balast tabakasının da puzolanik toz saf bağlayıcı mineral ile birlikte çimento kullanılarak stabilizasyon teknolojisi olarak tanımlanmaktadır.

2. MALZEME

2.1. Stabilize Edilecek - İyileştirilecek Malzemeler

İyileştirilecek malzemeler; dolgu, sub-balast altı, yarma tabanı ve doğal zeminlerin proje ölçütlerini karşılamayan zayıf zeminlerdir. Bu zeminler UIC-719 R de tanımlanan geoteknik sınıflamadaki çok zayıf (Unsuitable Soil-QS₀), zayıf (Poor Soil-QS₁-QS₁^e) zemin sınıflarıdır. Stabilize veya iyileştirilecek malzemelerin TS EN 14688-1/2, AASHTO, USCS (BZS) standartlarından en az biri ve TS EN 16907-2 standardına göre sınıflandırılma yapılacaktır.

2.2. Puzolanik Malzeme Tanımı ve Bileşimi

Puzolanik malzemeler; % 100 saf mineral içerikli, alkalın, toprak alkalın ve diğer yapısallarından oluşan, doğal oksitler, klorürler, sülfatlar ve karbonat mineralleri içerebilen, toz halinde çimento ile karıştırılarak veya tek başına kullanılabilen, yerinde zemin ıslahı veya zemin stabilizasyonu ham maddesi niteliğinde olmalıdır. Puzolanlar, saf veya farklı mineraller içeren doğal ve yapay tozlar olup, çimento hidrasyon sürecini destekleyecektir. Bileşim olarak zehirli olmayan, sağlığı tehdit etmeyen ve çevreye zarar vermeyen ve çevreye uyumlu doğal veya yapay mineral tozu kullanılacaktır.

2.3. Su

İmalatta kullanılan suyun sülfat iyonu miktarı 2000 mg/kg değerinin altında olmalıdır. Stabilizasyon veya 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, miktarına bağlı olarak uygun çimento tipleri kullanılacaktır. Bu koşulların belirlenmesinde imalatta kullanılan suyun kimyasal analizi yapılarak sülfat oranı belirlenmeli, su temin edilen kaynak ve bunun yanında su kaynağını besleyen hidrolojik koşullar değişiminde bu analizler tekrarlanmalıdır. Koşulların durağan olduğu dönemlerde bu analizler periyodik olarak 90 gün aralıklarla tekrarlanmalıdır.

2.4. Çimento

Kullanılacak çimentolar TS EN 197-1'de belirtilen şartlara uygun olacaktır. Çimentonun teknik kontrolleri TS EN 196-1 standartlarında belirtilen esaslara göre yapılacaktır. PC 32,5 R, PC 42,5 R, gerektiğinde sülfat dirençli çimento, CEM I – CEM II tipleri veya zeminin mineralojik ve kimyasal özelliklerine uygun çimento kullanılacaktır. Çimento seçimi tasarım aşamasında belirlenecek ve deneme uygulaması sonrasında en yüksek performans elde edilen çimento tipi belirlenecektir.

2.5. Çevre Etkisi

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

3. KULLANILACAK MAKİNELER

İyileştirilecek ve 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 ekipmanlar seçilmelidir. Ekipmanlar, puzolanik, toz, saf bağlayıcı minerallerden oluşan katkı malzemelerini uygulama oranına göre dozajlı serme işlemi yapabilecek şekilde ayarlanabilir ve otomatik homojen yayma özelliğine sahip olmalıdır. Makine seçimi, iyileştirilecek tabaka kalınlığı ve günlük imalat planına uygun olmalıdır.

Çimento serici makineler, tasarım aşamasında öngörülen çimentonun zemin üzerine homojen yayılmasını sağlayacak özellikte, ayarlanabilir ve dozajı kontrol edilebilir olmalıdır.

Sıkıştırma işleminde kullanılacak silindirler, iyileştirilecek veya stabilize edilecek zemin özelliğine göre başlangıç aşamasında en az 13 ton düz ve keçiyağı silindirler (tabaka kalınlığına göre artırılabilir), akabinde lastik tekerlekli ve demir bandajlı silindirler seçilecektir. Zemin tiplerine göre; makine tipi ve kütlesi, sıkıştırma öncesi azami tabaka kalınlığı, sınıflara göre geçiş sayısı Çizelge-1’de verilmiştir.

Sıkıştırma öncesi tasarımda öngörülen optimum su muhtevasının yakalanabilmesi için sulamada kullanılacak makinelerin su miktarını ve sulama hızını kontrol edebilecek karışıma homojen su verebilecek araçlar olmalıdır.

Tüm bu makine ekipman ve sıkıştırma enerjileri, sprey teknolojileri arazide yapılacak zemin iyileştirme deneme kesimlerinde zayıf zeminin istenilen minimum şartname kriterlerini karşılayacak performansı elde edilmesi ile belirlenecek ve performanslarının devamı kalite kontrol deneyleri ile sürekli denetlenecektir.

Sıkıştırma için kullanılacak makineler kayaçların dayanım parametrelerine, zeminlerin ise tane büyüklü, uniformluk derecesi, normal ve ıslak durumlarına göre belirlenecektir. Bu konu ile ilgili tavsiye nitelikli hazırlanan Çizelge-2’ deki tabloda zemin ve kaya özelliklerine göre kullanılacak sıkıştırma ekipmanları verilmiştir. Zemin sınıflaması ve tablo tavsiyesi doğrultusunda, değişik yöntemlerle yapılan proktor deneylerinden elde edilen maksimum kuru birim hacim ağırlıkları üzerinden en uygun sıkıştırma yöntemi belirlenecektir. Ayrıca degradasyona uğrayan zeminlerde düşük basınçlı yöntem tercih edilerek geçiş sayısı arttırılmalıdır

Çizelge 1: Malzeme grup ve tiplerine göre sıkıştırma ekipmanı ve tabaka kalınlıkları

Malzeme Grup ve Tipi	Sıkıştırma Ekipmanı		Sıkıştırma Öncesi Azami Tabaka Kalınlığı (m)	Sınıflara Göre Geçiş Sayısı	
	Tipi	Kütlesi (kg) Sabit Çizgisel Yük (kN/m) Basınç (kPa)		Normal	Hafif
Kaya veya Kırmataş (6 metreden Yüksek Dolgular)	Titreşimli Silindir	>45 kN/m	-	10	-
		>30 kN/m	0,5-2	5	-
Kaya	Titreşimli Silindir	26-40 kN/m	1	8	4
		41-55 kN/m	1,5	8	4
		>55 kN/m	2	8	4
Kırmataş veya Betonarme	Mekanik Karıştırıcı	60-70 kg	0,3	4	2
	Titreşim Tabla	50-100 kg	0,2	6	4
		101-200 kg	0,3	6	4
		201-500 kg	0,4	6	4
		>500 kg	0,5	6	4
	Titreşimli Silindir	10-15 kN/m	0,3	6	4
		16-25 kN/m	0,5	6	4
		26-40 kN/m	0,6	6	4
		41-55 kN/m	0,7	6	4
	>40 kN/m	0,8	6	4	
Çakıl veya Kum	Mekanik Karıştırıcı	60-70 kg	0,3	4	2
	Titreşim Tabla	50-100 kg	0,15	6	4
		101-200 kg	0,2	6	4
		201-500 kg	0,3	6	4
		>500 kg	0,4	6	4
	Titreşimli Silindir	10-15 kN/m	0,3	6	4
		16-25 kN/m	0,4	6	4
		26-40 kN/m	0,5	6	4
		41-55 kN/m	0,6	6	4
	>40 kN/m	0,7	6	4	
İnce Kum ve Silt	Mekanik Karıştırıcı	60-70 kg	0,3	4	2
	Titreşim Tabla	50-100 kg	0,15	6	3
		101-200 kg	0,15	6	3
		201-500 kg	0,2	6	3
		>500 kg	0,3	6	3
	Titreşimli Silindir	10-15 kN/m	0,2	5	3
		16-25 kN/m	0,3	5	3
		26-40 kN/m	0,4	5	3
>40 kN/m		0,6	5	3	
Kil, Siltli Kil	Dozer (LGP)	10.000 -20.000	0,2	4	2
	Lastik Tekerlekli Araçlar	15.000 -30.000	0,2	4	2
Geri Dönüşüm veya Hafif Agregalar	Paletli Makineler	<50 kPa	1	2	2
	Titreşim Tabla	50-200 kg	0,6	2	2

Çizelge 2: İyileştirilecek tabaka cinsine göre metot seçimi

Sıkıştırma Ekipman Tipi	İnce Taneli Zemin (Islak Durum), Tebeşir	İnce Taneli Zemin (Kuru/Normal Durum), Taneli Zemin (İyi Derecelenmiş)	Taneli Zemin	Düşük Dayanımlı Kayaç	Yüksek Dayanımlı Kayaç
Düz Tekerlekli Silindir	Uygulanabilir	Mümkün	Mümkün	Mümkün	Uygulanamaz
Kafesli Silindir	Uygulanabilir	Mümkün	Uygulanamaz	Uygulanabilir	Uygulanamaz
Ölü Ağırlıklı Sıkıştırma Silindiri	Uygulanabilir	Mümkün	Uygulanamaz	Mümkün	Uygulanamaz
Pnömatik Tekerlekli Silindir	Uygulanabilir	Mümkün	Mümkün	Uygulanamaz	Uygulanamaz
Titreşimli Sıkıştırma Silindiri	Uygulanabilir	Mümkün	Mümkün	Mümkün	Uygulanamaz
Düz Tekerlekli Titreşimli Silindir	Uygulanabilir	Mümkün	Mümkün	Uygulanabilir	Uygulanabilir
Titreşimli Plaka Kompaktör	Uygulanamaz	Mümkün	Mümkün	Mümkün	Mümkün
Titreşimli Karıştırma	Uygulanabilir	Mümkün	Mümkün	Uygulanamaz	Uygulanamaz
Yüksek Enerjili Darbeli Kompaktör	Uygulanamaz	Mümkün	Mümkün	Mümkün	Mümkün
Düşen Ağırlıkla Sıkıştırıcı (Hızlı Darbeli Sıkıştırıcı)	Uygulanamaz	Mümkün	Mümkün	Mümkün	Mümkün

Uygulanabilir	NOT: Zemin tipine ve sıkıştırma makine tipine göre mümkün görülen yöntemlerde özel laboratuvar ve arazi çalışmaları muhakkak yapılmalı ve performansları kontrol edilmelidir.
Mümkün	
Uygulanamaz	

4. PROJE TASARIM ÇALIŞMALARI:

4.1. Zayıf Zemin Tanımı

Konvansiyonel Hatlar, Hızlı Tren ve Yüksek Hızlı Tren hatlarında zayıf zemin tanımlamasında UIC 719R esas alınacaktır.

Dolgu ve yarma tabanlarında QS0 ve/veya QS1 özelliğindeki doğal malzemeler hattın proje tipi ve proje yük sınıfı niteliklerini karşılamaması durumunda yer değiştirme, iyileştirme ve stabilizasyon işlemleri projelendirilerek yapılacaktır. Özellikle sınır değerlere çok yakın olan malzemelerde, malzemenin değerinin istenilen kritere getirilmesi işlemlerini kapsamaktadır. Bu işlemler sırasında önemli olan karışım oranları ve gradasyonlarının doğru bir şekilde hesaplanması ve uygulamada homojen olacak şekilde yapılması segregasyona müsaade edilmemesidir.

Platformda kullanılacak tabakanın şartname değerlerinden özellikle gradasyon kriterlerini karşılamaması durumunda malzemelerin; elenmesi, yıkanması, nitelikli malzeme eklenmesi, tekrar kırılması gibi işlemlerin kontrollü bir şekilde yapılması sonucunda;

- Yarma ve tünellerden çıkan malzemelerin dolgularda kullanılması,
- Uniformluluk ve çok ince malzeme oranının ayarlanabilmesi,
- Uygunsuz olan bir parametrenin düzenlenmesi (D maks boyutu, Organik malzeme oranı, Kıvam Limitleri vb.).

4.2. Malzeme Değişirme

Hattın sub-balast altında yer alacak doğal zemin biriminin iyileştirme yöntemlerine göre istenilen değerleri vermeme ve/veya iyileştirmelerin maliyet analizine göre ekonomik çıkmadığı durumlarda uygulanabilecek bir yöntemdir.

Özellikle yarma ve dolgularda marn, şeyl, kıltaşı, serpantin, % 20'den fazla eriyebilen tuz bulunduran sedimanter kayalar, % 6' dan fazla organik madde içeren kayaların hattın sınıfına ve durumuna göre uzaklaştırılması ve malzeme değiştirilmesi ile platform ve zeminin iyileştirilmesi gereklidir. Malzeme yer değiştirme işlemi esnasında aşağıdaki kıstaslarda dikkat edilmesi gerekir.

- Maksimum dane çapı ≤ 80 mm
- 0.075 mm elekten geçen $\leq \% 40$
- Organik Madde $\leq \% 2$

4.3. İslah Edilecek- İyileştirilecek Malzemenen/ Zeminden Numune Alınması

İyileştirilmesi veya ıslah edilmesi düşünülen malzeme sınırları, yapılacak arazi etütleri ile proje kriterlerine göre belirlenmelidir. Alınacak numune miktarı zemin yapısındaki değişimlere göre, malzemenin tümünü temsil edecek ve uygulama formül oluşum sürecini tamamlayacak özellikte ve yeteri kadar miktarda olacaktır.

Uygulama öncesi, bitkisel toprak sıyrıldıktan sonra mevcut zeminde (siyah kot), derinlik 30-50 cm ve 200-250 cm arasından alınan doğal zemin numuneleri üzerinde aşağıda belirtilen laboratuvar testleri yapıldıktan sonra, çimento ve puzolanik bağlayıcı ürün kullanım miktarı ile %100 homojen karıştırma frezeleme derinliği ve **uygulama formülü 30-50 cm arasından alınan numunelerin deney sonucundan tespit edilecektir.** Zemini yerinde iyileştirmede kullanılacak uygulama formülünün belirlenmesi için, birçok zemin kriterinin birlikte değerlendirilmesi ve projelerdeki değerleri göz önüne almak gerekmektedir.

4.4. İslah edilecek veya İyileştirilecek Zeminde-Malzeme Yapılacak Testler

Doğal zeminin 30-50 cm ve 200-250 cm'den alınan numunelerine aşağıdaki maddelerde verilen testler ayrı ayrı yapılacaktır.

Tasarım formülünün belirlenmesi için doğal zemin üzerinde yapılacak doğal testler:

- Jeolojik ve Jeoteknik Zemin Etüt Raporları,
- Projede Aranılan Demiryolu Tekrarlı Yük Ağırlığı ve Mukavemet Değerleri,
- Doğal Su Muhtevası,
- Granülometri-Dane Boyu Dağılımı (Elek Analizi, Hidrometre),
- Zemin Kıvam Limitleri (Atterberg Limitleri LL, PL, PI)
- Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması (BZS) ve/veya TS EN 14688-(1 -2)
- Standart veya Modifiye Proktor Deneyi (W_{OPT} , Maksimum K.B. H. A.)
- Kaliforniya Taşıma Oranı (Yaş CBR),
- Serbest Basınç Testi,
- Organik Madde İçeriği,
- Zemin ve Su Kimyasal Analizi (Sülfat ve Klorür İçeriği Gerektiğinde),
- XRD Mineralojik Analiz (Gerektiğinde) yaptırılacaktır.

İyileştirme yapılacak doğal zeminin tanımlanmasında yukarıdaki deney sonuçlarına ilaveten jeolojik ve jeoteknik rapor kriterleri birlikte göz önüne alınır ve iyileştirme tasarımına geçilir. Alınan doğal zemin numunesi, su, çimento ve puzolanik, toz, saf bağlayıcı mineral katkı karışımına laboratuvarında serbest basınç deneyleri, elastisite modülü, CBR testleri yapılarak ulaşılan sonuçlar kontrol edilir ve optimum karışım oranları belirlenir.

4.5. Malzemenin Sınıflandırılması

Stabilize edilmesi planlanan malzeme üzerinde; TS EN 933-1, TS EN 17892-4, ASTM D 422, AASHTO T 28 standartlara uygun dane boyu dağılımı deneyleri ve TS EN 17892-12, TS 1900-1, ASTM D 4318, AASTO T 89-90 standartlarıyla Atterberg limit testleri yapılacaktır.

Deneylerden elde edilen sonuçlara göre zemin TS EN ISO 14688-1-2, Birleştirilmiş Zemin Sınıfı (USCS/ BZS), AASHTO sınıflamasından yapılan deney standardı disiplinine göre sınıflandırılacak ve ayrıca TS EN 16907-2 sistemine göre zemin/ malzeme sınıfı belirlenecektir.

4.6. Organik Madde Miktarının Belirlenmesi

Numunelere TS EN 1744-1 veya ASTM D 2974 standartlarına uygun yapılan deneylerle zeminde bulunan organik madde miktarı yüzdesi belirlenecektir.

4.7. Sülfat İçeriğinin Belirlenmesi

Alınan zemin numunelerine TS EN 1744-1, TS 6170, ASTM C 1580 ve AASHTO T 290 standartlarından biri ile yapılan deneylerle zeminin sülfat içeriği belirlenecektir.

4.8. CBR ve CBR Şişme Değerinin Belirlenmesi

TS EN 1900-1, TS EN 13286-(2-4), AASHTO T 99/180 ve ASTN D 698/1557, metotlarıyla sıkıştırılmış, rutubet oranı optimum değerlerde veya işlem sırasında öngörülen W_{opt} değerine eşit olan en azından üç numune için; TS EN 13286-47, TS 1900-2, AASHTOO T 193 ve ASTM D 4429 standartlarına uygun yaş CBR yüzdesi değeri belirlenmelidir.

4.9. Mak. K. B. H. Ağırlık ve W_{opt} Bulunması

Stabilize edilmesi planlanan ve stabilize edilmiş malzeme üzerinde; TS EN 1900-1, TS EN 13286-(2-4), AASHTO T 99 ve T 180, ASTM D 698/1557 yapılarak bu deneyler ile malzemenin Optimum Su İçeriği ve Maksimum Kuru Birim Ağırlığı belirlenecektir.

5. UYGULAMA TASARIM FORMÜLÜNÜN HAZIRLANMASI

İslah edilecek ve iyileştirilecek zemin ve/veya demiryolu güzergâhı için Araştırma Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi kapsamında; Hidrojeolojik Etüt Raporu, Jeolojik-Geoteknik Rapor ve Geoteknik Stabilizasyon Proje Raporu ve Uygulama Tasarım Raporu hazırlanacaktır.

5.1. Optimum Katkı Yüzdesinin Belirlenmesi

Bu şartname kapsamında çimento ve puzolanik, toz, saf bağlayıcı mineral bağlayıcı ürün seçimi ve yüzdesinin belirlenmesi kısmı, iyileştirilecek zemin özelliklerinin fonksiyonu olarak tasarım aşamasında belirlenecek ve deneme uygulaması sonrasında en yüksek performans elde edilen çimento ve puzolanik, toz, saf bağlayıcı mineral bağlayıcı tipi ve oranı bulunacaktır.

Projede ulaşılması gereken zemin tasarım kriterleri; Serbest Basınç Mukavemeti, CBR (%) ve Elastisite Modülü (E_{V2} , E_{VD}) cinsinden değerlendirilir.

Doğal test sonuçları, jeoloji, geoteknik ve puzolanik bağlayıcı sonuçları ve projede aranan değerlerle birlikte uygulama formülü tamamlanır. Uygulama formülünde 1 m^2 'de kullanılacak çimento miktarı Puzolanik, toz, saf mineral bağlayıcı madde miktarı çimento miktarının minimum % 2'si kadar kullanılacaktır ve karıştırma derinliği ($d=30-50 \text{ cm}$) sahada, stabilize edilecek-iyileştirilecek zemin malzemesinin özelliklerine ve araştırma raporlarına göre belirlenecektir.

Tasarımda kullanılacak çimento; Portland çimento, CEM I 42,5 R veya CEM II 42,5 R Portland veya zemin cinsine göre gerekli diğer çimento tipi kullanılarak en uygun, ekonomik miktar ve performans kriterleri oluşturulacaktır.

Bu itibar ile iyileştirilen katman tek kat veya çok katlı olarak imalatı yapılacaktır. İdarenin onayı alınmak suretiyle ara tabakalı sistemler kullanılabilir.

Teknik ve ekonomik açıdan en uygun çimento ve katkı oranlarının belirlenmesine yönelik laboratuvar ve arazi deneme testleri yapılacaktır.

5.2. Ara Tabakalı (Sandviç) Sistem

Ara tabakalı (sandviç) sistem tabanda yapılacak iyileştirmede, doğal zeminde uygulanacak proje kesitlerine göre dolgu yapılacak demiryolu üstyapı tabanında (sub-balast altında) dolgu üstünde ikinci katman İdarenin görüşü alınmak suretiyle uygulanabilecektir.

5.3. Serbest Basınç Testi

Serbest basınç mukavemetinin belirlenmesi çalışmaları TS EN ISO 17892-7, TS 2030, ASTM 1633/ 4219, AASHTO T 208 standartlarına uygun, CBR ve Elastisite Modülü deneylerine paralel olarak sürdürülür. Deneyler sonucunda elde edilen ideal karışım oranlarından elde edilen numuneler, TS EN 1900-1, TS EN 13286-(2-4), AASHTO T 99 ve T 180, ASTM D 698/1557 metotları ile sıkıştırılıp, uygun bir krika ile veya düzenele kalıptan çıkarılır. Hazırlanan numuneler önce plastik daha sonra alüminyum folyolara sarılarak, 7 ve 28 gün boyunca ortam sıcaklığı 20 °C'de (± 1 °C) olan ve % 95 nem olan ortamda bekletilmelidir.

Yapılan deneylerde malzemeler aşağıdaki koşulları sağlayacaktır.

- Doğal Zemin/Dolgu katmanı için, $qu(7) \geq 10 \text{ kg/cm}^2$ olmalıdır.
- Sub-balast altı ve Yarma Tabanı için, $qu(7) \geq 10 \text{ kg/cm}^2$ olmalıdır.

5.4. Elastisite Modülü

Kürünü tamamlamış deneme kesimi üzerindeki katmanda statik veya dinamik plaka yükleme deneyi yapılmalıdır. Statik Plaka yükleme deneyi yapılarak E_{v2} değeri, dinamik plaka yükleme deneyi yapılarak E_{vD} değeri belirlenecektir. Değerler;

- Doğal Zemin/Dolgu katmanı için, $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$, $E_{vD} \geq 22,5 \text{ MPa}$
- Sub-Balast altı ve Yarma tabanı için, $E_{v2} \geq 80 \text{ MPa}$, $E_{vD} \geq 40 \text{ MPa}$ olmalıdır.

5.5. Uygulama İçin Önerilen Gerekli Ekip ve Ekipmanlar

- En az 28 ton ağırlığında ve en az 480kW/653 HP gücünde stabilizatör
- 12 ton ağırlığında bilgisayarlı dozajlı çimento serme kamyonu
- 1 ton ağırlığında dozajlı Puzolanik bağlayıcı serme aracı
- En az 13 ton ve en çok 16 ton kapasiteli keçi ayak toprak silindiri
- Uzun bıçaklı Greyder
- En az 13 ton ve en çok 16 ton kapasiteli keçi düz toprak silindiri
- Proje kriterlerine göre 3-6 adet su tankeri (stabilizatöre uyumlu aparatı takılmış)
- Uygulamanın yapılabilmesi için İnşaat İşleri Teknik ve İdari Şartnamesinde yer alan gerekli teknik ekip ve ekipmanların bulundurulması.

6. KARIŞIM UYGULAMA METODOLOJİSİ

6.1. Uygulama Metodolojisi Başlangıcı

Kil, kum, silt, çakıl ve bunların karışımından oluşmuş zeminlerin ıslahı ve iyileştirmesi bu şartname kapsamında yapılabilecektir.

Yerinde tespit edilmiş çimento oranına göre çimento miktarının ağırlıkça % 2'si kadar puzolanik, toz, saf bağlayıcı mineral uygulama formülünde belirlenen dozajda serme işlemini yapabilecek nitelikteki makinalar ile serilecektir. Uygulama yapılacak zemine göre tipi belirlenmiş çimento ve uygulama miktarı, özel dozajda serme işlemini yapabilecek otomatik makinelerle serilecektir. Her iki malzemenin serilmesi sonrası iyileştirme yüzeyindeki mevcut toprak veya zemindeki mevcut başka bir malzeme, çimento ve puzolanik, toz, saf bağlayıcı mineral ile birlikte uygun yüksek kapasiteli makine teknolojisi ile belli derinlikte karıştırılacaktır (frezeleneyecektir). Karıştırılma (frezelenme işlemi), kapiler boşluk olmaksızın tasarım araştırma çalışmalarında Proktor deneyi ile belirlenen $W_{opt} \pm \%2$ aralığında dozajlı su vererek yapılır ve homojen bir şekilde tam karışımı sağlanarak iyileştirme gerçekleştirilir.

Stabilizasyon homojen karışımını sağlayan en az 480 kW (653 HP) ve üstündeki makine gücünde, tamburunun en az 400 devir/dakika dönüş yapabildiği yüksek teknolojiye sahip ve yüksek kapasiteli uygun makinelerle yapılmalıdır.

Oluşan katman Puzolanik reaksiyona girerek zeminde birbirleriyle bağdaşmayan bütün malzemeleri birbirlerine bağlama özelliğine sahip olacaktır.

- Karışım frezeleme sonrası, önce en az 13 ton ve en çok 16 ton kapasiteli vibrasyonlu keçi ayak silindir ile 1-2 pas sıkıştırılır.
- Greyder ile kot düzeltmesi yapılır. Greyderde uzun bıçaklı olan tercih edilir.
- En az 13 ton ve en çok 16 ton kapasiteli düz silindir ile 2-3 tam pas vibrasyonlu zemin sıkıştırma işlemi yapılır.
- Yeni puzolanik bağlayıcı temel katmanına gerekli miktarda son sulama işlemi yapılır.
- Zeminde mevcut bulunan her toprak türünün yanı sıra, mevcut toprak ile beraber varsa mevcut balast da birlikte frezeleme yapılabilecektir.
- Mühendislik jeolojisi ve zemin verileri doğrultusunda hazırlanan Geoteknik Tasarım çerçevesine uygun işlemler yapılacaktır.

6.2. Zeminin, Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı Mineral ve Çimento ile Yerinde İyileştirilmesi

Demiryolları alt yapısını oluşturan taban zemini, dolgu malzemesi kriterlerini sağlamayan veya Kaliforniya Taşıma oranı (yaş CBR) ve elastik modülü (E_{V2} veya E_{VD}) değeri düşük, şişme potansiyeli yüksek zayıf zeminleri, dolgular veya sub-balast altı ve yarma tabanı malzemelerinin kullanılabilirlik ve taşıma gücü özelliklerini artırmak için şartname kapsamında iyileştirilebilecektir.

İyileştirme % 6' dan fazla organik malzeme içeren zeminler dışında, kil, kum, çakıl, kaya parçaları ve bunların karışımlarından oluşan zeminlerde uygulanabilecektir. Böylece mevcut zemin veya malzemenin bütünüyle çimento ve puzolan ile reaksiyona girmesi sağlanacak, homojen mukavemeti yüksek 30-50 cm kalınlığında göreceli olarak esnek, mekanik davranış olarak alt ve üst katmanlara uyumlu mekanik davranış gösteren bir tabaka oluşturulacaktır.

Zeminin yüzeyden 2.5 m derinliğe kadar zemin koşulları incelenerek, yüzeyin 30-50 cm arasından alınan numunelerin özelliklerine göre; iyileştirilecek zeminin tabaka kalınlığı, çimento ve puzolanik mineral katkı oranı tespit edilecektir.

İyileştirme çalışmalarında çimento miktarı ve puzolanik katkı miktarları ön tasarım için Çizelge-3' te gösterildiği gibi hazırlanacaktır. Katkı oranlarının zemin tiplerine göre başlangıç ve uygulama aralık değerleri bulunacaktır. Puzolanik bağlayıcı oranı çimento ağırlığının daha önceden deneysel olarak hesaplanmış ve önceden belirlenmiş bir oranda kullanılacaktır. Arazinin kullanım koşulları ve genel geoteknik tasarım çerçevesinde bu değerler değişiklik gösterebilir.

İyileştirme çalışması sonucunda oluşturulan puzolanik katkı ve çimento ile oluşturulan tabakada oldukça güçlü ve esnek bir bağ yapısı oluşmalı, tabaka kalınlığı boyunca oluşan kesme kuvvetleri üstten gelen yükleri geniş alanlara taşınması ile tabana gelen yükler çok azaltılarak zeminde çökme ve oturmalar oluşmamakta veya minimal düzeylere indirmesi gerekmektedir.

Çizelge-3: Çimento ve Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı Mineral Katkılı İyileştirme İnşaatı İçin Çimento ve Bağlayıcı Ön Tasarım Örneği						
Demiryolu İnşaat Tipi	Demiryolu Trafik Kategorisi	Demiryolu inşaat işlerinin / projesinin yürütülmesinden önce, zemin koşulları, yeraltı suyu durumu, zemin biriminin jeoteknik dayanım parametreleri, iklim koşulları ve laboratuvar testlerinin sonuçları dikkate alınarak ayrıntılı olarak kontrol edilerek incelenmelidir.				
		Temel Zemin Tipi	Zemin veya geri dönüşüm malzemesi için gerekenler gradasyon kriterleri	Çimento miktarı kg/m ³	Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı Mineral Katkı* (Çimentonun % olarak miktarı)	Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı Mineral Katkılı Zemin için Basınç Dayanımı 28 Günlük (MPa)***
Yeni Demiryolu İnşaatı	Tüm Kategoriler	Kum- Çakıl Karışım	İri Tanelerin < 50 mm e kadar ufulanması, ince tane boyu içeriği <0,2 mm, min%20	120-140**	2 %	>3 MPa
		Kum		140-160**		
		Silt		150-170**		
		Kil		160-180**		
Demiryolları Rehabilitasyon İnşaatı	Tüm Kategoriler	Kum- Çakıl Karışım	120-140**	2 %	>2,5 MPa	
		Kum	140-160**			
		Silt	150-170**			
		Kil	160-180**			
* Puzolanik bağlayıcı miktarı, buradaki değer örnek olarak verilmiş olup asıl değer deneysel olarak ve/veya üretici firma beyanı esas alınarak yapılacaktır.						
**Laboratuvar deneyi ile belirlenmiş çimento miktarı (Çimento optimum miktarı için deneysel veriler ve optimizasyon gereklidir).						
*** Projede iyileştirilecek tabakanın üzerine gelen dinamik ve statik yüklere göre minimum değer seçimi yapılabilir.						
Not: Bu değerler ön tasarım değerleri olup gerekli jeolojik- jeoteknik araştırma ve geoteknik tasarım ve saha uygunluk testleri tasarımdan beklenen performansa göre teyit edilmelidir.						

7. UYGULAMA SIRASINDA HAVA VE ZEMİN SICAKLIĞI:

Sıcaklığın kontrolü için hava koşulları dikkate alınarak zemin değişimi ve hava koşullarının değişimine göre zeminde imalat öncesi imalat kalınlığı saptanan katmanın orta noktası sıcaklığının saptanabildiği termometrelerle ölçüm yapılmalı ve imalat sıcaklık değerleri belirlenmelidir.

İmalat sırasında kış aylarına rastlandığı dönemlerde uygulama yapılacak kesimde mevcut zemin don etkisi ortadan kalkana kadar uygulama yapılmayacaktır. İmalat aşamasında mevcut zemin sıcaklığı puzolanik bağlayıcı katman derinliğinin tam orta noktasında +1°C değerinden daha düşük ve +50°C değerinin üzerinde olmamalıdır.

8. UYGULAMA ESNASINDA VE UYGULAMA SONRASI SULAMA:

Uygulama esnasında doğal zemin su muhtevasına ve optimum su muhtevasına göre sulanarak frezeleme işlemi yapılacaktır. Hava koşullarına bağlı olarak imalat sonunda katman günlük işlem sonunda sulanacaktır.

Uygulama sırasında çimento ile reaksiyonların oluşabilmesi için uygulama yapılmış tabaka aşağıdaki Çizelge-4'e göre sulanmasına devam edilmelidir. Günlük yapılan imalat ertesi gün hava sıcaklığına bağlı olarak yalnız sabah, sabah-akşam veya sabah-öğlen-akşam arozözle sulanacaktır. Hava koşullarına bağlı olarak günlük imalat sonunda oluşan katman hava sıcaklığına ve zemin yapısına göre aşağıda belirtilen yöntemle sulanmalıdır. İmalatı yapılan katmanın üstü 1-2 gün sonra kapatılması tercih edilmelidir.

Katman üstü kapatılmazsa, hava sıcaklığına bağlı olarak sulama işlemi aşağıdaki tabloya göre uygulanacaktır. İklim yapısına bağlı atmosferik hava koşulları göz önüne alınarak, sahadaki fiziki gözlem ile yetkili saha ve/ veya kontrol mühendisi gerekli sulama işlemi için son kararı verecektir.

Çizelge 4: Hava sıcaklığına bağlı sulama aralıkları

Hava Sıcaklığı (°C)	Sıklık	Süre (gün)
+18'e Kadar	1 veya 1-2 kez	2-3
19-24	1-2 veya 2-3 kez	2-3
25-30	2-3 veya 3-4 kez	3-4
+30 ve Üzeri	3-4 veya 4-5 kez	4-5

9. KATMAN KORUMA VE TAMİRAT METODOLOJİSİ:

Uygulamadan 2 gün sonra katman üstüne dolgu veya üstyapı serme işlemine başlanabilir. Katman üstü kapatılıncaya kadar sulama işlemine atmosferik koşullarda devam edilebilecektir. Katman üstü kapatılıncaya kadar teknoloji uygulama ekipmanları dışında katman üstüne izinsiz çıkılmayacaktır ve uygulama alanı şeritle kapatılacaktır. **Katman üstüne hiçbir şart ve surette demir paletli ekskavatör veya benzeri araç çıkmayacaktır.**

Drenaj imalatı tüm işlemlerden önce bitirilesi gerekmektedir. İyileştirilen katman her hangi bir sebeple açılması gerektiğinde, şantiye şefi nezareti olmadan katmana herhangi bir darbeli veya delici bir alet ile müdahale edilmeyecektir. Katmanda stabilitesini bozmadan korumak ve teknik ömrünü uzatmak için derz boşluğu veya aralığına izin verilmeyecektir.

10. KATMAN TAMİRAT METODOLOJİSİ

Her hangi bir sebeple katman zarar gördüğünde dahi katmanın taşıma kapasitesinde her hangi bir değişiklik olmayacaktır. İzinsiz katman üstüne çıkılmasından veya farklı nedenlerden dolayı katmana verilebilecek zararın taşıma kapasitesini olumsuz etkileyecek düzeyde olmasına müsaade edilmeyecektir. Zemin aynı yöntemlerle, zeminin yüzey durumuna göre, fiziki şartlar göz önüne alınarak karar verilip gerekli tamiratın yerinde uygulaması yapılabilecektir.

11. AMBALAJ VE DEPOLAMA

Çimento ve doğal puzolanlar; suya, rutubete ve güneşe maruz kalmadan ve palet üstünde tek kat olarak uygun ambalaj boyutlarında, yapay puzolanik mineral katkıları ise üretici beyanı ve direktiflerine uygun ambalaj boyutlarında ve istiflerinde depolanacaktır.

12. UYGULAMA SONRASI BEKLENEN DURUMLAR:

Puzolanik mineral katkıları zemindeki malzemeyi, yerinde tamamen geri dönüştürülebilir olacak, doğaya ve havaya gaz salınımı yapmayacaktır.

Karışım uygulama yapılan zemini, sahada mevcut yerini değiştirmeye gerek olmadan 28 günlük priz süreci sonunda proje gereksinimlerini emniyetli bir şekilde karşılayan temel katmanına dönüştüreceklerdir. Tabakalar uzun ömürlü ve az bakım masrafı gerektirmelidir.

13. UYGULAMA SONRASI KALİTE KONTROL TESTLERİ

Yüklenici işe başlamadan önce; hazırlık aşaması, başlama aşaması ve üretim aşamasında kapsayacak şekilde Kalite Kontrol Yörüngesine uygun olarak hazırlanacaktır. Yapılacak deneyler, numune alma yeri, numune alma metodu, numune alma ve deney sıklığı, deneylerin hangi laboratuvarında yapılacağı gibi bilgileri içeren “Kalite Kontrol Planı” idarenin onayına sunulacaktır.

Kalite Kontrol Planına göre yürütülecek olan kalite kontrol faaliyetlerinde dizayn süresinden, üretimin sonuna kadar, kullanılacak malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin tayini, çimento ve katkı türlerinin miktar ve karışım oranları ile yerinde hazırlanan karışımının dizayn şartlarının uygulamadaki etkinliği her aşamada ve sürekli olarak kontrol edilerek güvence altına alınacaktır.

13.1. Kalite Kontrol Deneyleri ve Sıklıkları

Uygulama imalat sonrası iyileştirilen katmanın sıkışma ve performans kriterleri;

- Elastisite Modülü $E_{V2} - E_{VD}$ değeri, Statik Plaka Yükleme Deneyi ve Dinamik Plaka Yükleme Deneyi ile kontrol edilecektir.
- İdare ve/ veya kontrol mühendisi gerek duyması halinde, arazi tipi; CBR, Dinamik Koni Penetrasyon ve Permeabilite (Sub-balast) testleri ile imalat kontrolü isteyebilir.
- Sadece Statik Plaka Yükleme Deneyi yapılacaksa her 2.500 m²'de en az 1 defa yapılacaktır. Dinamik Plaka Yükleme Deneyinde ise her 2.500 m²'de 1 defa ve kontrol amaçlı Statik Plaka Yükleme Deneyi 10.000 m²'de en az bir defa yapılmalıdır.
- Statik veya Dinamik Plaka Yükleme Deneyi sonucunda elde edilen Elastisite Modülü değerleri bağlayıcının kullanıldığı tabaka için tanımlanan dizayn şartnamesine uygun olacaktır.
- Sıkışma kontrollerinde “Kum Konisi” metodu referans metot olup anlaşmazlık durumunda bu metot baz alınacaktır. Kum konisi metoduyla korelasyon şartı ile; nükleer, balon, core cutter ve shelby metotları kullanılabilir. Nükleer metot kullanılması durumunda gerekli yasal izinler ve önlemler yüklenici tarafından alınacaktır.

Stabilizasyon ve iyileştirme çalışmaları sırasında ve sonrasında üretimi kontrol etmek amacıyla yapılması gereken deneyler ve sıklığı Çizelge -5’de verilmektedir. İlgili deneyler AASHTO-ASTM Standartlarındaki karşılıkları ile de Uygulama Projesinde verilmesi ve İdare tarafından onaylanması kaydıyla yapılabilir. İdare ve/veya kontrol mühendisi gerek duyması durumunda deneylerin periyotlarını arttırabilir.

Çizelge-5: Kalite Kontrol Deneyleri ve Kontrol Aralıkları

Deney	Minimum Deney Sıklığı	
	Dolgu/ Doğal Zemin	Sub-Balast Altı ve Yarma Tabanı
Dane Boyu Dağılımı TS EN ISO17892-4, TS 1900-1, TS 933-1, ASTM D 422 AASHTO T 11, 27, AASHTO T 88	Her 2.000 m ³ 'de 1 deney	-
Doğal Su İçeriği TS EN ISO 17892-1, TS EN 1097-5, TS 1900-1	Her 2.000 m ³ 'de 1 deney	Her 1.000 m ³ 'de 1 deney
Atterberg Limitleri ve Plastisite İndeksi (LL, PL, PI) TS EN ISO 17892-12, TS 1900-1 AASHTO T 99	Her 2.000 m ³ 'de 1 deney	Her 1.000 m ³ 'de 1 deney
W _{OPT} – Mak. Kuru Birim Hacim Ağırlık İlişkisi TS 1900-1, TS EN 13286-2, AASHTO T 99	Her 1.000m ³ 'de 1 deney ve Her gradasyon değişikliğinde 1 deney	Her 1.000m ³ 'de 1 deney ve Her gradasyon değişikliğinde 1 deney
Sıkışma Kontrol		
Kum Konisi, Balon, Shelby/ Core Cutter Metotları TS 1900-1, IS 2720, BS 1377	Her 2500 m ² 'de bir deney	Her 2500 m ² 'de bir deney
(Referans Kum Konisi Metodu)		
Nükleer Metot ASTM D 6938-10* (Korelasyon Şartıyla)	Her 500 m ² 'de bir deney	Her 500 m ² 'de bir deney
Performans Kontrol		
Dinamik Plaka Yükleme Deneyi ASTM E 2835-11	Her tabakanın 2.500 m ² 'sinde 1 deney**	Her tabakanın 2.500 m ² 'sinde 1 deney**
Statik Plaka Yükleme Deneyi TS 5744	Her tabakanın 2.500 m ² 'sinde 1 deney	Her tabakanın 2.500 m ² 'sinde 1 deney
Arazi CBR BS 1377-9	İdare ve/ veya Kontrol Mühendisinin Kararı	
Dinamik Koni Penetrasyon Deneyi ASTM D-6951		
Arazi Permeabilite Deneyleri ASTM D 3385		
<p>* Nükleer Sıkışma Test cihazının kullanılmasında 24.03.2000 tarih 23999 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğine uygun koşullarda çalışılacak olup, İdare; bu yönetmeliğe uygun davranılmaması durumunda imalatı durdurma yetkisine sahiptir. Aynı zamanda İdare'ye yapılacak teslimat sırasında Radyasyondan Korunma Uzmanı sahada bulunacaktır.</p> <p>** Kontrol amaçlı Statik Plaka Yükleme Deneyi 10.000 m²'de en az bir defa yapılmalıdır.</p>		

Çimento ve Puzolanik, toz, sağ bağlayıcı minerallerden oluşan katkıları, kullanılan ve iyileştirme yapılan malzemeler/zeminler için uygunluk şartları Çizelge-6'da verilmektedir.

Çizelge-6: Çimento ve Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı Mineral Katkılı İyileştirme için Uygunluk Şartları			
İŞLEM CİNSİ	YAPILACAK DENEYLER	İYİLEŞTİRME	STABİLİZASYON
		Dolgu/ Doğal Zemin	Sub-Balast + Sub-Balast Altı ve Yarma Tabanı
ZEMİN	Ph Değeri, (TS ISO 10390)	-	-
	Organik Maddeler (TS EN 1744-1)	< % 6	< % 6
	Sülfatlar (TS EN 1744-1 TS 6170)	< % 3	< % 3
ÇİMENTO	a) Yapım Şartları, kür şartları, uygulama alanı, maruz kalacağı çevre şartları, birleşiminden kaynaklı alkaliler ile iyileştirilecek zemin şartları durumuna göre seçilecektir		
	b) Stabilize edilecek veya iyileştirilecek malzeme cinsine göre 1m³ için teknik şartları sağlayan en ekonomik çimento miktarı belirlenecektir.		
KATKI	Çimento Ağırlığının Yüzdesi		
SU	SO ₃ < 200ppm		
TASARLANAN KARIŞIMIN LABORATUVAR ÇALIŞMALARI	Modifiye Proktor	≥ 17 kN/m ³	≥ 19 kN/m ³
	Optimum Su İçeriği %	+	+
	Yaş CBR %	≥ 30	≥ 80
	Şişme % (20°C, Nem %95'de, 20°C'de suda 4 günden sonra)	2	0,5
	PI (Atterberg Limitleri 1 saatlik değerlerdir)	< 10	< 6
	qu(7) Serbest Basınç Deneyi (kg/cm ²)	≥ 15	≥ 20
	YAPIM AŞAMASINDA KALİTE KONTROL DENEYLERİ	Modifiye Proktor	≥ 17 kN/m ³
Optimum Su İçeriği %		+	+
Yaş CBR %		≥ 30	≥ 80
Şişme % (20°C, Nem %95'de, 20°C'de suda 4 günden sonra)		2	0,5
PI (Atterberg Limitleri 1 saatlik değerlerdir)		< 10	< 6
qu(n) Serbest Basınç Deneyi (kg/cm ²) (28 günlük kür koşullarında en az 3 numune ortalaması, tek değer min % 10 düşük olacak)		≥ 25	≥ 35
Elastisite Modülü (Mpa) E _{V2} (28 günlük)		≥ 45	≥ 80
Elastisite Modülü (Mpa) E _{VD} (28 günlük)		≥ 22,5	≥ 40
* Doğal cüruf ve tüflerde yapılacak iyileştirmelerde bu şart aranmayacaktır.			

14. YAPIM ŞARTLARI

14.1. Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı Mineral Katkı Uygulanacak Tabakanın Seçimi

Zeminin puzolanik, toz, saf mineral katkı maddesi kullanılarak stabilizasyonu-güçlendirmesi ile imal edilecek tabakalar ve projeler, uygulamanın yapılacağı bölgenin iklim koşullarına, yağış durumu, demiryolu trafik kategorisi ve tekrarlı yük durumu ve demiryolu geometrisi dikkate alınarak proje tasarımına doğal zemin, dolgular ve sub-balast tabakasının stabilizasyonu ve güçlendirme işlemi İdare tarafından belirlenecektir.

14.2. Stabilize Edilecek-İyileştirilecek Malzemenin Hazırlanması ve Doğal (Yerinde) Su İçeriğinin Belirlenmesi

Zeminin hazırlanması işlemine, yüzeyde yer alan bitkisel toprağın kaldırılması ile başlanır. Toprağı stabilizasyona hazırlamak için kazmak, parçalamak ve reglaj seviyesindeki tabakalarda içerisinde çapı 5 cm'den büyük, diğer tabakalarda ise çapı 10 cm'den büyük taşlar temizlenecektir. Bu durumda iyileştirilecek zeminin doğal su içeriği belirlenecek ve karışımın optimum su içeriği değerinden yüksek ise zeminde havalandırma ve rutubet kaybettirme işlemi yapılarak suyun buharlaşması sağlanacaktır.

14.3. Çimentonun Taşınması ve Depolanması

Stabilizasyon-güçlendirme işleminde kullanılacak çimento dökme veya torba çimento olarak kullanılabilir. Toz halindeki çimento silobaslarla nakliyesi yapılır ve silolara en az bir günlük şantiye üretimini karşılayacak şekilde depolanır. Torba olarak şantiye ortamında getirilen çimento; nemden, yağmurdan ve su etkisinden korunacak şekilde kapalı alanda saklanmalıdır.

Çimento araştırma teknik raporunda verilen oranda ve belirlenen platform genişliğinde kesite yayılacak, yayılım homojen olacak ve yüzeydeki yayılım raporda belirlenen karışım formülündeki optimum miktardan % ± 5 'den fazla olmayacak şekilde yayılması sağlanacaktır.

14.4. Sıkıştırma

Zemin üzerine serilen çimentonun aynı gün içinde karıştırma ve sıkıştırma işlemlerinin tamamlanması gerekmektedir. Çimentonun zemine serilme işleminde rüzgâr ile dağılıma durumuna göre çalışma programı yapılmalıdır.

Zemine yayılan ve karıştırma işlemi yapılan çimento karışımının 60 dakika sonra donmaya başlayacağı için sıkıştırma işlemi bu süre içinde gerçekleştirilmelidir. 60 dakika boyunca işlem görmeden zemin bırakılmamak koşulu ile sıkıştırma 3 saat içinde tamamlanmalıdır. Sıkıştırma

işlemi gerçekleştirilmeden zemindeki nem oranı sebebiyle donan çimento zemin karışımı güçlendirme sağlamayacağı için yerinde kaldırılması gerekmektedir.

Karışım işlemi sonrasında; ilk önce 13-16 ton vibrasyonlu keçi ayağı silindir ile 1-2 pas sıkıştırma işleminden sonra gerekli düzeltme işleminden sonra 13-16 tonluk demir bandajlı silindir ile 2-3 pas vibrasyonlu sıkıştırma işlemi yapılacaktır.

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

Optimum su muhtevası tasarımda belirlenen $\% \pm 2$ 'den fazla olmayacaktır. Optimum su muhtevasında sıkıştırılan tabakanın sıkışma yüzdeleri için Tablo-5'de verilen minimum sıkışma değerleri tabakanın özelliklerine uygun sağlanacaktır.

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

14.5. 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 gibi kaliteli bir imalat ve inşaat performansını etkileyen tüm hususlar sürekli denetlenmeli, gerekirse tüm deney aralıkları sıklaştırılmalıdır.

Çimento ve puzolan oranının karışım dizaynına uygunluğunu doğrulamak için 1 m² alana serilen çimento ve katkı malzemesinin miktarı tava deneyi ile ayrı ayrı kontrol edilmelidir.

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

Uygulama sırasında iyileştirilen-stabilize edilen tabaka kalınlığı kontrolü sürekli yapılarak projede öngörülen kalınlık (h) $\pm \% 10 (\pm 0,1xh)$ toleransı ile sağlanmalıdır.

Tabakalarda çimento kullanımına bağlı olarak çatlakların oluşmaması için ekip-ekipman, tasarım ve yapım tekniği konusunda gerekli tüm tedbirler yüklenici tarafından alınarak istenilen performansın alınması da yüklenici tarafından sağlanacak ve sorumlu olacaktır.

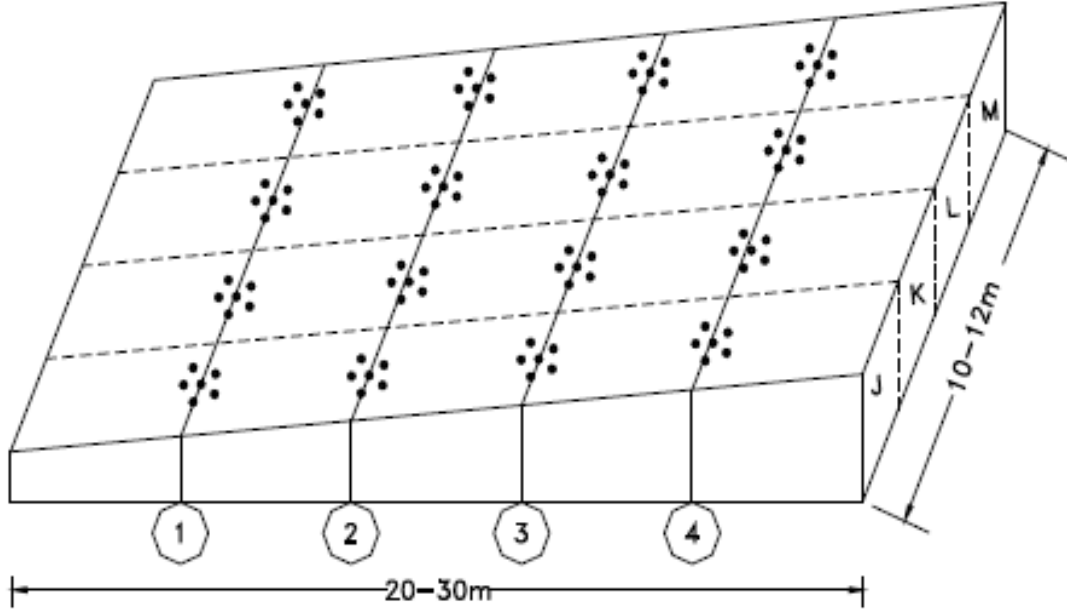
İyileştirilecek tabakanın mevcutta olan tüm drenaj ve yeraltı suyu problemleri iyileştirme yapımına başlanılmadan giderilmelidir. Yapım aşamasında şartnamede öngörülemeyen şartların oluşması durumunda, İdare koordinasyonunda ulusal ve uluslararası standartlar dikkate alınacaktır.

15. DENEME KESİMİ

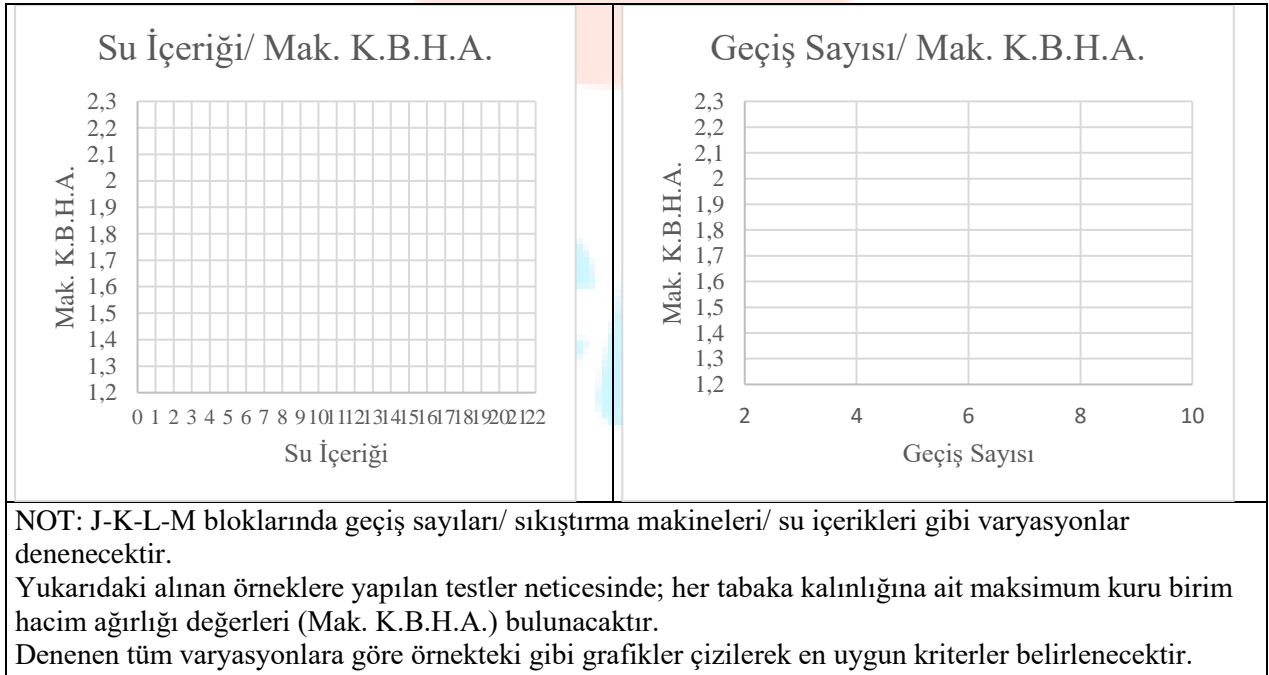
Yapım yöntemleri, karışım oranları, ekipman uygunluğu, uygulama derinliği, istenilen asgari koşulların sağlanması gibi uygulama esas tasarım kontrolünün sağlanması için deneme kesime yapılarak işyeri karışım formülü oluşturulacak ve uygulama performansının proje tasarımına uygunluğu denetlenecektir. Sıkıştırma işlemi için silindiraj, pas sayısı, optimum su muhtevası gibi uygulama devamlılığı kesinleştirilecektir.

Deneme kesimi iki aşamalı yapılacak olup birinci aşamada 25 m tasarım kontrolü ve işyeri karışım formülünün oluşturulması ve ikinci aşamada ise 50 m uzunluğunda kesin imalat kontrolü yapılarak sonraki imalatlarda istenilen kalite kontrol deneylerinin yapılması sağlanacaktır.

Şekil-1'deki örnekleme tasarıma göre deneme yolu rampası yapılarak üstyapıdan gelecek yüke göre beklenen taban zemini performansını ortaya koymak için gerekli tabaka kalınlığı ve sıkıştırma enerjisi belirlenmelidir.



ÖRNEKLEME	J	K	L	M
Su İçeriği %	W_{opt-2}	W_{opt}	W_{opt+2}	PL-2
Numune Noktaları (...)	J (1-2-3-4)	K (1-2-3-4)	L (1-2-3-4)	M (1-2-3-4)
Kalınlıklar	1: 200 mm	2: 250 mm	3: 300 mm	4: 350 mm
Geçiş Gözlemi	2	4	6	8



Şekil-1: Deneme kesimi

16. YÜKLENİCİNİN SORUMLULUĞU

Yüklenici işe başlamadan önce; ihale sözleşmesinde belirtilen toz halinde Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı yine idare tarafından belirtilmiş katkı malzemesi üretim ve kullanımı ile ilgili olarak aşağıda belirtilen teknik bilgi ve belgeyi içeren “ Teknik Raporu” İdareye verilecektir. Yüklenici:

- 1) Kullanılacak katkı malzemesine ve çimentoya uygulanacak deneylerin sonuçlarını,
- 2) Kullanılacak katkı malzemesinin ve çimentonun kullanım oranı, stoklanması, karıştırma, serme, sıkıştırma ve üretimle ilgili diğer bilgileri dahil, üretici firma tarafından belirlenmiş tüm teknik özelliklerini gösteren dokümanı,
- 3) Kullanılacak katkı maddesinin karışım oranları, kullanılan malzeme özellikleri ve elde edilen karışım özelliklerinin İdare tarafından belirlenmiş koşullara uygunluğunu gösteren, laboratuvar deney sonuçlarını,
- 4) Yüklenici katkı malzemesinin iş süresince sözleşme eki şartnamelerine uygun olmasından ve homojen bir şekilde devamından sorumlu olacak, katkı malzemesi üretim veya temini ve imalinde kullanımı sırasında şantiyede, konunun uzmanı yeterli sayıda teknik elemanı bulundurulacaktır.
- 5) Yüklenici kullanılacak olan malzemelerin insan sağlığına ve çevreye zararlı olmadığını İdarece kabul edilebilecek bir kuruluştan alınmış belge ile garanti edilecektir.

17. GARANTİ ŞARTLARI

Üretici/satıcı firma, Çimento ve Puzolanik, Toz, Saf Bağlayıcı Mineral katkı maddeleri kullanılarak iyileştirme yapılacak demiryolu kesimini inceleyip, ürünün bu demiryolu kesimini ve tabaka için uygunluğunu hazırlayacak “Uygulama Raporu“ karşılıklı olarak imzalanacaktır. Şartnamede belirtilen tüm hususlarla birlikte, üretici/tedarikçi ve yüklenici firmalar ürünün uygulama teknik raporuna uygun olup olmadığı ve yapım işlerinde de istenilen kalite kontrol kriterlerinin sağlanıp sağlanmadığını takip edecek ve teknik uzman desteği sağlayacaktır. Güçlendirme veya iyileştirilmesi gerçekleştirilen tabakanın imalatı tamamlandıktan sonra, yüklenici ve/veya üretici/satıcı firmadan imalat tarihinden itibaren 5 yıl süreyle garanti edilecektir. Ancak ana yüklenici sorumluluğu Yapım İşleri Genel Teknik Şartnamesi geçerlidir.



T.C. DEVLET DEMİRYOLLARI İŞLETMESİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
Hacıbayram Mah. Hipodrom Cad. No:3 06330 Altındağ / ANKARA / TÜRKİYE
Tel: 0312 324 40 61 Faks: 0312 324 40 61
info@tcdd.gov.tr www.tcdd.gov.tr

