



G-TREND

MÜHENDİSLİK İNŞAAT SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ.

Erozyon Kontrolü Dizayn ve Uygulama Rehberi



G-TREND MÜH.İNŞ.SAN.VE TİC.LTD.ŞTİ.

Konrad Adenauer Caddesi No:75/6

06550 Yıldız/Çankaya/ANKARA

Tel: (312) 490 05 06

Fax: (312) 491 33 99

www.g-trend.com.tr



Erozyon Kontrolü Uygulamalarına Genel Bakış 3

Uygulamalar (Şevler ve Kanallar) 4-7

Ankraj Teknikleri ve Araçları 8-12

Jeotekstiller 13

Dolgu Malzemesinin Seçimi 14

Uygulama 15



Erozyon Kontrolü Uygulamalarına Genel Bakış

EnviroGrid Hüresel Dolgu sistemlerinin uygulama ve performansını etkileyen; şev eğimi, yüzey altı stabilitesi, dolgu malzemesi, yağış miktarı ve yapay sulama koşulları, yer altı suyu akışının hidrolik karakteristikleri ve alt temel ankraj kalitesi gibi birçok değişken vardır. Etkili olan çok sayıda faktör olması nedeniyle, sahadaki özgün uygulamalarda ki gerçek parametreleri mühendisliğe, tasarıma ve çevre faktörlerine bağlı olmadan uygulamak güçtür.

TEMEL EROZYON KONTROL, KORUMA YÖNTEMLERİ

1. Granüler

- Hidrolik enerjiyi azaltarak hücrelerin içindeki veya altındaki kuvvetleri sınırlar.
- Hücre yüzeyindeki akışı yönlendirerek yandan veya alttan oyulmayı ortadan kaldırır.
- Yerçekimi ve su akışının sebebiyet verdiği münferit parçacık hareketini kontrol eder.
- Esnek ve dayanıklı bir sistem meydana getirir.

2. Bitki Örtüsü

- Hidrolik enerjiyi azaltarak hücrelerin içindeki veya altındaki kuvvetleri sınırlar.
- Doğal direnci artırır ve kök sistemini korur.
- Su akışını hüresel dolgu sistemi üzerinde yönlendirir.
- İç tarafta kanal ve çizgi/oluk oluşumlarını önler.
- Nem kaybını azaltmaya yardımcı olur.

3. Beton

- Hücrelerin alt temele uyumunu sağlayarak erozyonla oluşabilecek alttan oyulmayı kontrol eder.
- Bir dizi genleşme derzi gibi hareket ederek esnek bir form oluşturur.
- Gerekli yerlerde tahliye yapıları oluşturur.
- Sarp yamaçlar ve sürekli akış kanalları için stabilite sağlar.



Uygulamalar

ŞEVLER

Şevler için uygulanan EnviroGrid hücresel dolgu sistemlerinin dizaynında çeşitli saha karakteristiklerinin analizi gerekmektedir. Şevin uzunluğu, yüksekliği ve açısı ile şevdeki mevcut dolgunun göçme açısı; uygun hücre derinliği ve ankraj dizaynının belirlenmesinde rol oynayan önemli faktörlerdir.

Hücrelerin bir dizi kontrol bendi olarak işlev gördüğü EnviroGrid, kök sistemlerini takviye etmek ve hidrolik akışları hücrelerin üstünden yönlendirmek suretiyle bitkilendirilmiş şevlerin performansını yükseltir ve dolayısıyla sel yarınlarının ve oluklarının oluşmasını önler.

EnviroGrid, hidrolik ve yerçekimi kuvvetleri ile harekete geçecek dolgu malzemesinin sürüklenmesini kontrol altına almak suretiyle granüler dolgulu şevlerin performansını artırır. Bu kontrol, hücrelerin içindeki ve altındaki hidrolik enerjiyi dağıtarak ve hücrelerin içindeki dolgu malzemelerini sararak gerçekleştirilir.

KANALLAR

EnviroGrid hücresel dolgu sistemleri, aralıklı veya sürekli akışların yarattığı minimal-ciddi erozyon kuvvetlerini azaltarak kanal dipleri ve şevlerdeki güç koşullar için bir dizi çözüm yöntemleri sunar.

Hücresel Dolgu Sistemleri; benzersiz ve estetik uygulamalar için bitki örtüsü, agrega, beton veya bunların kombinasyonunu içeren toprak dâhil olmak üzere çeşitli dolgu tiplerinin kullanılmasına olanak sağlamaktadır.



Bitkisel Toprak Dolgulu Kanal

Hapsedilmiş bitkisel toprak, düşük-orta düzey akışların mevcut olduğu uygulamalarda olağanüstü performans gösterir. EnviroGrid hücresel dolgu sistemi, kök bölgelerini takviye etmek ve akışları hücre üstlerinden yönlendirmek suretiyle bitki örtüsünün performansını yükseltir ve dolayısıyla dolgunun kayma mukavemetini artırarak geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında estetik açıdan üstün bir bitmiş saha oluşturur.

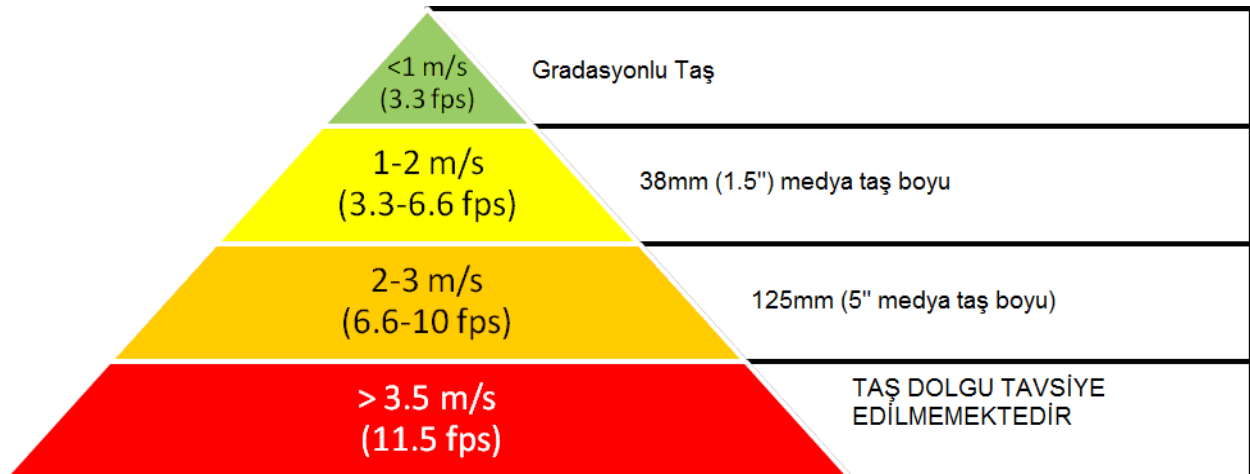
Çim örtülü toprak dolgusu:

- 6 m/s (20 fps)'den düşük pik akış hızı ve 24 saatten kısa pik akış süresi
- 4.5 m/s (15 fps)'den düşük pik akış hızı ve 48 saatten kısa pik akış süresi
- Azami kabarma seviyesinin üzerindeki kanal yan şevleri

Agrega Dolgulu Kanal

Agrega iyi performans göstererek her sahada karşılaşılan akış hızı değişimleri için farklı boyutlarda kullanıma olanak sağlamaktadır. Bu yöntem, büyük boyutta koruyucu kaya dolgu veya dayanıklı tahkimat kullanımına kıyasen, daha küçük çapta ve daha az maliyetli agregaları sarmak ve ıslah etmek suretiyle estetik bakımdan güzel ve maliyet etkin bir alternatiftir.

Taş Dolgu Pik Akış Hızları ve tavsiye edilen boyutlar:



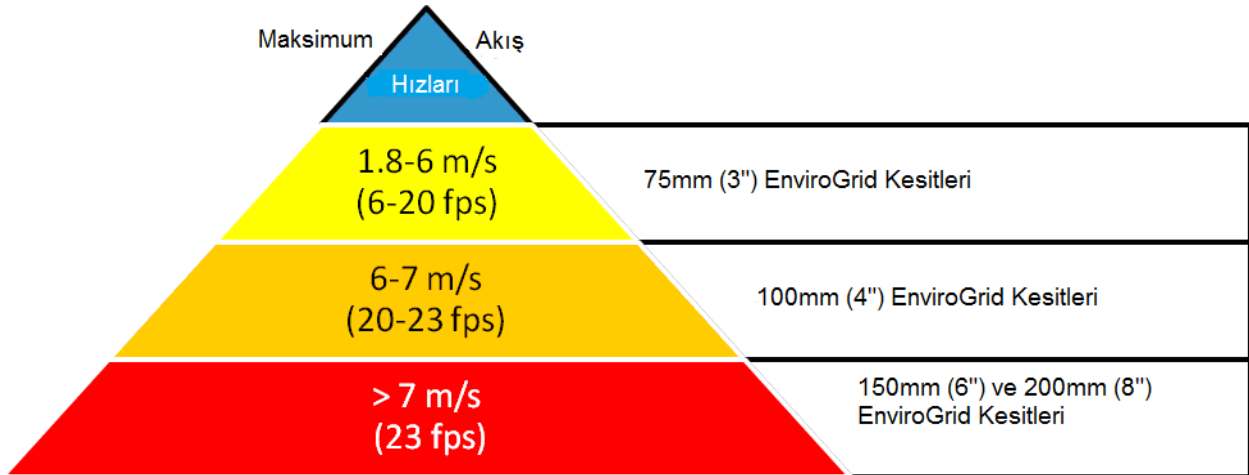


Beton Dolgulu Kanal

Beton dolgulu hücresel dolgu sistemleri geleneksel olarak uygulanmış beton kaplamalı kanallara kıyasen maliyet etkin bir alternatiftir. Beton dolgulu hücresel dolgu sisteminin esnek niteliği, mahallinde dökülmüş beton plakaların yol açabileceği potansiyel çatlama ve alttan oyulma söz konusu olmaksızın alt temelin hareketine uyum sağlanmasına izin verir. Uygulama maliyetleri, tipik olarak beton kanal kaplamasıyla ilgili maliyeti yüksek yöntemler ve diğer inşaat tekniklerinin ortadan kaldırılması suretiyle önemli oranda azaltılmaktadır.

Sınırlı irtifakların mevcut olduğu alanlarda, kanallar boyunca üstüste yığılmış hücresel dolgu duvar şevleri; daha dik şevler oluşturmak ve daha yüksek debilere mukavemeti artırmak için dış hücrelerde bitkisel, granüler veya beton dolguların kullanılmasına olanak sağlamaktadır.

Beton Dolgu Pik Akış Hızları ve tavsiye edilen EnviroGrid Kesit derinlikleri:



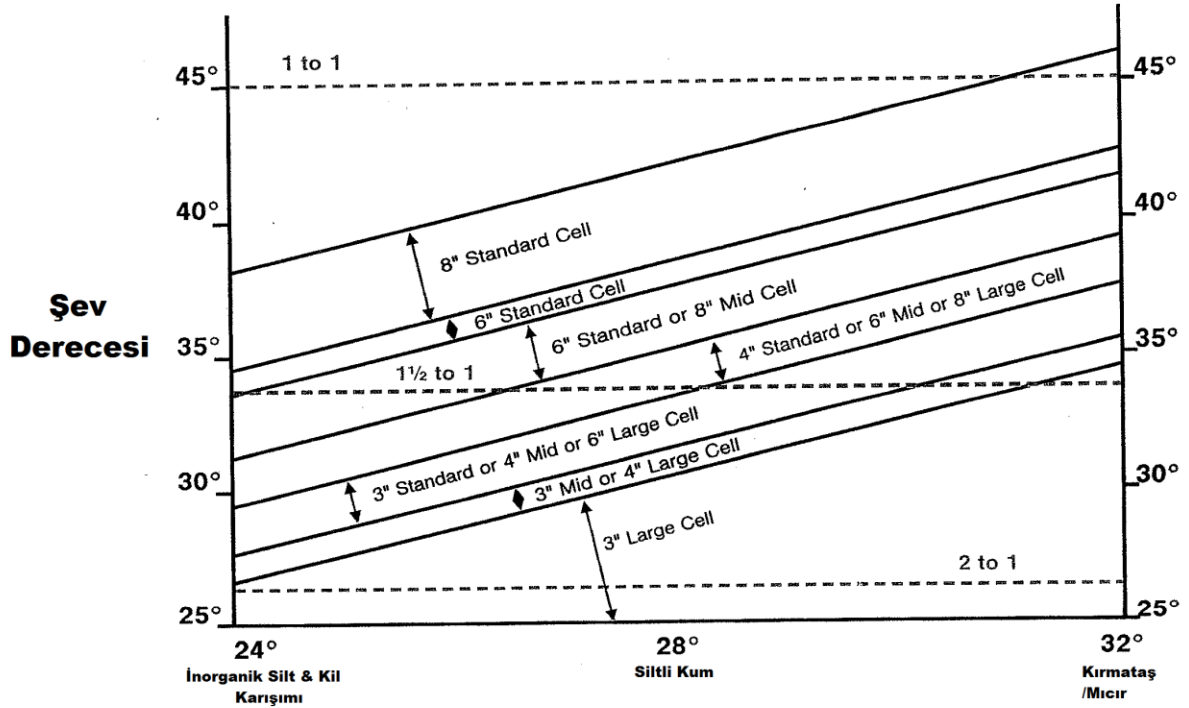
NOT: Ankraj gereklilikleri; Pik akış derinliği, yatak sevi ve kaplama sisteminin kendi ağırlığının bir fonksiyonudur. Proje Mühendisi tasarımı projeye özgü bilgilere dayanarak gerçekleştirmelidir.



UYGUN HÜCRE DERİNLİKLERİ

Genellikle erozyon kontrol uygulamalarında yük taşıma kapasitesi önemli bir unsur olarak nitelendirilmez. Dolayısıyla hücrenin derinliği genellikle aşağıdaki detaylara göre belirlenir:

- Dolgunun boyutu ve ağırlığı
- Şev açısı
- Dış çevre faktörleri
- Ekonomi



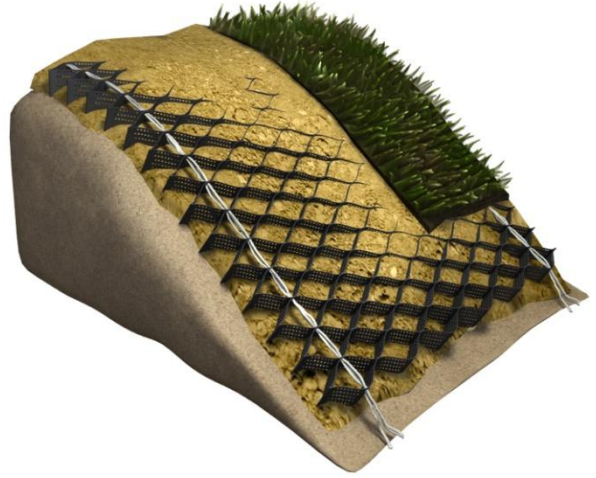
Dolgunun İç Sürtünme Açısı

Yukarıdaki çizelge orta düzey koşullarda hücre yüksekliği ve boyutunu seçmek için kullanılabilir. Üç farklı hücre alanı şunlardır: Standart (9.6" x 8"), Orta (13.7" x 12") ve Büyük Hücre (19.2" x 16"), nominal ebatlar. Orta düzey koşulların en belirli özellikleri; az miktarda yağış, şev tepesinin gerisinden bazı su akışlarının olması ve yağmur mevsiminden veya büyük bir fırtınadan önce iyi bir toprak örtüsünün beklenmemesidir. Gerçek durum daha olumsuzsa veya daha olumluysa, hücre yüksekliği ve genişliğinin seçiminde bu husus dikkate alınmalıdır. Dolgunun münferit kısımlarının maksimum boyutu hücre yüksekliğinin 1/3'ünden daha büyük olmamalıdır. Hücre yüksekliği seçimini etkileyen faktör budur.

Ankrajlama

EnviroGrid'in bir şevde uygun şekilde ankrajlanması ürünün performans gösterme şekli açısından çok önemlidir. Ankrajlar uygulamadan sonra yerinde bırakılmalıdır. Ankrajların sayısı ve tipi aşağıdaki unsurlarla belirlenir:

- Alt-zemin yoğunluğu
- Dolgunun ağırlığı ve tipi
- Şev uzunluğu
- Şev eğimi
- Kar gibi çevresel veya dış koşullar
- Dolgu malzemesinin ve şev zemininin iç sürtünme açısı (ϕ) (bu ikisinden yalnızca küçük olan kullanılacaktır)
- EnviroGrid yüksekliği
- Jeomembran kaplayıcının mevcudiyeti



Bir ankrajlama yöntemi belirlemeden önce net kayma kuvveti (NSF) veya EnviroGrid'in şevden aşağı kaymasını önlemek için mukavemet sağlanması gereken kuvvetin öncelikle hesaplanması gerekmektedir. Eğer NSF değeri negatif çıkarsa, EnviroGrid ile şev arasındaki sürtünme kuvveti, sistemi bulunduğu yerde tutmaya yeterlidir. Aşağıdaki tabloda NSF hesaplamasına ilişkin bazı örnekler sunulmaktadır:

$$\text{Net Kayma Kuvveti} = [(H \times L \times \gamma) + (L \times SL)] \times [\sin w - (\cos w \tan \phi)]$$

NSF kN/m*	H mm	L m	γ kN/m ³	SL kN/m ²	W ŞEV	ϕ DERECE
0.8	100	6.1	19.6	1.9	1.75 - 1 (29.7°)	28° (siltli kum)
5.5	150	33.0	19.6	1.9	1.75 - 1 (29.7°)	28° (siltli kum)
-13.1**	100	30.5	19.6	1.9	2.00 - 1 (26.6°)	32° (kırmataş/mıcır)

NSF- Net Kayma Kuvveti

γ - Dolgunun Birim Ağırlığı

H- Hücre Yüksekliği

SL- Kar Yüğü

L- Şev Uzunluğu

W- Şev Eğimi

(H - V)

ϕ - En Düşük zemin İç Sürtünme Açısı

* Şevin tepesine paralel ölçülen pounds cinsinden ayak ağırlığı

** Özel bir ankrajlama gerekmediğini gösterir



ANKRAJ HENDEĞİ

EnviroGrid'in üst kenarı alttan akışı önlemek için bir ankraj hendeğine gömülmelidir. Bu aynı zamanda EnviroGrid'in şev tepesine tutturulmasını sağlar. Bu yöntem gömülü hücrelerin üstündeki toprak ağırlığından yararlanır. Kayma kuvvetine direnç gösterecek gerekli hendek uzunluğu ve yüksekliğini hesaplamak için aşağıdaki eşitlik kullanılabilir:

$$U \times Y = \frac{\text{net kayma kuvveti} \times \text{emniyet faktörü}}{\text{Zemin birim ağırlığı} \times \tan \emptyset}$$

Bu eşitlikte \emptyset , dolgunun veya yüzey toprağının iç sürtünme açısıdır (hangisi daha küçükse).

Eğer şev panel uzunluğundan daha uzunsa, kısa panellerin ucu üst panele dokunmalı veya bağlanmalıdır ya da başka uygun bir yöntem kullanılarak ankrajlanmalıdır.

ANKRAJ KAMALARI

Jeomembran kaplayıcı mevcut değilse veya zemin ankraj kamalarını tutma mukavemetine sahipse EnviroGrid'in bir şeve kazıkla işaretlenmesi veya kamalanması yaygın ankrajlama yöntemidir. "J" Kancaları olarak adlandırılan "baston şeker" şeklinde bükülmüş çelik donatı çubukları tercih edilen kama türüdür.

Genel kural olarak, kamanın uzunluğu hücre yüksekliğinin üç katı olmalıdır. Kama yerlerinin tipik detay çizimleri mevcuttur.

ZİMBALAR

Koşullar EnviroGrid'in bitişik kesitlerinin uç uca birleştirilmesinden ziyade eklenmesini gerektiriyorsa zımba kullanılabilir. Zimbalar normalde sanayi tipi zimbaların kullanıldığı pnömatik bir zımba tabancası ile uygulanır. Zımbalama işlemi her bitişik hücre setinde gerçekleştirilir. Bitişik panellerin tendonlar ile birbirine bağlanması da mümkündür.

TENDONLAR VE TAHDİT KAMALARI

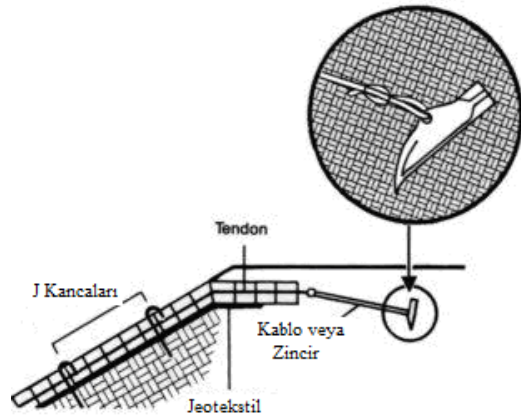
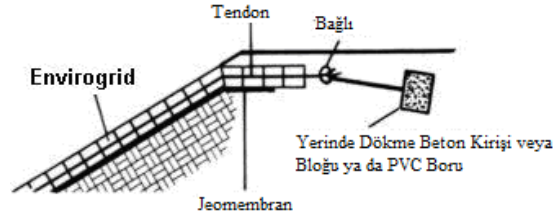
Tendonlar ve tahdit kamaları ilave desteğin gerekli olduğu veya kama kullanımının yasak olduğu (kayaç taban, jeomembran kaplayıcı) dik yamaçlarda kullanılmaktadır. Şevi tepeden tabana kadar örtmek için birden fazla EnviroGrid kesitinin gerekli olduğu durumlarda yaygın olarak kullanılır.

Tendonların üç önemli özelliği toprak kaymasına karşı mukavemet, dayanıklılık ve dirençtir. Tendonlar genellikle yüksek mukavemetli polyester dokuma veya kordondan oluşmaktadır. Tendonların dizayn yük ve aralıkları desteklenecek kuvvete göre belirlenir. Az sayıdaki ağır tendona kıyasla çok sayıdaki hafif tendonlar tercih edilmektedir. EnviroGrid'in alt kesitinin dibindeki çıta şeritleri veya büyük rondelâlar gerilim konsantrasyonlarını önlemek açısından önemlidir.

Tendonların Kullanıldığı Uygulamalar

EnviroGrid üzerinde tendonlar için hâlihazırda delikler bulunmuyorsa, EnviroGrid kesitlerini açmadan önce bu delikleri açın. Tendonları ölçün ve arzu edilen uzunluğa göre kesin (tahdit kamalarının etrafına sarmak için yaklaşık %10 ilave edin). Tendonları şev kretinin arkasındaki destekleyici yapıya bağlayın. Bu destekleyici yapı yüksek mukavemetli bir PVC boru, beton bir kiriş veya ankraj hendeğine yerleştirilmiş bir dizi beton blok uzunluğunda olabilir. Zıpkın benzeri toprak ankrajlarından oluşan alternatif bir sistem kullanılabilir.

Dead Man Sistemi Kullanılarak Toprak Ankrajı

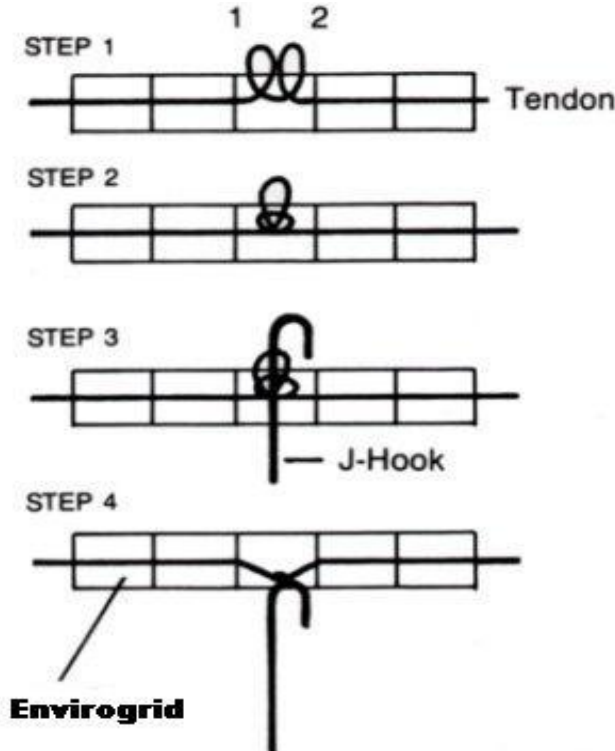
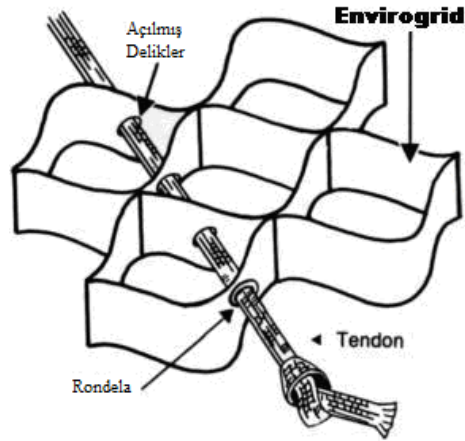


Zıpkın Benzeri Sistem Kullanılarak Toprak Ankrajı

Tendon kullanılsın ya da kullanılsın, yerüstü suyunun EnviroGrid'in altını oymasını engellemek için EnviroGrid şev tepesinin arkasına yerleştirilmelidir.

Şevin tepesinde tendonları, açılmış EnviroGrid kesitlerindeki deliklerden geerin. Kurulacak ilk kesitin kaplayacağı alanın çevresini lun ve işaretleyin. İzin veriliyorsa, açılmış kesitleri yerine oturtmak için evre uzunluğunun etrafına ankraj kamaları yerleştirin. Tendonların deliklerden çıkmamasına dikkat ederek kesiti açın ve yerleştirin. Bu işlemi geri kalan kesitler için de tekrar edin.

Tendon, son hücre duvarının aşağı tarafında, gerdirilmiş olarak, bir tahdit kamasına veya çıta şeridine bağlanmak zorundadır. Rondelâ veya plakaların kullanılması noktasal gerilmelerin azalmasına yardımcı olur. Tahdit kamaları, çıta şeritler, rondelalar ve plakaların kullanılması yükün EnviroGrid'den tendonlara aktarılmasına yardımcı olur. Tahdit kamaları, çıta şeritler, rondelalar ve plakalar galvanize elik, yüksek mukavemetli plastik, vb. gibi korozyona dayanıklı malzemelerden yapılmalıdır.



TENDONLARLA ANKRAJ KAMASI KURULUMU

ADIM 1: Tendonda 2 ilmek yapın.

ADIM 2: 1. ilmeđi 2. ilmek içinden ekin.

ADIM 3: Belirtilen J kancasını 1. ilmek içinden geçirin ve kancanın tepesi EnviroGrid kesitinin tepesiyle aynı hizaya gelene kadar J kancasını zemine akın.

ADIM 4: Tendonun her iki ucunu çekerek ilmeği kapatın ve tepesi zemin yüzeyi ile aynı hizaya gelene kadar J kancasını akın.

ANKRAJLAMA YÖNTEMİ

Önceki tabloda belirtilen iki duruma ait net kayma kuvveti (NSF) dikkate alındığında, bir sonraki adım EnviroGrid'in nasıl ankre edileceğine karar vermektir. NSF = 0.8 kN/m olduğu durumlarda EnviroGrid'i ankre etmenin yaygın olarak kullanılan iki yöntemi şevde uç uca birleştirmek veya şeve kazıkla bağlamaktır. NSF = 5.1 kN/m olduğu durumlarda ise EnviroGrid tendonlu yer çapalarıyla desteklenebilir.

Ankraj Hendeği

Uygun eşitliği kullanarak

$$U \times Y = \frac{0.8 \times 2}{19.6 \times \tan 28^\circ} = 0.15 \text{ m}^2 \quad U:\text{Uzunluk} \quad Y:\text{Yükseklik}$$

EnviroGrid'in üst kenarını 0.3 metre derinliğe ve 0.5 metre geriye gömmek pratik bir kombinasyon olacaktır. Bir diğer pratik kombinasyon ise U değerinin 0.75 m ve Y değerinin 0.2 m olarak alınmasıdır.

Kazıklar

0.8 kN/m 2.56 m genişliğindeki panel için $0.8 \times 2.56 = 2.0$ kN değerine eşittir. Emniyet faktörünü 2.0 ve kazık çekme kapasitesini 0.27 kN* olarak aldığımızda:

$$\frac{2.0 \times 2.0}{0.27} = 14.8 \text{ "J" Kancası, 2.56 m genişlik için 15 kazık kullanılır}$$

Tendonlar

5.5 kN/m 2.56 m genişliğindeki panel için $5.5 \times 2.56 = 14.1$ kN değerine eşittir. Emniyet faktörünü 3.0 ve tendon dizayn mukavemetini 13.0 kN olarak alırsak:

$$\frac{14.1 \times 3.0}{13.0} = 3.25 \text{ tendon, 2.56 m panel genişliği için 4 tendon kullanılır}$$

Tendonlar toprak ankrajlarına kendisiyle aynı sayıda ankraj kullanılarak bağlanırsa, alt zemin toprağındaki belirsizlikler için 1.25'lik ilave emniyet faktörü alınır.

- Kazık çekme kapasitesi; en zayıf durumundaki yerinde toprak koşulları ve kazıkların zemine çakılırken gösterilen dikkat gibi çeşitli faktörlere bağlı olacaktır. Dolayısıyla yerel mühendis hangi değer kullanılması gerektiğini değerlendirmek ve bir karar vermek zorundadır.



Jeotekstiller

EnviroGrid altında bir jeotekstil kullanılıp kullanılmaması alt zemin ve dolgu malzemesine bağlıdır. Dolgu ve alt zemin farklı nitelikte olduğunda veya alt zemin çok yumuşak ya da ıslak iken, bir jeotekstil; dolgunun jeo hücrelerin altından kaymasını önlemek suretiyle yararlı bir ayırma işlevi görebilir. Ancak, bir jeotekstil kullanılması EnviroGrid sisteminin altındaki düzlem boyunca sürtünmeyi önemli ölçüde azaltabilir ve dolayısıyla net kayma kuvvetini artırabilir. Sonuç olarak bir jeotekstil kullanıp kullanmama kararı, faydalar ve maliyetler değerlendirildikten sonra dikkatli bir şekilde verilmelidir.



Dolgu Malzemesinin Seçimi

- Üst Toprak ve Bitki Örtüsü: Dik yamaçlar, banketler, şeddelere, şütler, apronlar ve taşma savakları.
- Kum ve Granüler: Basamaklı şevlerde uygun.
- Çakıl (Maksimum çap 760 mm): Kanallar, büyük kotlar haricindeki şevler, orta düzey sığ akış.
- Kırmataş/Mıcır: Kanallar, büyük kotlar haricindeki şevler, orta düzey sığ akış.
- Beton: Köprülerin etrafı, büyük şevler, yüksek debili kanallar, taşma savakları ve şütler.



Uygulama Prosedürleri

Tüm bitki örtüsü, döküntü ve uygun olmayan toprakları EnviroGrid hücre sel dolgu sisteminin uygulanacağı alandan temizleyerek sahayı hazırlayın. Kaldırılan toprağı uygun malzemelerle değıştirin ve şevler veya kanal kaplama uygulamaları için gerektiğinde uç hendekleri dâhil olmak üzere tüm hafriyat işlerini iş şartnamesine uygun olarak tamamlayın.

İş şartnamesi uyarınca jeotekstil gerekiyorsa uygulama işlemi imalatçının tavsiyelerine uygun olarak gerçekleştirilmelidir.

Kısmi olarak kazık veya “J” kancaları yerleştirerek, EnviroGrid uygulanacak alanın üst kenarında, (veya ankraj hendeğinde) hücre derinliğı çıkıntı uzunluğı ve buna ek olarak yaklaşık 50 mm pay bırakın. Kazık çakma yerleri veya sınırları hizalamak için ip veya kireç çizgisi kullanılabilir.

EnviroGrid kesitleri arzu edilen uzunluğa geri gelecek şekilde tasarlanan uzunluktan daha fazla gerdirilmelidir. EnviroGrid kesitlerinin hücrelerini önceden çakılmış olan kazıkların üzerine yerleştirin ve kazık veya “J” kancalarının yerleşimini hücre duvarlarıyla aynı hizaya veya hafif aşağısına ayarlayın.

Bitişik EnviroGrid kesitleri birbirleriyle aynı hizada olmalıdır. EnviroGrid kesitlerinin kenarlarını üst üste bindirin ve uçlarını birleştirin. Pnömatik bir zımba makinesi veya iş şartnamesinin gerektirdiğı başka yollarla bitişik kesitleri birbirlerine sabitleyin.

Kazık veya “J” kancalarının geri kalanlarını iş şartnamesine uygun olarak çakın.

EnviroGrid uygun şekilde yerleştirildikten sonra iş şartnamesinde belirtilen malzemeler kullanılarak sistemde dolgu yapılması gerekir.

Sistemin olası zarar görmesini önlemek için dolgunun düşme yüksekliğini 1 metreden daha uzun bir değerle sınırlayın.

Dolgu, EnviroGrid’e şev veya kanal üstünden tabana kadar; önden yükleyici, bekho, kepçeli ekskavatör veya konveyör kullanılarak getirilmelidir.

Kum, granüler veya üst toprak dolgularını kullanırken, EnviroGrid kesitlerini 25mm-50mm fazladan doldurarak oturma veya sıkıştırma payı bırakın.

Kum ve granüler dolgular hücrelerin üstüne kadar kürek palası ile sıkıştırılmalıdır. Üst toprak dolgular ise yükleyici veya bekho kepçesi ya da tokmak plakası kullanılarak sıkıştırılmalıdır.

Beton dolgular manüel olarak tırmıkla düzeltilmeli ve son işlemleri makine ile yapılmalıdır.