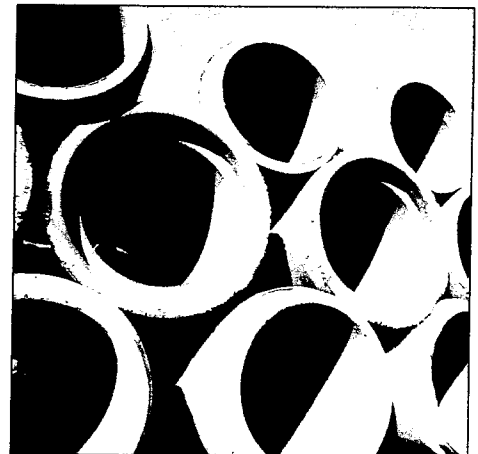


Beton borular için Dramix® çelik telleri

1 Konu

Bu kitapçık, basınçsız dairesel kesitli atık su beton borularındaki çelik tel donatının kullanılmasına yöneliktir. Çapları 300 mm'den 1200 mm'ye kadar değişen düşük çaplı beton borular gözönüne alınmaktadır. Çelik teller geleneksel kafes donatının yerini belirtilen aralıkta tamamen alabilir.



Çelik tellerle geleneksel çeliğin kısmen yer değiştirmesi çapı 1400 mm ve daha büyükler için oldukça anlamlı olmasına karşın burada tartışılmamaktadır.

Muayene elemanları ve şaftlar gibi aksesuarlar detaylı olarak tartışılmamakla birlikte çelik tel takviyeli diğer borular gibi donatılabilirler.

2 Pis Su Borularının Donatılması

Emniyet ve dayanım için, çapı 1000 mm'nin üstündeki bir atık su borusunda donatının kullanılması genel bir uygulamadır. Daha küçük çaplı borular sadece trafik yüklerinin veya kritik bölgelerin olduğu ve gevrek kırılmanın istenmediği yerlerde donatılırlar.

Çelik tel donatı geleneksel kafes donatıya bir alternatif olarak düşünülebilir; hem aniden oluşan tehlikeli kaza göçmelerine karşı bir emniyeti hem de gevrek olmayan göçme modlu süneklığı sağlar.

İki tasarım sistemi arasındaki belirli farklardan dolayı çeşitli uygulamalara yönelik olarak kabul gören farklı standartlar hazırlanmıştır.

Beton boru yapımında elemanların davranışının daha iyi anlaşılması için burada normal kavramlar kullanılmaktadır.

Yük Sinifi: Şekil 1, anma çapı 1000 mm olan bir referans boru için kN/m cinsinden minimum nominal göçme yükünü gösterir. 90 ve 135 sınıfları çoğu ülkelerde oldukça yaygındır, ayrıca hem daha düşük hem de daha yüksek dayanım sınıfları mümkündür.

Kırılma Yükü: Standart tepe yükü kırılma deneyi süresince göçmeden dayanabileceği en büyük yüküdür.

İlk Çatlak Yükü: Normal betonarme boruların nominal göçme yükünün çoğunlukla %67'sine karşı gelen, yaygın kullanılan bir yük düzeyidir. Bu yük düzeyinde en fazla 0.3 mm genişlikteki bir ince çatlak oluşmasına izin verilir.

İlk çatlak yükü borunun tüm işlevinin önemli bir bölümünün yerine getirildiği bir servis yükü olarak gözönüne alınabilir.

Bu kavramın çelik tel takviyeli borular için farklı bir içeriğe sahip olduğu düşünülmelidir. Çelik tel takviyeli betonda ilk çatlak çok daha sonra ortaya çıkar ve tipik olarak 0.1 mm daha az bir kalınlığa sahiptir ve hemen hemen görünmeyen bir boyuttur.

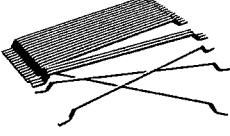
Kabul edilebilir Yük: Bu da alışılmış bir kavram olup çoğunlukla ilk çatlak yükünün %80'ni kadardır ve tasarım amacıyla kullanılır.

Bir çelik tel donatılı borunun tüm özelliklerinin kullanılan çelik telin tipine bağlı olacağı açıktır. Bundan dolayı, telin performansı hakkındaki bir sonuç kullanılan çelik tel tipiyle sınırlı kalır.

Aşağıdaki bölümler Dramix® çelik telle üretilen elemanlarda elde edilebilen performansı açıklar.

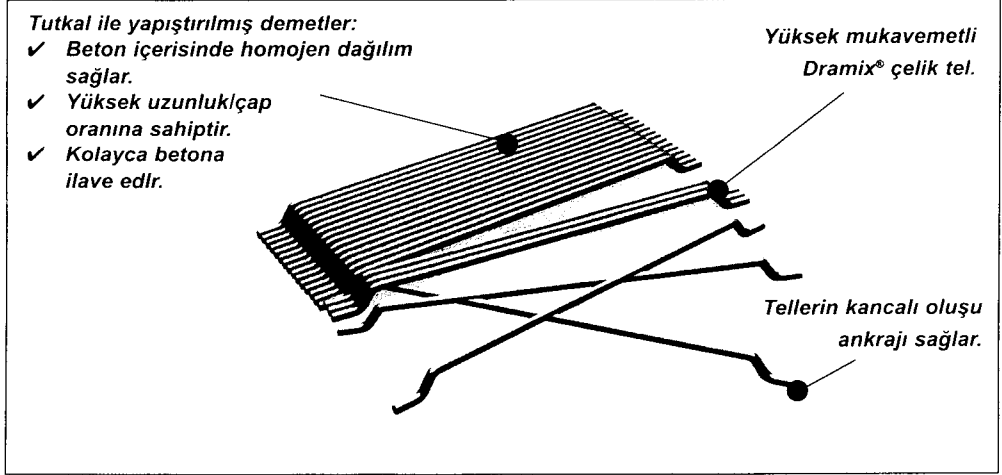
3

Dramix® Çelik Teller



Çelik tel donatılı beton, hem yalın hem de geleneksel betonarme betonuna kıyasla tamamen farklı bir malzeme olarak algılanmalıdır (Kaynak 3).

Son yıllarda, çelik tel donatılı betonların özellikleriyle ilgili olarak dünya ölçeğinde önemli bir bilgi birikimi oluştu. Deney yöntemleri ve geliştirilmeye açık tasarım kuralları ortaya kondu. "Tanıtım Kartı" (Kaynak 4), çelik tel donatılı betonları sınıflandırmak ve bu betonların her tipini değerlendirmek için hassas-uyumlu modern bir sistemdir.



Dramix®, patent almış bir kavramdır. Bekaert Araştırma ve Geliştirme Merkezindeki yoğun araştırmaların bir sonucudur.

Dramix® soğuk çekilmiş tellerden oluşur, istenilen uzunluklarda kesilir ve iki ucu kancalı olacak biçimde şekil verilir. Beton borular için, galvanize edilmiş ve edilmemiş biçimdeki ayırım kullanıcının seçimine bırakılır. Böylece,

Tip RC - 80/60 - CN (et kalınlığı 60 mm'nin üstündeki borular için)

Tip RC - 65/40 - CN (et kalınlığı 60 mm'nin altındaki borular için)

4

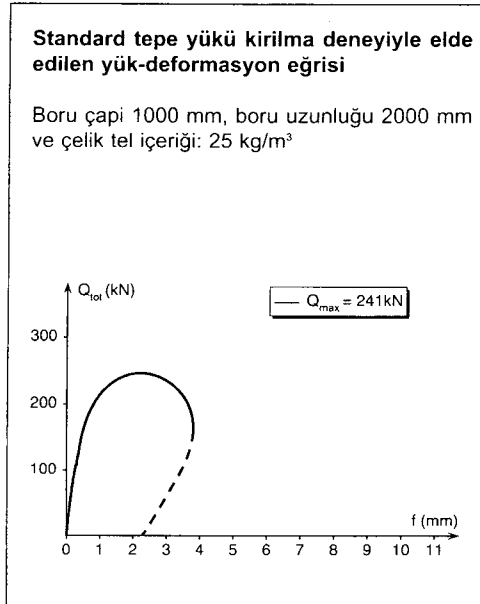
Dramix'li Boruların Performansı

1. Borularda Yük - Deformasyon Deneyi

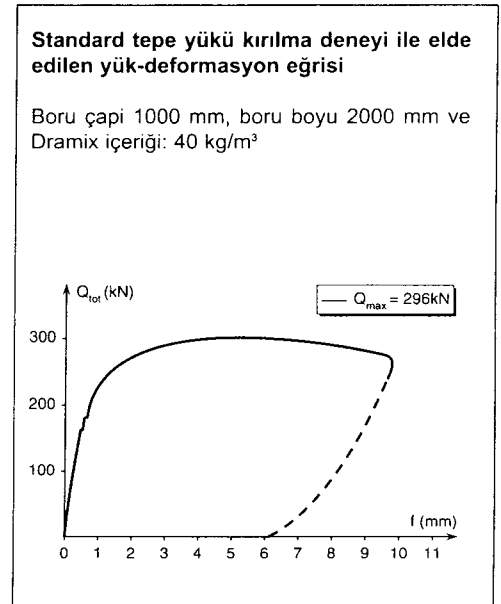
Dramixli beton borunun davranışı deplasman kontrollü yüklemenin analiz edilmesiyle iyi bir biçimde anlaşılabilir.

İki örnek:

- Boru boyu : 2 m
- Boru çapı : 1 m
- Et kalınlığı : 110 mm
- Basınç dayanımı : 70 N/mm² (Borudan kesilerek çıkarılan bir karot silindir (çap: 114 mm ve boy: 100mm)
- Dramix® çelik tel tipi : RC-80/60-CN
- Tel dozajı : 25 kg/m³ veya 40 kg/m³



Şekil 1a



Şekil 1b

Şekil 1 ve 2 çelik tel içeriğinin fonksiyonu olarak Dramix® beton boruların sünekliliğini göstermektedir. Geleneksel boru analogisinde, çelik teller göçme yüküne kadar ilk çatlakın üstündeki yüke karşı koyar (Kaynak 1).

Kafes donatılı betona kıyasla, Dramix® çelik donatılı beton ilk çatlak yükünü belirgin biçimde geciktirir. Görünmeyen bir mikro çatlama görünen bir ince çatlakla erisinceye dek bir geçiş sergiler ve daha sonra çatlak ölçülebilir. İki veya üç çatlaktan sonra görünmeleri mümkün olur, bu çatlakların genişliği kafes donatılına kıyasla daha küçük kalır.

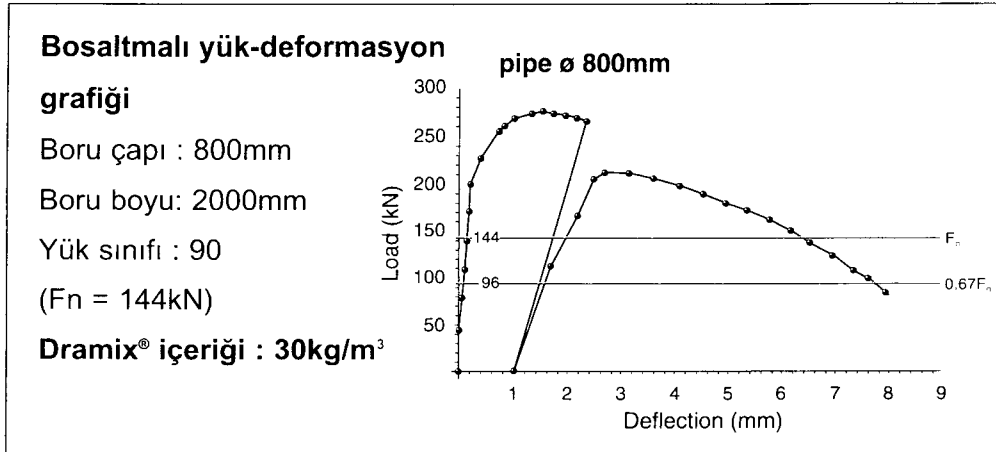
Bunun açıklaması şöyledir: çelik teller tipik biçimde çatlak kontrolü işlevini yüklenirler ve çatlama mafsallarındaki gerilme dağılımında etkin rol oynarlar. Bir çatlak belirgin hal aldıkça, teller şekil değiştirmenin her yeni durumunda karmaşık gerilmeleri karşılar: plastik mafsal etkin halde olup yükün yeniden dağılımını sağlar.

	Dramix® içeriği	
	25 kg/m ³	40 kg/m ³
Görülebilir ilk çatlak	104 kN/m	115 kN/m
Maksimum yük	121 kN/m	148 kN/m

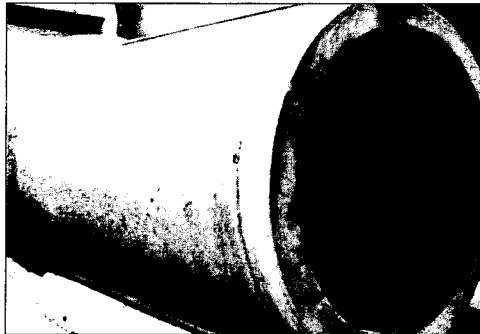
Bu sünek davranış, çatlak şekillenmesine karşı dikkate değer bir iyileştirmenin sonucudur. İyileştirmeler aşağıda verilmektedir:

- Göçme yükünün %67'sine kadar (geleneksel beton boru durumunda ilk çatlak yükü olarak adlandırılan yük) hiç çatlak oluşmaz,
- Borudaki görünmeyen mikroçatlaklar, sadece 0.2-0.4 mm genişliğinde çatlak oluşturan yüke erişinceye dek görülebilir olanlara (ıslatılarak kolayca görülebilir) kadar ilerler.

Dramix® atık su borularının sünekliği en büyük yüke erişildikten sonra daha da iyi görülebilir: göçme sonrasında ve yük sıfıra indikten sonra, boru henüz mukavemetini bütünüyle kaybetmemektedir. Böyle bir boruyu, nominal göçme yükünün %67'sine kadar yüklemek olasıdır ve herhangi bir göçme riski olmadan belirli bir süre yük taşıyabilir. Bu gerçek göçme sonrası dayanım Şekil 2a, 2b ve 2c'de detaylı olarak gösterilmektedir.



Şekil 2a



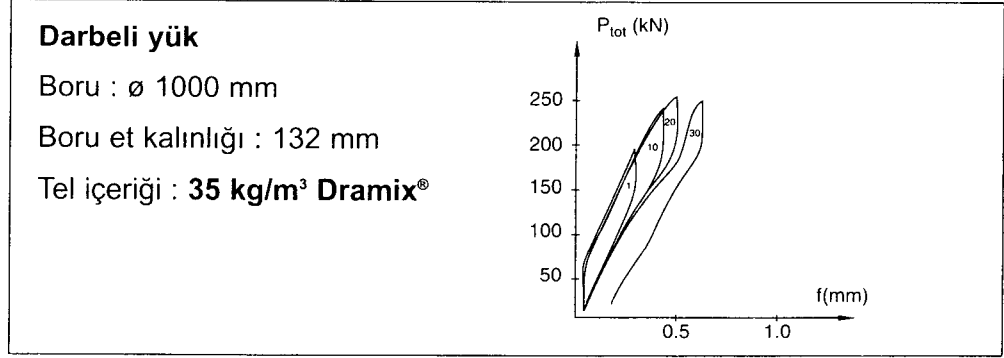
Şekil2b: Dramixli borunun kırılma yükünde görülebilir çatlaklar



Şekil2c: Nominal göçme yükünün %67'sinin boşaltılmasından sonra görülebilir çatlaklar

2. Dinamik Yükleme

Sekil 3'de yaklaşık 1 dakika içinde 30 şok oluşacak biçimde bir dinamik deney uygulanmaktadır. Grafik sırasıyla 1., 10., 20. ve 30. şok yüklemesini içermektedir. 12. aralıktaki yük 104 kN/m idi (nominal göçme yükünün %75'i). 30 çevrimden sonra, 1 m uzunluğunda saç inceliğindeki (0,06 mm) çatlaklar borunun ucunda görülebilir hale gelir.



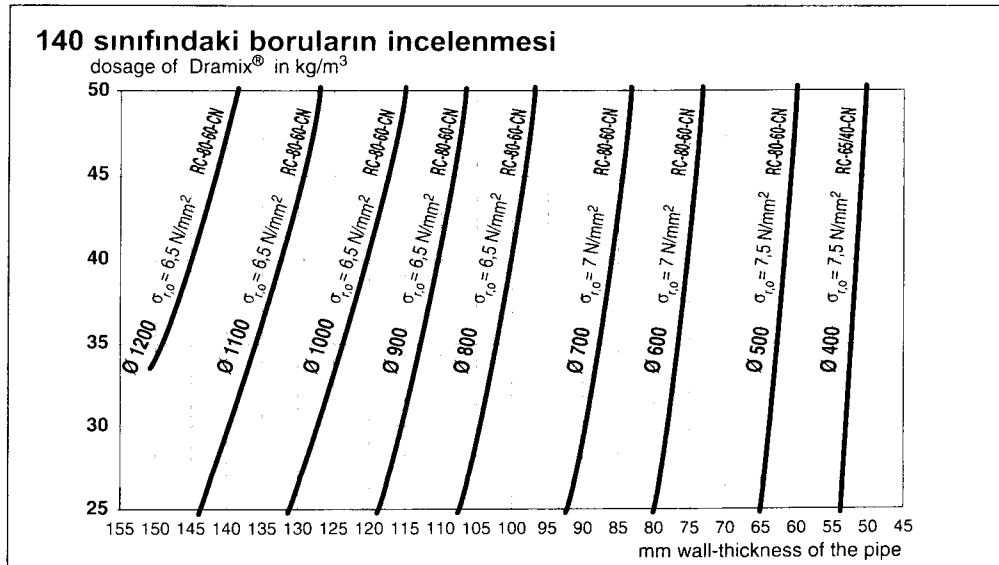
Şekil 3

3. Kırılma Yüğü

Geleneksel kafes donatıdakine benzer olarak, boruların kırılma yükü çelik telin miktarındaki artma ile artar. Çelik teller boruyu sadece sünek yapmakla kalmaz, aynı zamanda daha dayanıklı kılar.

İyi bir çelik tel takviye ile borunun kırılma yükü çelik tel donatısız betona göre %15-%30 oranında artabilir. Donatısız beton boruların halkasal eğilme dayanımı 7 N/mm² civarındadır, Dramix® kullanılarak telin tipine ve içeriğine bağlı olarak eğilme dayanımı artırılabilir.

Verilen bir borunun göçme dayanımının diğer bir anahtar parametresi de et kalınlığıdır. Sekil 4'de görüldüğü üzere et kalınlığı arttıkça daha az çelik gerekmektedir.



En son performans betonun kalitesine, çelik tel dozajına, et kalınlığına ve uygulama arasında kurulan dengeye önemli ölçüde bağlı olacaktır. Çok daha detaylı hesap kuralları için Bölüm 6'ya bakılabilir.

4. Dürabilite(Dayanıklılık)

Dramix® betonun korozyona dayanımı en üstün özeliğidir. Özenli bir inceleme, çelik telin etrafında çimento hamurunun bağlı olarak yoğun ve kalın bir tabaka oluşturduğu, bunun da korozyonu önlemede önemli bir işleve sahip olduğunu gösterir.

Diğer taraftan geleneksel çelik donatılı betonlarda korozyona bağlı olarak parça kopmasının çelik tellerle donatılı betonlarda oluşmadığı da bilinmektedir.

Yüzeydeki korozyon spotları, eğer görünüş veya kabul edilmeyen başka bir nedenle istenmemesi halinde uygulamada süregelen bir seçimi yaparak galvanize edilmiş çelik tellerle elimine edilebilir.

Çelik tel donatılı betonun dürabilitesi üzerine daha fazla bilgi "Çelik Tel Donatılı Betonun Dürabilitesi" adlı Bekaert broşüründe mevcuttur.

5. Isıl çatlama

Isıl genişleme veya rötre donatısız beton borularda özellikle büyük çaplı olanlarda önemli bir kısıtlamadır. Böyle borular, üretimden hemen sonra veya çok daha sonra bile çatlayabilirler.

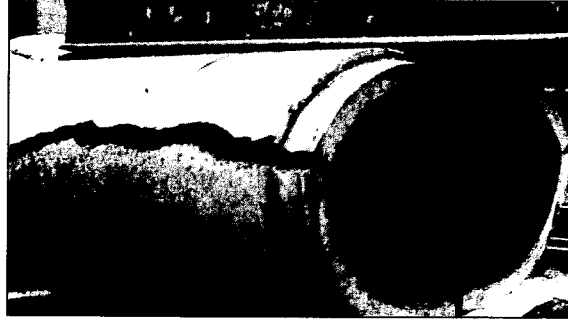
Isıl çatlamaya karşı önlemede çelik teller çok etkilidir. Eğer sadece ısıl genişleme söz konusu ise, Dramix'in az bir dozajı örneğin 10 kg/m³ ısıl çatlama problemini ortadan kaldıracaktır. Eğer esas amaç dayanım ve süneklik ise Bölüm 1, 2, 3 ve 6'daki yüksek çelik tel dozajları uygulanmalıdır.

6. Sonuçlar

Çelik tel donatı ilk çatlak yükünü ve göçme yükünü artırır. Servis yükleri altında, çelik teller çatlakları durdurucu etkiye sahiptirler ve zararlı ortamlara dayanıklılık için boruların servis ömürlerinin uzun olmasında doğrudan etkilidirler.

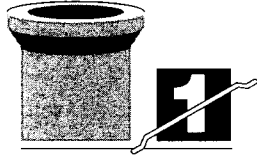
Özellikle boruların uzun süreli su geçirmezliği (sizdirmazlığı) geleneksel kafes donatılı borudan daha iyidir.

5 Dramix® Boruların Üstünlükleri



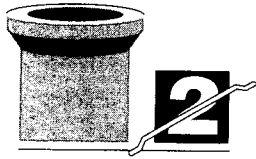
Çok sayıda deneyler ve 15 yıllık endüstriyel deneyin Dramix® çelik tel donatılı betonların daha yüksek bir deformasyon yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir.

Gevrek kırılma sorunu yoktur.



Teknik üstünlükler

- **Su geçirmezliğin** dikkate değer ölçüde iyileştirilmesi
- **Kırılma yükünün yaklaşık %80'nine kadar çatlak oluşmaması**
- Çelik tel donatılı betonun **sünek davranışa sahip olması nedeniyle çatlakların belirgin ölçüde durdurulması**
- **şok yüklere karşı artan direnç**
- Beton kütlesi içinde **tellerin homojen dağılımı**
- Arttırılmış **dürabilite**
- **Isıl çatlamanın önlenmesi**



Ekonomik üstünlükler

- **Kolay beton üretimi**
- Geleneksel kafes donatıya göre **daha az stok sahası** gerektirmesi
- **Kaynak robotları** (veya operatörü) yatırımında **tasarruf**
- Bütün donatı işlemlerinde **daha az kapitale gereksinim**
- Herhangi bir ön hazırlık gerektirmeksizin beton ve betonarme boruların üretiminde **alternatif çözümler** sunulması
- Daha iyi bir üretim ve basitleştirilmiş işleme alışılmış kafes donatıdaki **süre kayıplarının azaltılması**

6

Boruların Tasarımı



Yöntem

Normal kafes donatılı betonarme borulara bir alternatif olarak çelik tel takviyeli borular söz konusu olduğunda, kullanıcılar ve tasarımcılar pratik bir tasarım yöntemine gereksinim duyarlar.

Dramixli beton borular 1983'den beri kullanıldığından, üreticiler ve kontrol laboratuvarları çelik tel takviyeli beton borular üzerinde sistematik deneyler yaptılar ve çok büyük bir veri olanağına kavuşuldu.

Bütün bu deney verileri RC- 65/40- CN ve RC-80/60-CN üzerinedir. Bu veri tabanı daha dikkatli bir görüntüleme ve pratik bir hesaplama formülüne götürmektedir.

Dramixli bir betonun göçme yükü (ve eğilme dayanımı) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$P_{r,f} = P_{r,o} (1 + 0,014 \times D_i \times W)$$

veya (1)

$$\sigma_{r,f} = \sigma_{r,o} (1 + 0,014 \times D_i \times W)$$

burada $P_{r,f}$ (kN/m) = Dramixli borunun göçme yükü

$\sigma_{r,f}$ (N/mm²) = Dramixli borunun eğilme dayanımı

$P_{r,o}$ (kN/m) = donatisiz borunun göçme yükü

$\sigma_{r,o}$ (N/mm²) = donatisiz borunun eğilme dayanımı

D_i (m) = boru iç çapı
(Eğer $D_i > 1$ m ise formülde 1 m kullanılabilir)

W (kg/m³) = 1 m³ betondaki Dramix® çelik tel miktarı

Elastisite teorisinden, donatısız beton boruların eğilme-çekme dayanımı için bilinen formül

$$\sigma_r = \frac{0,95 \times P_r \times (D_i + t)}{1000 \times t^2} \quad (2)$$

burada σ_r (N/mm²) = halkasal eğilme dayanımı
 P_r (kN/m) = borunun göçme yükü
 D_i (m) = borunun iç çapı
 t (m) = borunun et kalınlığı

Belirli göçme yükünü (veya yük sınıfını elde etmek için) ne kadar çelik tele gereksinim olduğunu hesaplamak için Formül (1) ve (2) kolayca kullanılabilir.

Örnek:

Esas veri: eğilme dayanımı : $\sigma_{r,o} = 7$ N/mm²
boru çapı : $D_i = 1$ m
et kalınlığı : $t = 0,12$ m

Soru: 140 sınıfına erişmek için gereken çelik tel içeriği.

Hesaplama: boru aşağıdaki eğilme dayanımına sahip olmalıdır.

$$\sigma_{r,f} = \frac{0,95 \times 140 \times (1 + 0,12)}{1000 \times (0,12)^2} = 10,34 \text{ N/mm}^2$$

Söz konusu eğilme dayanımına erişmek için gereken Dramix® çelik tel içeriği:

$$W = \frac{\frac{\sigma_{r,f}}{\sigma_{r,o}} - 1}{0,014 \times D_i} = \frac{\frac{10,34}{7,00} - 1}{0,014 \times 1} = 35 \text{ kg/m}^3$$

Dramix® çelik tellerinin kullanımı betonu karıştırma işleminde herhangi bir

7 Genel Kurallar

Dramix® çelik tellerinin kullanımı betonu karıştırma işleminde herhangi bir sorun yaratmaz. Çelik tel donatının yüksek dozajlarında karıştırmayı sağlayan motorun aşırı yüklenmesini önlemek için karışım hacmini azaltmak gerekebilir.

Tutkallanmış çelik teller agrega bandına eklenir veya pan mikser veya transmiksere katılır. Çelik tel demetleri mikserin her tarafına kısa sürede dağılır ve bunlar karıştırma işlemi süresince kolayca çözülür. Karıştırma süresi Dramix'in kullanılmasından etkilenmez.

Beton boruların çoğunluğu 20 kg/m³ ve 40 kg/m³ arasındaki bir Dramix® içeriği ile donatılırlar. Karışım oranları ve agrega boyutları çoğunlukla değiştirilmez. Bu uygulama için RC-80/60-CN ve RC-64/40-CN standard çelik telleri önerilir. Et kalınlığı çelik tel boyuna eşit veya ondan daha az olmaz, bundan dolayı RC-80/60-CN çelik telleri 60 mm veya daha az et kalınlıkları için kullanılamaz.

Boru üretim makinesinde vibrasyon ve sıkıştırmadan sonra, çelik teller beton içine iyice yerleşir ve yüzeyde Dramix® hemen hemen hiç görünmez. Galvanizli çelik teller korozyondan arınmış bir yüzey sunar. Bazı ulusal standartlar galvanize edilmemiş çelik teller kullanımını öngörmez.

Beton boru yüzeyi ve uçlarında telin açığa çıkması gibi düzensizlikler oluşmaz. Boru ucu en problemlidir: düzensizlikler makinenin basınç diskinin aşırı aşınmasının başlıca nedenidir.

İç ve dış yüzeylerin düzgünlüğü aynı makineyle yapılan normal betonarme borularınki ile aynıdır.



8 Referanslar

Avrupa	<i>Avrupa Standardı Taslak N 510 E</i>	Beton borular ve bağlantı elemanları: donatısız, çelik tel ve kafes donatılı betonlar (1994)
Belçika	<i>NBNB21-502 PV 101</i>	İç basınçsız çelik tel takviyeli borular (1993) Çelik tel takviyeli muayene bacaları (menholler) (1996)
İngiltere	<i>DD76: Part 2 Taslak</i>	Çinko kaplamalı çelik tellerle takviye edilmiş prekast beton borular (1983)
Hollanda	<i>CUR CT/Civiele Technich No.1 NEN 7126</i>	Çelik tel donatılı beton boruların hesabi (1983) Dairesel kesitli donatısız, donatılı ve çelik tel donatılı beton borular ve tabanlı donatısız beton borular; şartnameler ve deney yöntemleri (1991)
Avusturya	<i>Ö Norm B 5073</i>	Prekast beton borular ve çelik tel takviyeli bağlantı elemanları; şartnameler, deneyler ve kalite kontrol. (1989)
Almanya	<i>Z - 4.5 - 7</i>	Çelik tel donatılı beton borular (1988)
Fransa	<i>Avis Technique 17/94-67 Uzman Grup No.17</i>	Atık su boruları
Referans 1		Çelik tel takviyeli atıksu borularının deneyleri (1980)
Referans 2		Çelik tel takviyeli betonun dürabilitesi (N.V. Bekaert 1992)
Referans 3		Prekast için Dramix® çelik telleri (1992)
Referans 4	<i>Flemen Topluluğunun Bakanlığı</i>	(Dramix® kullanım esasları) Beton yapıların tasarımı. Normal donatılı ve donatısız-çelik tel takviyeli beton yapılar.



BEKSA ÇELİK KORD SANAYİ VE TİCARET A.Ş.

Merkez: Sabancı Center
Kat:5
Levent 80745
İSTANBUL
Tel: (0212) 270 41 00
(6 Hat)
Faks: (0212) 280 92 26
Telex: 26716 bkck tr.

Fabrika: Kumla Çiftliği
Mevkii
Alikahya 41310
İZMİT
Tel: (0262) 364 76 00
(10 Hat)
Faks: (0262) 364 75 75