



DERİN TEMELLER İÇİN TREMİ BETONU KILAVUZU

EFFC/DFI BETON ÇALIŞMA GRUBU, 2018

TÜRKÇE ÇEVİRİ: TMD TEKNİK KOMİTE, 2023

İÇİNDEKİLER

ÇİZELGE LİSTESİ.....	7
TERİMLER VE TANIMLAR / KILAVUZDA KULLANILDIĞI ŞEKLİYLE	8
KISALTMALAR VE SEMBOLLERİN LİSTESİ	12
1. BÖLÜM / GENEL.....	13
1.1 Arka Plan	13
1.2 Amaç ve Kapsam.....	14
2. BÖLÜM / BETON AKIŞINI ETKİLEYEN TASARIM HUSUSLARI	17
2.1 Genel.....	17
2.2 Net Donatı Aralığı	17
2.3 Paspayı (Net Beton Örtüsü).....	19
3. BÖLÜM / TREMİ BETONUNUN ÖZELLİKLERİ.....	21
3.1 Genel.....	21
3.2 Reoloji ve İşlenebilirlik	22
3.3 Beton Stabilitesi.....	26
3.4 Filtreleme.....	26
3.5 Terleme.....	27
3.6 Segregasyon.....	29
4. BÖLÜM / BETON KARIŞIM TASARIMI	30
4.1 Giriş	30
4.2 Beton Karışımı Tasarım Hususları	31
4.3 Bileşenler	32
4.4 Oranlama ve Pratik Hususlar	35
5. BÖLÜM / BETONUN BELİRLENMESİ, TEST VE KALİTE KONTROLÜ..	38
5.1 Taze Beton Belirlemede Yeni Bir Yaklaşım	38
5.2 Taze Betonun Karakterize Etmek İçin Test Yöntemleri	38

5.3	Uygunluk, Uygunluk ve Kabul Testleri	40
5.4	İşlenebilirlik Tutmasının Kontrolü	42
5.5	Beton Üretim Sürecinde Kalite Kontrolü	43
6.	BÖLÜM / UYGULAMA.....	47
6.1	Genel	47
6.2	Betonlamadan Önce	47
6.3	Tremi Ekipmanları	49
6.4	Tremi Aralığı	50
6.5	İlk Beton Yerleştirme	51
6.6	Tremi Yerleştirme	53
6.7	Beton Akış Mekanizmaları.....	54
6.8	Donatı ve Diğer Engeller Etrafında Akış	57
6.9	Betonlama Kayıtları	58
7.	BÖLÜM / TAM ÖLÇEKLİ DENEMELER.....	59
8.	BÖLÜM / BİTEN İŞLERİN KALİTE KONTROLÜ	60
8.1	Genel	60
8.2	İnşaat Sonrası Test Yöntemleri	60
9.	BÖLÜM / BETON AKIŞININ SAYISAL MODELLENMESİ	62
9.1	Giriş	62
9.2	Yapılan Çalışmalar	62
9.3	Sınırlamalar	63
A.	EK-A / TAZE BETONU KARAKTERİZE ETMEK İÇİN TEST YÖN.	65
A.2	EN 12350-2, ASTM C143'E Uygun Çökme Testi	68
A.3	EN 12350-5'E Uygun Yayılma Tablası Testi.....	69
A.4	Çıkış Testi	69
A.5	Manuel Vane Kesme Testi	71

A.6 İşlenebilirlik süresi Testi	72
A.7 Statik Ayırışma Testi	73
A.8 EN 12350-11'e Uygun Elek Ayırışma Testi	75
A.9 Terleme Testi EN 480-4 VE ASTM C232 VE NF XP P18468'e Uygun.....	75
A.10 Filtrasyon Testi.....	76
A.11 Taze Betonun Bileşimi	78
B. EK-B / İLAVELERİN KULLANIMINA UYGUN KAVRAMLAR.....	79
K-Değeri Kavramı.....	79
Eşdeğer Beton Performans Konsepti (ECPC).....	80
C. EK-C / TAMAMLANAN İŞLERİN TEST YÖNTEMLERİ	82
C.1 Doğrudan Test Yöntemleri	82
C.2 Cross-Hole Sonik Loglama	82
C.3 Termal Süreksizlik Testi.....	83
D. EK-D / DÜZENSİZLİKLERİN YORUMLANMASI	85
D.1 Düzensizliklerin Oluşum Mekanizması	85
D.2 Açığa Çıkan Derin Temellerin Doğrudan İncelenmesi	86
D.3 Derin Temellerin Dolaylı Olarak İncelenmesi	86
D.4 Kusurların Tipinin Sınıflandırılması	86
E. EK-E / TASARIM HUSUSLARI HAKKINDA AYRINTILI BİLGİ	91
E.1 Detaylandırma.....	91
E.2 Donatı Net Aralığı	92
E.3 Paspayı, Beton Örtü	98
E.4 Tek Kazıklar Üzerinde Tek Kolonlar	99
F. EK-F / FAKTÖRLERİN SEÇİMİ VE BETON AKIŞI ÜZ. ETKİLERİ.....	102
KAYNAKLAR.....	104

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Derin temel örnekleri	13
Şekil 1.2 Beton tedariki sürecinin takip edilmesi gereken tipik adımları	15
Şekil 2.1 Derin temelerde beton kaplama ve donatı aralığı (dikdörtgen kafesler için de geçerlidir.)	20
Şekil 3.1 Bileşim, reoloji ve ilgili özellikler ve genel gerek. arasındaki ilişki	22
Şekil 3.2 Bir Bingham akışkanının (örn. beton) ve bir Newton akışkanının (örn. su) plastik davranışı	23
Şekil 3.3 Farklı beton tipleri için reolojinin niteliksel karşılaştırılması.....	24
Şekil 3.4 Sertleşme ve priz süresi	25
Şekil 3.5 Çimento şerbetinde terleme sürecine ilişkin şema (Massoussi ve Al, 2017 tabanlı), sertleşme nedeni ile terlemede görülebilecek duraksama ile birlikte	28
Şekil 4.1 Çimento ve diğer bileşenlerin reoloji üz. etkisi (Wallevik, 2003'e göre)...	33
Şekil 4.2 Alman ulusal EK DIN 1045-2 ve EN 206-1'de olarak 16 mm maksimum agrega boyutu için agrega parça boyu dağılımı (derecelendirme).....	34
Şekil 5.1 Tremi beton için tavsiye edilen gerilim gerilmesi ve önerilen aralık ile ilgili çökme yayılma eğrisi (Bkn: EK A.1.1 ve Şekil 3.3).....	39
Şekil 5.2 Tremi betonu için önerilen orta viskozite aralığını gösteren viskozite ile ilgili çökme yayılma hızı eğrisi (Bkn: EK A.1.2).....	39
Şekil 5.3 İşlenebilirlik süresinin uzatılması	43
Şekil 6.1 Kazı alet geometrisini yansıtan taban profili, kesici (cutter) ile örnek	49
Şekil 6.2 Tremi döküm sırasındaki aşamalar	52
Şekil 6.3 Şişkin ve tıkaç akışının şeması	55
Şekil 6.4 Farklı şekilde boyanmış beton karışımlarının fore kazık kesiti içindeki görünümü (Böhle ve Pulsport,2014, şişmeli akışı gösteriyor).....	57
Şekil 9.1 Dökme betonun hız akış hatlarıyla(solda) ve tremi borusunun kademeli kaldırılmasından sonra boyalı beton akışını gösteren simülasyonlar (LI ve AL,2018)	62

Şekil 9.2 Betonun bir bölümdeki akışını gösteren simülasyonlar, panel içten (sol) ve dıştan (sağ) gösterilmiştir.	63
Şekil A.1 Birleşik çökme yayılma, çökme yayılma hızı ve VSI testi için test ek.....	67
Şekil A.2 Görsel kararlılık indeksi sınıflarına örnekler	68
Şekil A.3 Modifiye koni çıkış testi için ekipman (örnek)	70
Şekil A.4 Manuel kanatlı kesme testi için eksen ve pervane kesme hücresi boyutları (Yeni Zelanda Geoteknik Derneği, 2001)	72
Şekil A.5 ASTM C1610'a uygun olarak statik ayırma testinin düzenlenmesi	74
Şekil A.6 Yerçekimi nedeniyle terlemeyi belirlemek için şematik kurulum	76
Şekil A.7 Basınçlı taze betondan kaynaklanan su kaybını belirlemek için test kurulumu (BAUER).....	77
Şekil A.8 Basınçlı taze betondan filtrelenmiş suyu süzmek için test kurulumu (Merkblatt'a göre, Weiche Tetone, 2009).....	78
Şekil D.1 Paspayı kalınlığını etkilemeyen düzensizlik gösteren kazıklar için örn. ...	85
Şekil D.2 Diyafram duvarı ve kazıktaki kalıntılara örnekler (kazık fotoğrafı Şekil 9.14b, FHWA GEC10'dan alınmıştır).	87
Şekil D.3 Beton dökümü sırasında (Şekil 9.13, FHWA GEC10'a göre) arayüz tabakasının kısmen beton tarafından hapsedilmesi ve bir kalıntı oluşumu	88
Şekil D.4 Bir kazık ve diyafram duvarının yüzeyinden yukarı doğru uzanan kanal örnekleri	89
Şekil D.5 Kazıkta (sol) ve panelde donatının açığa çıkması (sağ).....	89
Şekil D.6 Farklı derecelerde açığa çıkan donatı.....	90
Şekil E.1 Geçici kılıf ile desteklenen fore kazıklarda beton örtü (Şekildeki yazı da geçici kılıf olarak değiştirilmeli)	99
Şekil E.2 Bir üst yapı kolonunu desteklemek için kullanılan fore kazık için bağlantı ayrıntıları	101

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1 Terimler ve tanımlar	8
Çizelge 5.1 Tremi betonu için uygun testler	41
Çizelge 5.2 Tremi betonunun test edilmesi için öneriler	41
Çizelge A.1 Görsel kararlılık indeksi vsı sınıf a.1 (ASTM C1611'e göre)	67
Çizelge A.2 Sertleşme için görsel sınıflandırma indeks (HVSI) testi.....	74
Çizelge E.1 Fore kazıklar ve baretler için yaygın olarak kullanılan donatı gereksinimleri.....	93
Çizelge E.2 Diyafram duvarları için yaygın olarak kullanılan güçlendirme gereksinimleri.....	95
Çizelge E.3 Diyafram duvarları için yaygın olarak kullanılan güçlendirme gereksinimleri (devamı)	96
Çizelge E.4 Kenetlenme, Ankraj, Bindirme Boyları ve Çatlak Genişliği için ortak gereksinimler.....	97
Çizelge F.1 Çeşitli faktörler ve bunların beton akışı ve derin temellerin kalitesi üzerindeki olası etkileri	102

TERİMLER VE TANIMLAR / KILAVUZDA KULLANILDIĞI ŞEKLİYLE

Çizelge 1.1 Terimler ve tanımlar

TERMİNOLOJİ	TANIM
İlaveler (dolgu maddesi ve SCM: tamamlayıcı çimento benzeri malzeme)	Belirli özellikleri iyileştirmek veya özel özellikler elde etmek için betonda kullanılan ince daneli inorganik malzeme. İki ana tipten oluşur: - Tip I) - durağan ve neredeyse durağan (reaksiyona girmeyen) dolgu maddesi, örneğin kireçtaşı tozu Tip II) - gizli hidrolik bağlayıcı veya puzolanik (SCM), örneğin uçucu kül veya öğütülmüş yüksek fırın cürufu.
Katkı	Beton karıştırma işlemi sırasında, taze veya sertleştirilmiş betonun özelliklerini değiştirmek için çimento kütlesi ile ilgili küçük miktarlarda katkı maddesi eklenir. Katkılar ayrıca kimyasal katkı olarak da bilinir.
Baret (LBE: yük taşıyıcı eleman)	Baret planda I, H, L veya T şeklinde olabilen yerinde dökme bir derin temel çeşidi olup diyafram duvar tekniği ile inşa edilir. (donatılı veya donatısız). Bkz. Şekil 1.1
Bentonit	Mineral montmorillonit içeren kil, destek sıvılarında saf bentonit süspansiyonu veya polimer çözeltilerine ek olarak kullanılır. Ayrıca yapısal olmayan betonda bileşen olarak kullanılır.
Bağlayıcı (çimentolu)	Suyla karıştırıldığında hidrasyon reaksiyonları yoluyla bir macun oluşturup sertleşen, sertleştikten sonra su altında bile mukavemetini ve stabilitesini koruyabilen inorganik malzeme veya malzemelerin karışımı.
Bingham akışkan modeli	Sıfırdan büyük akma gerilimine ve sabit plastik viskoziteye sahip kabul edilen sıvıların iki parametrelili reolojik modeli.
Terleme	Beton karışımındaki suyun bir kısmının yeni yerleştirilmiş betonun yüzeyine yükselme eğiliminde olduğu ayrışma şekli.
Fore kazık (veya keson)	Zeminde kazılarak veya delinerek açılmış kuyu içine beton doldurularak teşkil edilmiş donatılı veya donatısız olabilen bir derin temel çeşididir. Bkz. Şekil 1.1. Muhafaza borulu veya borusuz inşa edilebilir.
Temiz açıklık	Tekil veya demet donatılar arasında kalan minimum boşluk, betonun akması için bırakılmış net açıklık.
Beton	Bağlayıcı, su, kaba ve ince agregaya katkı maddeleri ve ilaveler eklenerek veya eklenmeden hazırlanan karışımın hidrasyon sonucu sertleşmesi ile oluşan malzeme.
Kıvam*	Taze betonun göreceli hareketlilik veya akma kabiliyeti, işlenebilirliğin bir göstergesi.
Pas payı (Net Beton Örtüsü)	Donatının dış yüzü ile en yakın beton yüzü (örn. derin temel elemanın dış yüzü) arasındaki mesafe.
Derin temel	Yapısal yükleri zayıf zemin tabakalarını geçerek uygun taşıyıcı tabakalara aktaran temel tipidir. (Örn. Fore kazıklar ve baretler) Bu kılavuzda diyafram duvar ve kazıklı istinat duvarları gibi özel destek yapıları teknikleri için de kullanılmaktadır.

Diyafraam duvar	Donatılı veya donatısız olarak bitişik ve bağımsız anolar halinde kazılıp betonlanarak inşa edilen dayanma yapısı elemanlarıdır. Bu kılavuzda derin temel olarak da adlandırılır. Bkz. Şekil 1.1
Durabilite	Malzemenin (örn. beton) hava koşullarına, kimyasal etkilere, aşınmaya ve diğer servis koşullarına dayanma kabiliyeti.
İnce dane içeriği	Taze beton içinde partikül boyutları 0.125 mm'den küçük veya ona eşit olan katı malzemenin toplamı.
Doldurma kabiliyeti	Taze betonun akarak kazı içindeki tüm boşlukları doldurma yeteneği.
Filtre keki	Basınç farkıyla filtreli geçirgen bir ortamdan süzülen süspansiyonun içinde bulundurduğu bentonit ve zemin danelerinin birikmesi ile oluşan tabakadır.
Filtrasyon	Hidrostatik basınç altında kazıyı çevreleyen zeminin bir filtre görevi görerek katı daneleri destek sıvısından veya taze betondan ayırma durumu
Yayıma tutma	İşlenebilirliğin korunması konusuna bakınız.
Akıcılık	Taze betonun kalıp ve/veya donatı ile sınırlandırılmadığında akma kabiliyeti.
Taze beton	Tamamen karıştırılmış ve belirlenen yöntemle yerleştirilebilecek durumda olan beton. Tremi betonuna bakınız.
Arayüzey katmanı	Destek sıvısı ile beton arasında biriktiği düşünülen, muhtemelen ayrılmış betondan ve/veya zemin parçacıkları ve destek sıvısından gelen malzemelerden oluşan tabaka.
Panel	Diyafraam duvarının tek bir birim olarak betonlanmış bölümü. Doğrusal, T şeklinde, L şeklinde veya başka bir konfigürasyonda olabilir. Bkz. Şekil 1.1
Yayıma yeteneği	Taze betonun, çelik donatı çubukları arasındaki boşluklar gibi dar açıklıklardan ayrılma veya blokaj olmadan akma kabiliyeti.
Harç	Betonun genellikle çimento harcı olarak adlandırılan, ince maddeler, su, katkı maddeleri ve havadan oluşan, agregasız kısmı
Plastik viskozite	Bir Bingham sıvısının viskozitesi (sıfır olmayan kesme gerilmesi ile).
Reoloji	Deformasyonun ve (özellikle bu kılavuzda) uygulanan bir kayma gerilmesinin etkisi altında bir maddenin akışı
Kararlılık (taze betonda)	Taze betonun, karıştırma işleminin doğruluğu veya hammaddelerin uygunluğunda kabul edilebilir küçük değişikliklere rağmen döküm öncesi ve sonrası özelliklerini koruyabilme yeteneği.
Ayrışma direnci	Betonun taze haldeyken homojen kalma yeteneği.
Hassaslık	Kararlılık eksikliği (bkz. Kararlılık)
Servis ömrü	Bir yapının veya bir kısmının, öngörülen bir bakım prosedürü ile büyük bir onarım gerekmeksizin amaçlanan amacı için

	kullanılacağı varsayılan süre (EN206'da "Tasarım Çalışma Ömrü" olarak tanımlanmıştır).
Çökme Yayılma	EN 12350-8 veya ASTM C1611 uyarınca gerçekleştirilen testin sonucu
Çökme (Slump) Tutma	Bkz. işlenebilirliğin korunması.
Şartname (beton için)	Performans veya içerik açısından Beton Tedarikçisine verilen belgelenmiş teknik gereklilikler.
Şartname Hazırlayıcısı	Taze ve sertleştirilmiş beton için şartnameyi belirleyen kişi veya kurum
Stabilite	Bir betonun ayrışmaya, terlemeye ve filtrasyona karşı direnci.
Stopend (derz kalıbı)	Bir derz oluşturmak için diyafram duvar panelinin uçlarına yerleştirilen, genellikle çelik veya betondan oluşan kalıp. Su tutucu ile kullanılabilir.
Destek sıvısı	Fore kazık veya diyafram duvar kazısında cidarların desteklenmesi için kullanılan sıvı. Ayrıca bkz: EFFC/DFI Destek Sıvısı Kılavuzu.
Tiksotropi	Sıvıların dinlenmesine izin verildiğinde akışkanlık kaybına, yeterli kesme gerilmesi uygulandığında da akışkanlığını yeniden kazanmasına eğilimi.
Tremi betonu	Tremi borusu yardımıyla sualtında kendi ağırlığı ile boşluk bırakmadan yerleşebilme kabiliyetine sahip beton.
Tremi borusu / Tremi	Betonun kuyu içine dökülebilmesi için kullanılan, su geçirmez derzli parçalar halinde indirilen boru.
Tremi yöntemi (Sualtında beton yerleştirme veya destek sıvısı yer değiştirme yöntemi)	Betonun içinde destek sıvısı bulunan kuyuya ayrışmasını veya kirlenmesini önlemek için bir tremi borusu kullanılarak dökme yöntemidir. Tremi borusunun ucu betonlama işleminin tamamlanmasına kadar dökülmüş taze betonun içine belirli bir miktarda batırılmış halde kalır.
Viskozite	Bir sıvının kaymaya direnme yeteneğinin, özellikle de akış başladıktan sonra taze betonun akmaya karşı direncinin ölçülmesi.
İşlenebilirlik*	Taze betonun karıştırılma, dökülebilme, yerleşebilme ve düzeltilebilme kolaylığını belirleyen özelliğidir.
İşlenebilirliğin korunması	Taze betonun yayılma ve çökme gibi özelliklerini belirli bir süre boyunca koruyabilmesi.
Akma stresi	"Statik akma gerilmesi" olarak da adlandırılan akışı başlatmak için ulaşılmaması gereken kayma gerilmesi.

*Avrupa Standartlarında, 'kıvam' kelimesi 'işlenebilirlik' kelimesinin yerini almıştır, ancak ABD'de durum böyle değildir. Bu Kılavuzda, aşağıdaki eşdeğerler geçerlidir:

Kıvam: Çökme yayılma testi ile ölçülür (EN 12350-8).

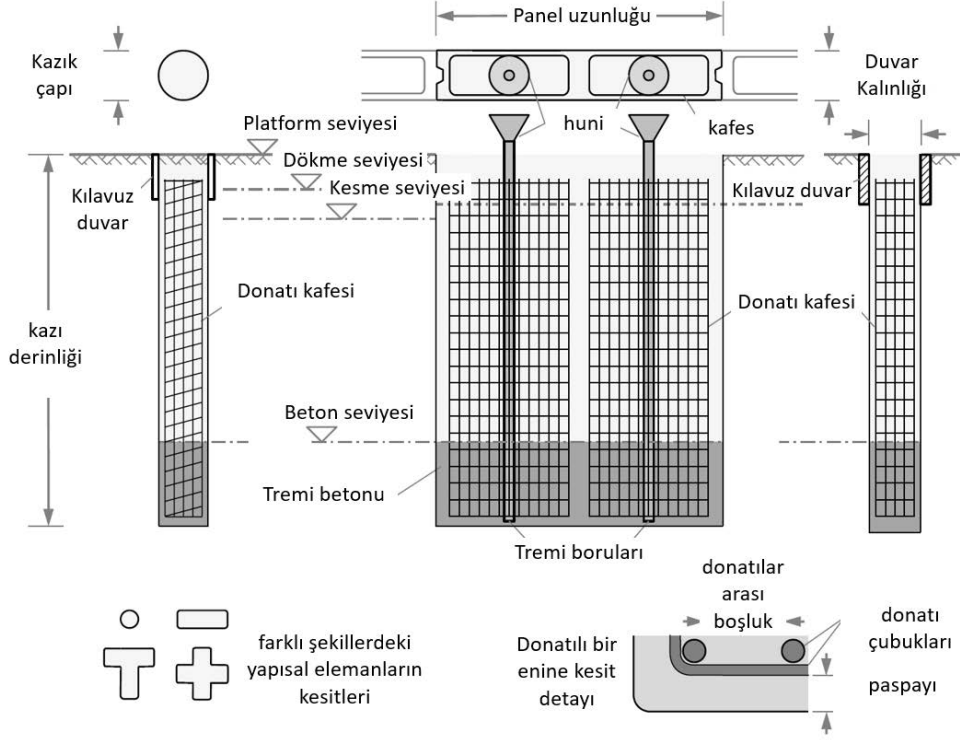
İşlenebilirlik: Kıvam da dahil olmak üzere taze betonun yayılma, geçme ve yerleşme kabiliyetlerinin tamamı (bkz. Şekil 3.1).

KISALTMALAR VE SEMBOLLERİN LİSTESİ

AASHTO	American Association of State and Highway Transportation Officials
ACI	American Concrete Institute
ADSC-IAFD	The International Association of Foundation Drilling
AFNOR	Association Francaise de Normalisation
API	American Petroleum Institute
ASTM	American Society for Testing Materials
CEN	European Committee for Standardization
CIA	Concrete Institute of Australia
CIRIA	Construction Industry Research and Information Association (UK organisation)
DafStb	Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (German Committee for Structural Concrete)
DIN	Deutsches Institut für Normung (German Institute for Standardization)
DFI	Deep Foundations Institute
ECPC	Eşdeğer Beton Performans Konsepti
EFFC	European Federation of Foundation Contractors
EN	Avrupa Normu
EPCC	Eşdeğer Birleşik Performans Konsepti
FHWA	Federal Highway Administration
GGBS/GGBFS	Öğütülmüş Granüler Yüksek Fırın Cürufu
ICE	Institution of Civil Engineers (UK Professional Body)
ISO	International Organization for Standardization
ÖBV	Österreichische Bautechnik Vereinigung (en: Austrian Society for Const. Tech.)
QA/QC	Kalite Güvencesi / Kalite Kontrolü
R&D	Araştırma ve Geliştirme
SCC	Kendiliğinden Yerleşen Beton
VSI	Görsel Stabilite İndeksi
a	Donatı Çubukları Arasında Minimum Temiz Açıklık
c_{min}	Yapısal veya Uygulama Gereksinimlerine Göre Minimum Pas Payı
c_{nom}	Nominal Pas Payı = $c_{min} + \Delta c_{dev}$ (Tasarımda Dikkate Alınacak)
Δc_{dev}	Tasarımda İlave Pay Olarak Dikkate Alınacak İnşaat Toleransı
Δc	Kafes Hazırlanma Aşaması İçin Tasarımda Dikkate Alınacak Pay
d_{b-t}	Kuyu Dibinden Tremi Borusu Çıkışına Kadar Olan Mesafe
d_{spacer}	Kullanılan Paspayının Yatay Ölçüsü (Donatı Kafesine Dik Yönde)
D	Kazı veya Betonarme Elemanın Çapı veya Kalınlığı
D_c	Donatı Kafesinin Dış Boyutu
D_{final}	Bir Çökme Yayılma Testinde Elde Edilen Betonun Son Yayılma Çapı
D_{max}	Maksimum Nominal Agrega Boyutu Üst Sınırı
D_{nom}	Kazı Aleti Boyutları ile Belirlenen Nominal Kazı Boyutu
D_s	Donatı Çubuğu Çapı
D_{s,n}	n Adet Donatıdan Oluşan Bir Demet İçin Eşdeğer Çap
D_T	Tremi Borusunun İç Çapı
η	Dinamik Viskozite
h₁/h₂	Tremi Borusu kısıltmadan Önce (h ₁) ve Sonra (h ₂) Betona Gömülme Miktarı
h_c	Kuyu İçinde Beton Seviyesi
h_{c,T}	Tremi Borusundaki Beton Seviyesi (= Hidrostatik Denge Noktası)
h_F	Kazıda Sıvı Seviyesi
k	Tip II İlavesinin Aktivitesini Dikkate Alan Faktör
μ	Plastik Viskozite
p_{i,T}	Tremi Boru İçinde Hidrostatik Basınç
p_o/p_i	Kazının Dışında (p _o) ve İçinde (p _i) Hidrostatik Basınç
ST	Tremi Borusunun Kısaltılacak Uzunluğu
t_{final}	Çökme Yayılma Testinde Betonun Nihai Yayılmaya Ulaşma Zamanı
τ	Kayma Gerilmesi
τ_0	Akma Gerilmesi
$\dot{\gamma}$	Kesme Deformasyon Hızı

1. BÖLÜM / GENEL

1.1 Arka Plan



Şekil 1.1 Derin temel örnekleri

Beton teknolojisi hızla ilerlemeye devam etmekte ve beş bileşenli (çimento, ilaveler, agregalar, kimyasal katkıları ve su) modern karışımlar genellikle eski üç bileşenli beton karışımlarından (çimento, agregalar ve su) önemli ölçüde farklılıklar göstermektedir. Son trendler, daha yüksek mukavemet sınıflarını ve daha düşük su/çimento oranlarına eğilimi destekledi, bu da azalan işlenebilirliği telafi etmek için katkı maddelerine daha fazla bağımlı olunmasına neden oldu. Betonun gerçek reolojik özelliklerinin test edilmesi, yeni betonun karışımları ile aynı hızda gelişmemiştir ve hala projelerde işlenebilirliğin (örneğin çökme ile ölçülen) taze betonun kabulü için tek özellik olarak kullanıldığı görülebilmektedir.

Hem Avrupa Temel Müteahhitleri Federasyonu (EFFC) hem de Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Derin Temeller Enstitüsü (DFI) tarafından tremi yöntemi kullanılarak dökülen fore kazık ve diyafram duvarlardaki ortak sorunlar araştırıldığında, önemli sayıda vakada en önemli faktörün yetersiz işlenebilirlik, stabilite veya dayanıma sahip beton karışımları olduğu görüldü. Ayrıca yetersiz şartname ve test prosedürleri de

diğer nedenler arasında sayıldı. Bu sorunların sonuçları önem arz eder ve uygun beton bileşenlerinin ve yerleştirme yöntemi seçilmesinin yanı sıra, uygun test yöntemleri ile takibin de kesinlikle gerekli olduğu kabul edilmiştir.

2014 yılında EFFC ve DFI tarafından bu sorunları incelemek için ortak bir beton Çalışma Grubu oluşturulmuştur ve bu kılavuz, söz konusu grup tarafından hazırlanmıştır.

Bu Kılavuzun Sponsorları tarafından finanse edilen bir araştırma ve geliştirme projesi, 2015'ten 2018'e kadar Münih Teknik Üniversitesi tarafından Missouri Bilim ve Teknoloji Üniversitesi ile birlikte yürütülmüştür. Bu proje kapsamında, masa başı çalışmaları, laboratuvar testleri, Avrupa ve ABD'deki şantiyelerde saha testleri yapılmıştır. Ayrıca, Çalışma Grubu, üniversitelerden akademik paydaşlarla derin kazılarda beton akışını sayısal olarak modelleyebilmek için en son hesaplama yöntemlerini değerlendirmiştir.

1.2 Amaç ve Kapsam

Bu Kılavuzun birincil amacı taze betonun performansı, karışım tasarım süreci ve test yöntemleri açısından taze beton karakterizasyonuna rehberlik etmektir. Bu Kılavuzun amacı öncelikle kazılarak inşa edilen derin temeller için tremi betonu özelliklerini belirlemek olup diğer derin temel tipleri için de uygulanabilirliğini göstermektedir. (örn. CFA kazık). Kılavuz, beton reolojisi, beton karışım tasarımı, donatı detaylandırması, beton örtüsü ve beton yerleştirme için doğru uygulama kuralları gibi tasarım konularını ele alır. Test yöntemlerini incelemekte, sonuçların tanımlanması ve yorumlanmasına ilişkin tavsiyeler içermektedir.

Şekil 2, zorlu ve çoğu zaman birbiriyle çelişen gereksinimlerin, bir beton karışımının geliştirilmesi boyunca nasıl dikkate alınması gerektiğini özetlemektedir. Bu Kılavuz, uygun yapısal detaylandırma ve son teknoloji uygulama yöntemlerinin kullanımı da dahil olmak üzere potansiyel riskleri en aza indirmek için dikkatle değerlendirilmesi gereken önemli alanları vurgulamaktadır.

Beton karışımına en iyi Yüklenici, Proje Müellifi ve Beton Tedarikçisi arasındaki ortak bir yaklaşımla karar verilebilir. Görev Grubu, hali hazırda uygulanan doğru uygulama tekniklerini ve araştırma alanlarını ayrıntılı bir şekilde değerlendirmiştir. Bu

Kılavuzun ileride hazırlanacak Avrupa ve Amerikan Standartlarında kullanılmak üzere bilgi sağlaması hedeflenmiştir.

Tremi Kılavuzunun bu 2. Baskısı, önerilen test yöntemlerine dayalı olarak taze tremi betonu için kabul aralıkları önermektedir. Ayrıca saha testleri ve sayısal modelleme çalışmalarına dayalı olarak beton akış tiplerinin detaylarını sunmaktadır. Bu 2. Baskı, 1. Baskının yerine geçmektedir.

Kılavuzun 1. Baskısı, destek sıvıları için gereksinimleri de içermektedir. Destek sıvısının nihai ürünün kalitesi ve bütünlüğü üzerinde doğrudan etkisi vardır. Beton ve destek sıvısı bu nedenle ayrılmaz bir şekilde bağlantılıdır.

2017'de kurulan ortak bir EFFC/DFI Görev Grubu tarafından destek sıvılarıyla ilgili tüm yönleri kapsayan yeni bir Destek Sıvısı Kılavuzu hazırlanmaya başlanmış ve 2019 yılında yayınlanmıştır. Bu nedenle destek sıvılarına ilişkin gereklilikler bu Kılavuzun 2. baskısından çıkarılmıştır.

İŞVEREN: İlgili şartname ve standartlar, hizmet ömrü, diğer hizmet/operasyonel gereklilikleri belirler.



PROJE MÜELLİFİ: Boyutlar, beton karakteristik mukavemeti, pas payı, donatı detayları, bağlayıcı/diğer bileşenler üzerindeki kısıtlamalar, su/çimento oranı, dış etkilere maruz kalma sınıfı.



YÜKLENİCİ: Uygulamayla ilgili taze beton özellikleri, örn. işlenebilirlik, işlenebilirliğin korunması, stabilite, erken dayanım kazanımı, tedarik hızı.



ŞARTNAME HAZIRLAYICISI: Somut şartname (İşveren, Proje Müellifi ve Yüklenicinin gereksinimlerinin birleşimi.)



TEDARİKÇİ: Mevcut bileşenleri ve belirtilen tüm gereklilikleri dikkate alan beton karışım tasarımı.



UYGULAMA: İlk parti testi ve beton karışımının doğrulanması.

Şekil 1.2 Beton tedariki sürecinin takip edilmesi gereken tipik adımları

Bu Kılavuz İşverenler, Proje Müellifleri, Genel Yükleniciler ve Uzman Yükleniciler de dahil olmak üzere fore kazık ve diyafram duvarlarda kullanılacak beton satın alma, tasarımı ve uygulama aşamalarında yer alan kişi ve şirketlere yardımcı olacaktır. Mevcut standartlara pratik bir ek olması amaçlanmıştır, standart yerine geçmez. Proje gereksinimleri, standartları ve şartnameler her zaman öncelikli olmalıdır.

2. BÖLÜM / BETON AKIŞINI ETKİLEYEN TASARIM HUSUSLARI

2.1 Genel

Derin temellerin yapısal tasarımı, uygulama koşullarının da dikkate alınması gerektiğinden hem yapısal hem de geoteknik girdi içeren bir uzmanlık konusudur. Bu bölümde yapısal detayların, betonun donatı çubukları arasından kafes içinde ve paspayı bölümüne akışının incelenmesi amaçlanmıştır. Beton yerleştirmenin uç ve çeper sürtünmesi üzerindeki etkisi bu Kılavuzda dikkate alınmamıştır ve Eurocode 7'ye (EN 1997-1) veya ilgili ABD standartlarına atıfta bulunulmalıdır, örn. FHWA GEC10.

Donatı detaylandırması ile ilgili olarak, tremi betonu yerleştirme için ideal durum, beton akışına herhangi bir engel olmamasıdır. Fakat paspayı blokları veya kullanılan kutu profiller de dahil olmak üzere kafes içine yerleştirilen tüm elemanlar akış yönünde engel oluşturmaktadır. Bu nedenle, donatı kafesinin tasarımını da içeren yapısal tasarım, bitmiş elemanın kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Aşağıdaki bölümler, net donatı aralığı ve paspayı için iyi uygulama önerileri vermektedir. Proje Müellifi donatı kafesinin standartlarda verilen minimum genel gerekliliklerin yanı sıra, tasarımına özgü başarılı beton yerleştirme gerekliliklerini de dikkate almalıdır. Yapısal tasarım, Projeci ve Yüklenicinin beton karışımı yönünden ihtiyaçlarını tam olarak karşılamalıdır. Bu, tasarımcının uzman tavsiyesi almasını gerektirebilir.

2.2 Net Donatı Aralığı

Net donatı aralığı (Şekil 2.1'de 'a' olarak gösterilmiştir), yapısal gereksinimlere ve betonun donatı kafesinin yatay ve dikey donatıları arasından akma kabiliyetine dayalı olarak Proje Müellifi tarafından değerlendirilmelidir.

Eurocode 2'ye (EN 1992-1) göre, dikey çubuklar veya çubuk demetleri arasında yapısal olarak gerekli açık mesafe, D_s çaplarının veya $D_{s,n}$ nominal çaplarının iki katı olmalıdır (bakınız Ek E'deki Çizelge E.1).

Uygulama için minimum net aralık, her ikisi de betonla ilgili olmak üzere iki gereksinime uymalıdır. Birincisi, bir Bingham sıvısı olarak anlaşılan betonun donatı

içinden akmasına izin vermek (min a) ve ikincisi, beton agregası tarafından tıkanmayı önlemektir ($4 \times D_{\max}$):

$$a \geq \max(\min a, 4 \times D_{\max})$$

ACI 336.1, dikey donatılar için bindirme bölgeleri dahil 100 mm'ye [4 inç] eşit veya daha büyük veya maksimum agrega boyutunun (D_{\max}) dört katı (hangisi daha büyükse) minimum net boşluk (min a) gerektiğini belirtir. EN 206, EN 1536 ve EN 1538, maksimum agrega boyutu için ikinci şartın karşılanması koşuluyla, bindirme bölgelerinde 80 mm'lik [3 inç] azaltılmış net aralığa izin vermesi dışında ACI gerekliliklerini yansıtır. Bu ve diğer gereksinimler, Ek E'deki Çizelge E.1 ve Çizelge E.2'de özetlenmiştir.

Örtü bölgesine beton akışını sağlamak için, ek bölgelerinde bile dikey donatılar arasındaki minimum net aralığın 100 mm [4 inç] olması önerilir. Bu gerekli yerlerde manşon kullanılarak veya donatı bükülüp bindirmeyi eleman merkezine doğru radyal yönde olacak şekilde yaparak sağlanabilir.

Yatay donatının net aralığı, bu çubuklar betonun yatay ve düşey akışını kısıtlayabileceğinden ayrı ayrı düşünülmelidir. Yatay çubuklar için minimum net mesafeye ilişkin normatif gereklilikler, Ek E'deki Çizelge E.1 ve Çizelge E.2'de de özetlenmiştir.

Beton akışı üzerindeki olumsuz etki riskini azaltmak için çok katmanlı donatıdan kaçınılmalıdır. Birden çok katman gerekliliği mümkün olan yerlerde çubuk demetleri, daha büyük donatı çapları veya daha yüksek kaliteli çelik kullanılarak ortadan kaldırılabilir. Birden çok katmandan kaçınılamazsa, minimum net aralık, min a artırılmalıdır ve bu durum için tam ölçekli denemeler önerilir.

Derin temel elemanlarındaki çok yüksek donatı yoğunlukları, genellikle eleman boyutunun (beton kesit alanının) artırılması gerektiğinin bir göstergesidir.

Not: Nihai ürünün kalitesi ve bütünlüğü ile ilgili risk azaltmanın yanı sıra, artırılmış eleman boyutları da betonun ve donatının nispi maliyetlerine bağlı olarak maliyeti etkileyebilecektir.

Donatı kafesi imalatı için eğilme toleransları da yapısal tasarım içinde dikkate alınmalıdır.

2.3 Paspayı (Net Beton Örtüsü)

Derin temeller için paspayı (net beton örtüsü) ile ilgili olarak, tasarım aşamasında dikkate alınması gereken iki bağımsız gereksinim vardır. İlk şart, yapının hizmet ömrü boyunca belirli bir beton örtü ihtiyacı olup ikincisi, beton akışına ve geçici kılıf borusunun çıkarılmasına izin vermek için uygulama sırasında minimum beton örtü ihtiyacıdır. Bu iki yaklaşım bağımsızdır ve bu nedenle ayrı ayrı ele alınmalıdır.

Her iki gereklilik için, tasarımcı, Şekil 2.1'de gösterildiği gibi, minimum örtü c_{min} artı inşaat toleransları için bir pay, Δc_{dev} 'e bağlı olarak nominal bir örtü kalınlığı c_{nom} belirlemelidir.

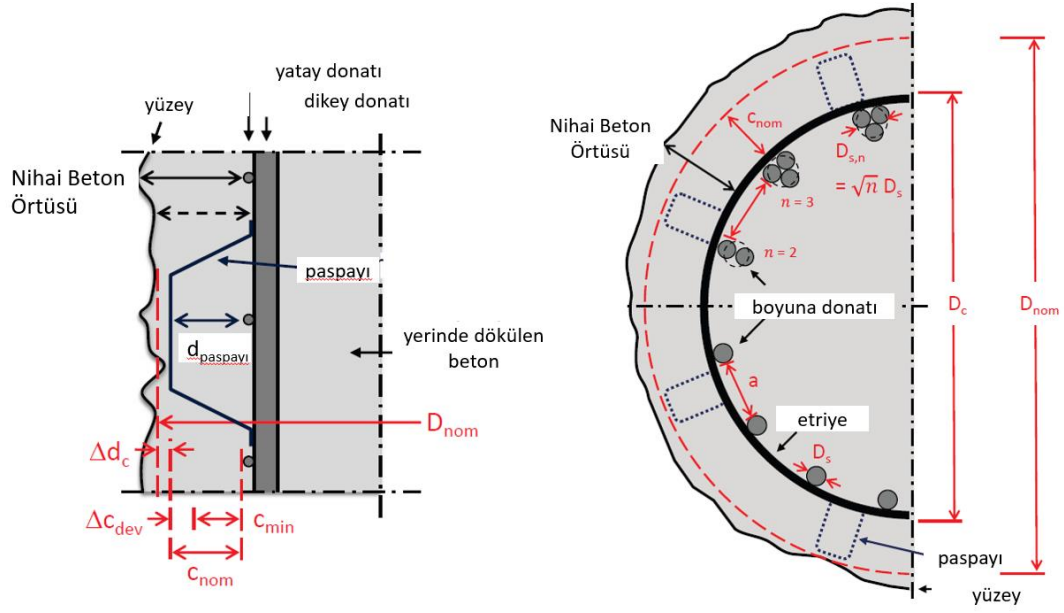
$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \text{ ile } c_{min} \geq \text{maks} [c_{min, \text{yapısal}} \text{ ya da } c_{min, \text{uygulama}}]$$

Uygulama için, 50 mm [2 inç] minimum paspayı (c_{min}) ve 25 mm [1 inç] inşaat toleransları (Δc_{dev}) payı dikkate alınarak en az 75 mm [3 inç] nominal beton kaplama önerilir. Çoğu durumda, uygulama için minimum nominal güvenli pay, yapısal ve dayanıklılık gerekliliklerinden elde edilenleri aşacaktır.

Not: Ek E'de, normatif kuralların mevcut varyasyonu ayrıntılı olarak tartışılmaktadır. EN 1536 ve FHWA GEC 10, minimum nominal örtünün artırılması veya artırılması gereken belirli durumları da tanımlar.

Paspayları genellikle tasarım nominal kaplamasını da kapsayacak şekilde hesaplanır. Kafes kazıya yerleştirilmesine izin vermek için kafes tasarımında ek bir tolerans olan Δd_c 'nin de dikkate alınmalıdır (bkz. Şekil 2.1):

$$D_c = D_{nom} - 2c_{nom} - 2\Delta d_c$$



Şekil 2.1 Derin temellerde beton kaplama ve donatı aralığı (dikdörtgen kafesler için de geçerlidir.)

Not: Geçici muhafaza borusu kullanılarak inşa edilen fore kazıklar Ek E'de gösterilmiş ve tartışılmıştır.

3. BÖLÜM / TREMİ BETONUNUN ÖZELLİKLERİ

3.1 Genel

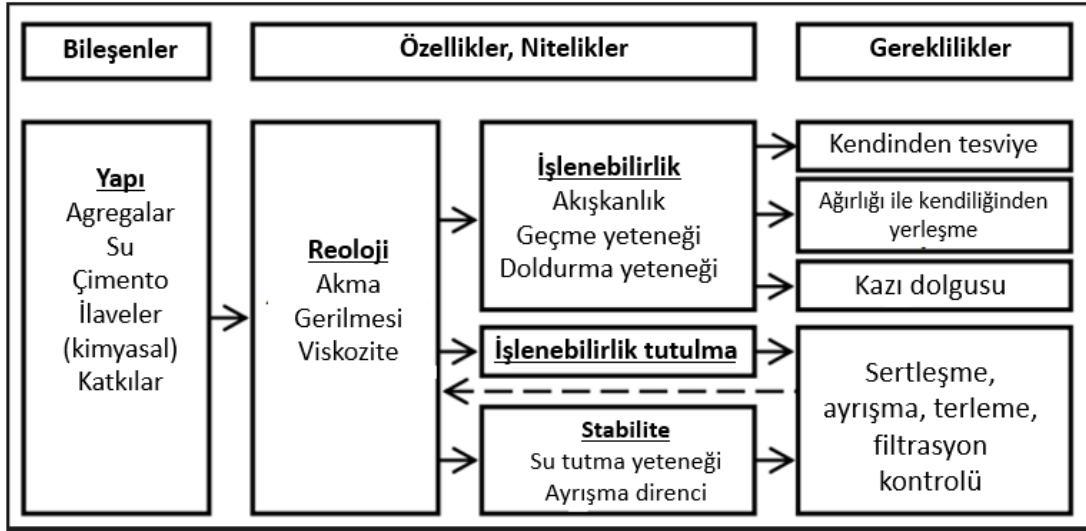
Betonun reolojisi, döküm sırasındaki davranışını belirler. Reoloji, beton yerleştirmenin başarısını ve nihai ürünün kalitesini belirler, yani dayanıklılık, reolojinin doğrudan bir işlevidir.

Taze beton için temel reolojik özellikler şunlardır:

- İşlenebilirlik (betonun kazıyı doldurma, yerçekimi altında kendiliğinden düzleşme ve kendiliğinden sıkışabilme yeteneğini tanımlayan genel terim)
- İşlenebilirliği koruma (belirtilen taze özelliklerin ne kadar süreyle muhafaza edileceğini belirleme)
- Stabilite (segregasyona, terleme ve filtrasyona karşı direnç)

Son yıllarda, bir malzeme olarak betonun önemli ölçüde geliştiği görülmektedir. Beton tasarımları dayanım (mukavemet) parametrelerine ek olarak durabilite (dayanıklılık) gereksinimlerini de içerir ve belirli bir beton karışımı için dayanım ve durabilite birbiriyle doğrudan ilişkili olduğundan, daha yüksek dayanım sınıfları ve daha düşük su/çimento oranlarının kullanılmasına yönelik bir eğilim vardır. Azalan su içeriğini ve işlenebilirliği telafi etmek, şartnamesinde aranan stabilite ve yayılım tutma gereksinimini karşılamak için kimyasal katkılara daha fazla bağımlı hale gelmektedir. Yetersiz stabilite veya yayılım tutma, işlenebilirliği etkileyebilir. Bileşenler, temel reolojik özellikler, genel beton özellikleri ve performans gereksinimleri arasındaki ilişki Şekil 3.1'de gösterilmektedir.

Reolojik davranışın değerlendirilmesine ilişkin mevcut standartlarda çok az yönlendirme bulunmaktadır. Bu bölüm, beton reolojisine yönelik bir açıklama ve reolojiyi tanımlamak için kullanılan anahtar parametreleri aktarmaktadır.



Şekil 3.1 Bileşim, reoloji ve ilgili özellikler ve genel gereksinimler arasındaki ilişki

3.2 Reoloji ve İşlenebilirlik

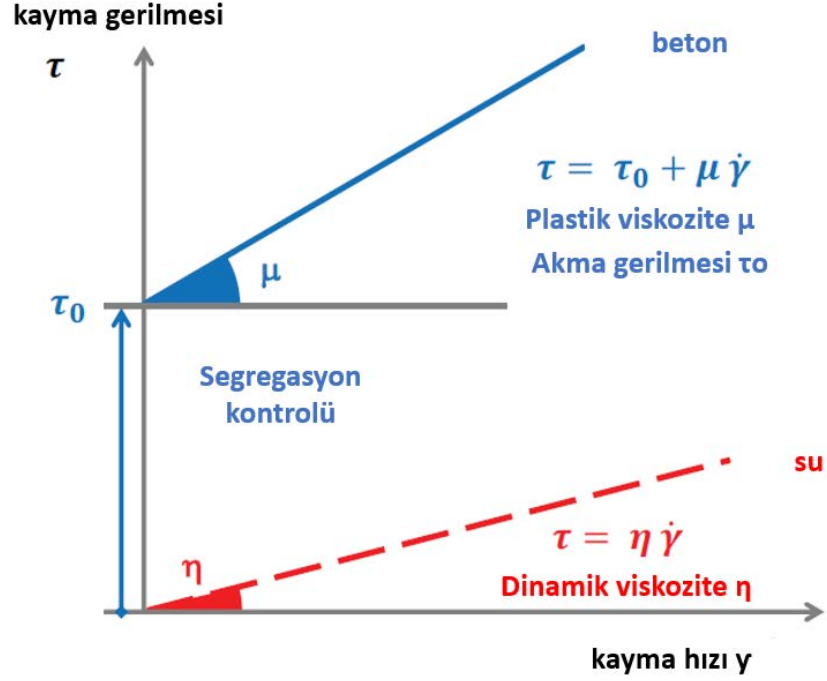
Betonun taze haldeki davranışını doğru bir şekilde anlamak için, onu iki parametrelili bir Bingham akışkan modeli olarak düşünmek gerekir:

- Akma gerilmesi, τ_0
- Plastik viskozite, μ

Akma gerilmesi, beton akışını başlatmak için ulaşılmaması gereken kesme gerilmesidir. Ayrışmayı kontrol etmek için akma gerilimi çok düşük olmamalıdır. Tersine, betonun yerçekimi altında (dış titreşim olmadan) konsolide olmasına izin vermek için akma gerilimi çok yüksek de olmamalıdır.

Plastik viskozite, Şekil 3.2’de gösterildiği gibi bir Bingham sıvı grafiğinin eğimidir ve akışa karşı direncinin bir ölçüsüdür. Granüler etkileşim ve agrega parçacıkları arasındaki bağlayıcının viskozitesi ile ilgilidir. Betonun başarılı bir şekilde yerleştirilmesi için düşük viskoziteye sahip olması gerekir çünkü kuyu içini boşluksuz doldurabilmesini ve ayrıca betonu dökmek için gereken süreyi etkiler. Uygulamada hem akma gerilmesi hem de plastik viskozite zamana ve kesme geçmişine bağlı olacaktır.

Şekil 3.2, betonun hareket etmeye başlamak için belirli bir miktarda enerjiye ihtiyaç duyduğunu (akma gerilimi) ve ardından bu harekete karşı koyduğunu (viskozite ile) göstermektedir.



Şekil 3.2 Bir Bingham akışkanının (örn. beton) ve bir Newton akışkanının (örn. su) plastik davranışı

Halihazırda uygunluk testi ve kontrolü için kullanılan taze betonun özelliklerine ilişkin pratik testler, yalnızca uzman laboratuvarlarda bulunan cihazlarla (örn. beton reometresi) belirlenebilen temel reolojik parametreler (akma gerilimi ve plastik viskozite) arasında ayırım yapamaz. Şimdiye kadar, viskozite için bir ölçü olarak yayılma kolaylığı, örneğin tremi borularının boşaltılmasının zorluğu veya beton mikseri boşaltma sürelerinin gözlemlenmesi ve sınıflandırılması yoluyla, beton yerleştirme sırasında sezgisel ve niteliksel olarak değerlendiriliyordu.

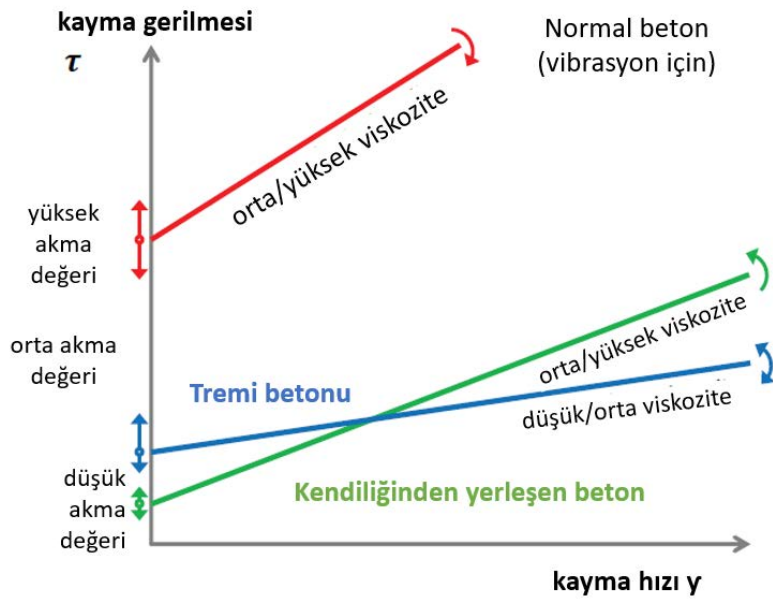
Not 2: Avrupa ve ABD'de Tremi Betonun reolojisine ilişkin Ar-Ge programı (Kraenkel ve Gehlen, 2018), reometre ölçümleri ve basit ve pratik testlerden elde edilen değerlerle değerlendirilen akma gerilimi ile plastik viskozite arasında açık bir korelasyon olduğunu kanıtlamıştır. (Bkz. Bölüm 5.2).

Şekil 3.3, farklı beton türleri ve uygulamalar için akma gerilimi ve viskozite ile temsil edilen reolojinin nitel bir karşılaştırmasını göstermektedir.

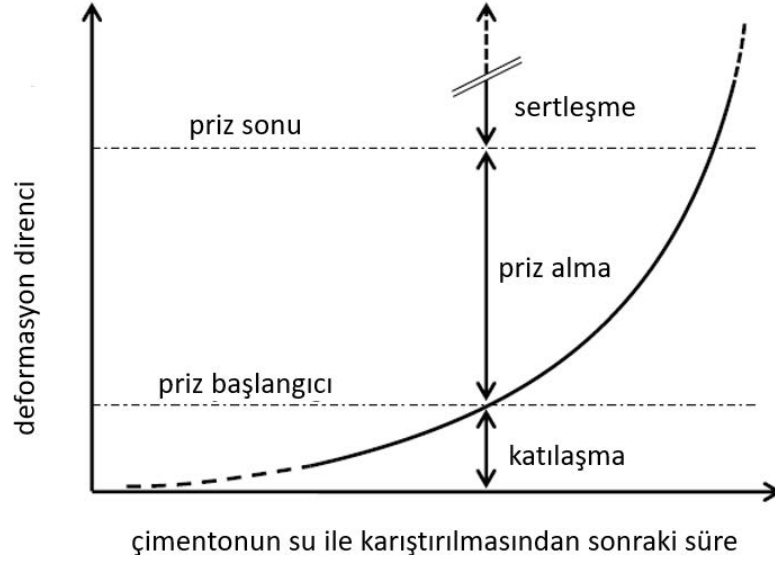
Mekanik yollarla sıkıştırılan normal beton, nispeten yüksek bir akma gerilmesine sahipken, kendiliğinden yerleşen beton, kendi kendini dengeleme ve yalnızca kendi ağırlığı ile sıkıştırma gereksinimini karşılamak için çok düşük akma gerilmesi gerektirir. Tremi betonun akma gerilimi, ikisi arasında yer alır ve iyi bir doldurma

kabiliyeti için gerekli olan nispeten düşük akma gerilimi ile derin temellerdeki destek sıvısını uzaklaştırmak ve segregasyonu engellemek için gereken daha yüksek gerilim arasında dengelenmesi gerekir. Derin temellerde beton dökümü sırasında oluşan büyük basınç farkı, sıkıştırmaya yardımcı olur ve hassas beton karışımları gerektirebilecek çok düşük akma gerilimi değerleriyle çalışmaya gerek kalmaz.

Viskozite, yerinde elde edilebilen beton karışımı nedeniyle büyük ölçüde değişebilir. Genel olarak, tremi betonu için viskozite düşük olmalıdır. Bu, hem betonun donatı ve diğer engellerin etrafından akma kolaylığını iyileştirmeye hizmet eder hem de dökümü tamamlamak için gereken süreyi azaltır. Genel faydalarına ek olarak, döküm sürelerinin en aza indirilmesi, işlenebilirliğin uzun süre muhafaza edilmesi ihtiyacını ve müteakip artan beton karışımı hassasiyeti riskini ortadan kaldırır veya mümkün olduğunca azaltır.



Şekil 3.3 Farklı beton tipleri için reolojinin niteliksel karşılaştırılması



Şekil 3.4 Sertleşme ve priz süresi

Taze durumdaki beton, tiksotropik bir malzeme olarak kabul edilir ve tersine çevrilebilir bir sertleşme şekli sergiler ve malzeme çalkalandığında akışkanlığı geri kazanır. Bu davranışa, beton dururken parçacıkların oturması ve bağlanması ve sonra bir kesme gerilmesi uygulandığında bu yapının parçalanması neden olur.

Beton tiksotropisinin kontrol edilmesi önemlidir, çünkü aşırı tiksotropi, kısa bir aradan sonra beton dökümüne yeniden başladığında beton akış davranışını olumsuz etkileyebilir. Şu anda kabul edilmiş bir önlem veya kabul kriteri yoktur. Pratik bir önlem, belirli bir dinlenme süresinin ardından akma gerilimini sınırlamak olabilir, bkz. Ek A.5 ve Ek A.6.

Sertleşme esas olarak çimentonun hidrasyonundan kaynaklanan ve geri döndürülemez bir süreç olduğu için betonun daha fazla hareket ettirilmemesi gereken bir an geleceğinden uygulamada işlenebilirliğin korunması ve kontrol edilmesi oldukça önemlidir (Roussel, 2012). Bu durum Şekil 3.4'te gösterilmektedir.

3.3 Beton Stabilitesi

Beton stabilitesi, suyu tutma (filtrasyon ve terleme) kabiliyeti ve statik ayrışmaya karşı direnci olarak tanımlanır. Stabiliteyi kontrol etme gereksinimi, işlenebilirlik gerekliliklerine karşı dengelenmelidir.

Beton yerleştirildikten sonra gerinim oranı sifıra düşer. Akma gerilimi gibi taze reolojik özelliklerini hala korumasına rağmen katkıların etkisinin zamanla değişmesi nedeniyle bunlar zamanla değişecektir. Filtrasyon, terleme ve statik ayrışma, beton sertleşirken devam edebilir (bkz. Şekil 3.4 ve 5.3). Bu, daha uzun priz süresine sahip betonlar için, özellikle uzun işlenebilirlik korumasına sahip büyük hacimli dökümlerde ön plana çıkmaktadır.

Beton stabilitesi, nihai ürünün kalitesini ve bütünlüğünü doğrudan etkileyebileceği gibi, beton akış mekanizmalarını etkileyerek dolaylı olarak da etkileyebilir. Betonun reolojik özelliklerinin aşırı filtrasyon veya sızıntıdan etkilendiği ve betonun hala hareket etmesi gerektiği, yani daha sonra dökülen betonla yer değiştirdiği durumlarda, gerçek akış mekanizmasını etkileyecektir (bkz. Şekil 3.1).

Taze betondan su kaybı için aşağıdaki gibi geniş bir şekilde tanımlanabilecek iki mekanizma vardır:

- Filtrasyon: Uygulanan basınç altında betonun 'sıkışması' nedeniyle suyun betondan ayrılması
- Terleme: suyun çimento şerbetinden ve agrega matrisinden yerçekimi nedeniyle ayrışması.

Uygulamada, taze betondan bir miktar su kaybı her zaman olacaktır ve bu uygulama süreçlerinin bir parçasıdır. Ayrışmanın tamamen ortadan kaldırılamayacağı göz önüne alındığında, stabilite sorunlarını işlenebilirlikle dengelemek için her iki mekanizmayı da anlamak önemlidir. Filtreleme, terleme ve statik ayrışma ile ilgili daha fazla ayrıntı aşağıda verilmiştir. Bu Kılavuzun Beton Karışım Tasarımını kapsayan 4. Bölümü, stabilite sorunlarını en aza indirmek için alınabilecek önlemleri özetlemektedir.

3.4 Filtreleme

Derin temellerdeki taze beton derinlikle artan yüksek boşluk suyu basınçlarına yol açan düşey yüksek basınçlara tabidir. Bu beton boşluk suyu basınçları, çevre

zemindeki su basınçlarından çok daha yüksek olabilir. Bir hidrolik eğim gelişir ve bu da suyun betondan dışarı akmasına neden olur. Bu su kaybının etkisi ile beton sertleşmekte, yani reolojik özellikleri daha yüksek akma gerilimi ve daha yüksek viskoziteye sahip olacak yönde değişmektedir.

Geçirimli zemin tabakalarının bulunduğu yerlerde filtrasyon nedeniyle betonun önemli ölçüde sertleştiği görülebilir. Bu durum betonlama tamamlandıktan sonra bir donatı kafesinin veya çelik profil kolonunun yerleştirilmesi gereken durumlarda filtrasyonun ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle bu durumlarda beton tasarım sürecinde filtrasyon mutlaka dikkate alınmalıdır.

Not: Son Ar-Ge'den (Azzi, 2016 ve Dairou ve diğerleri, 2015), filtrasyon kaybının toplam terleme potansiyelinin bir göstergesi olarak kullanılabilmesine inanılmaktadır (aşağıdaki Terleme bölümüne bakın). Sınır koşullarını (örneğin, betondaki konsolidasyon derecesi ve filtre keki türü) doğrulamak ve tanımlamak için daha fazla çalışma gereklidir.

Ek A'da, taze betonun filtrelenmesinin test edilmesine ilişkin bilgiler verilmektedir. Bölüm 5.2, ilgili olduğu yerde kabul için kriterler önermektedir.

3.5 Terleme

Taze betonun terlemesi, beton durağan hale geldikten sonra meydana gelen özel bir ayrışma şeklidir. Beton bileşenlerinin özgül ağırlıklarındaki farklılıklar, taze betonda hidrostatik su basınçlarını aşan yüksek su basınçlarına neden olur. Bu, çimento şerbetindeki suyun dikey olarak beton yüzeye doğru akmasını sağlama eğiliminde olan dikey bir hidrolik eğime yol açar. Betonda, çeşitli parametrelere bağlı olarak genellikle boyut ve sıklıkta değişen tercihli su akış yolları da gelişebilir.

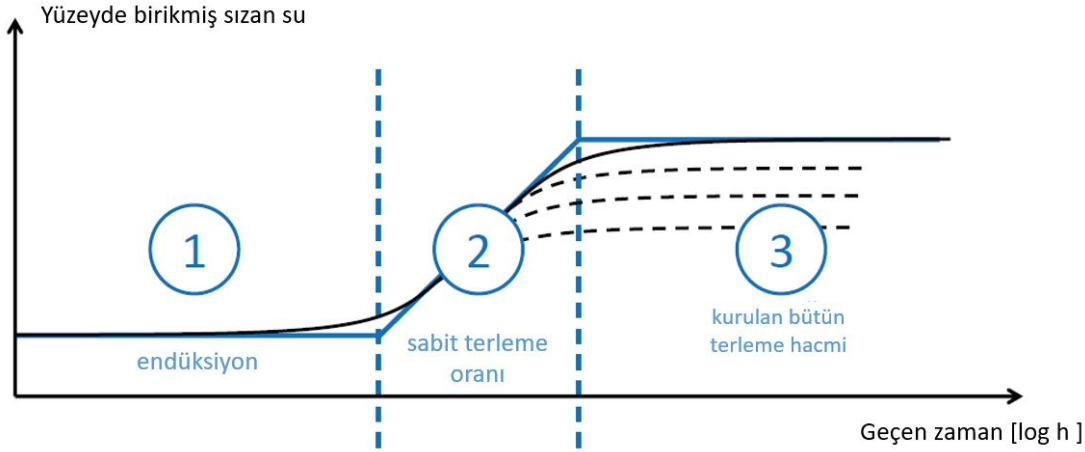
Not 1: Görünür su akış yollarına genellikle tahliye kanalları denir (bkz. Ek D).

Not 2: Su yollarındaki veya tahliye kanallarındaki akış hızları, ince taneli agrega ve çimento şerbetini taşımak için yeterli olabilir.

Yukarıda açıklanan etkilerin yarattığı anomali riskini sınırlamak için terleme kontrol edilmelidir.

Son araştırma çalışması (Massoussi ve diğerleri, 2017) aşağıdaki üç aşamayı belirlemiştir (bkz. Şekil 3.5):

- Endüksiyon dönemi
- Sabit bir terleme oranı dönemi
- Genel bir terleme hacminin oluşturulduğu dönem



Şekil 3.5 Çimento şerbetinde terleme sürecine ilişkin şema (Massoussi ve Al, 2017 tabanlı), sertleşme nedeni ile terlemede görülebilecek duraksama ile birlikte

Nihai konsolidasyona ulaşıldığında derin temellerde terlemenin ne ölçüde meydana geleceği, bunlarla sınırlı olmamak üzere, ince taneli su içeriği, agrega boyutu dağılımı, katkıların zaman içindeki etkinliği, toplam beton yüksekliği ve betonun ne zaman döküleceği gibi birçok faktöre bağlıdır.

Not 1: Terleme, olası tüm tahliye suyu dışarı atılmadan önce betonun sertleştirilmesiyle durdurulursa, beton nihai konsolide durumuna ulaşamayabilir. Bu nedenle potansiyel terleme ile herhangi bir özel drenaj koşulunda gerçekleşen sızıntı arasında bir ayırım yapılabilir.

Not 2: Sızdırma suyu, çimentonun hidratasyonu nedeniyle (kısmen) yeniden emilebilir.

Not 3: Ek A.9'da açıklanan küçük ölçekli terleme testleri, derin temellerdeki tam ölçekli süreçlerle doğrudan ilişkilendirilemez. Pozitif basınç altında süzme testleri, genel terleme potansiyelini belirlemede yardımcı olabilir (Ek A.10).

Ek A, taze betonun sızdırma testi hakkında bilgi sağlar ve Bölüm 5.2, ilgili olduğu yerde kabul için kriterler önerir.

Tremi betonları için önemli olan çok yüksek beton basınçları altında terlemedir. Bu, betonda hidrostatik su basıncından önemli ölçüde daha yüksek olan büyük su

basınçları ile sonuçlanır. Bu nedenle, uygunluk testinin bir parçası olarak sızdırma testlerinin gerekli olduğu düşünülürken, hem sızdırma hem de filtrasyon (basınç altında) test edilmelidir.

3.6 Segregasyon

Derin temellerdeki taze beton, yerleştirildikten sonra stabilitesini korumak için akma dayanımına ihtiyaç duyar. Nispeten düşük akma gerilmesine haiz betonda, nispeten yoğun ve büyük agrega parçacıkları daha hafif olan çimento şerbetinin içinden geçebilir. Bu, betondaki malzemelerin ayrışmasına yol açar. Bu işlem statik segregasyon olarak bilinir.

Not 1: Statik segregasyonun vaka geçmişi Thorp ve diğerleri (2018) tarafından sağlanmıştır (bkz. Ek A.7). Geciktirilmiş bir beton karışımının (gecikmeli priz süresi) sertleşmeden sonra gösterdiği statik segregasyon durumu değerlendirilmiştir.

Not 2: Taşıma ve yerleştirme sırasında dinamik etkilerden dolayı segregasyon da olabilir. Dinamik segregasyon, beton karışımının homojenliğini kaybettiği mekanizmadır. Buna karşılık, dinamik etkilere karşı yeterli bir direncin, treme betonunun uygun bir bileşimi ve kohezyonu ile karşılandığı kabul edilir.

Ek A, taze betonun statik ayrışmasının test edilmesine ilişkin bilgi sağlar ve Bölüm 5.2, ilgili olduğu yerde kabul için kriterler önerir.

4. BÖLÜM / BETON KARIŞIM TASARIMI

4.1 Giriş

Beton karışımı tasarımının genel ilkelerini ve bileşenlerin oranlarını tartışmak bu Kılavuzun kapsamında değildir. Okuyucu ilgili konuların kapsamlı bir şekilde ele alınması için standart metinlerden birine başvurmalıdır; örneğin Neville ve Brooks'un 'Beton Teknolojisi' (2010).

Bir beton karışım tasarımı geliştirmedeki tipik adımlar aşağıdaki gibidir:

1. Genellikle serbest basınç dayanımının (UCS) belirlenmesi ile başlanır. İstatistiksel verilere (önceki deneyim ve beklenen standart sapma) dayalı ortalama UCS'yi tanımlayan gerekli karakteristik mekanik özellikler belirlenir
 2. Donatı aralığına (ve diğer boyutlara) dayalı olarak maksimum agrega boyutunun seçilmesi. Uygun işlenebilirliğin sağlanabilmesi için agrega oranlarının belirlenmesi.
 3. Mukavemet ve durabilite gerekliliklerine dayalı olarak bağlayıcı oranlarının incelenmesi. Büyük kütleli yapısal elemanlarda hidrasyon ısısını ve termal gradyanları sınırlamak için ve/veya ekonomik nedenlerle çimentonun diğer bağayıcılar (uçucu kül, vb.) ile değiştirilmesinin düşünülmesi.
 4. Yapısal ve durabilite gerekliliklerine göre su/çimento oranının seçilmesi.
 5. Beton yerleştirme yöntemine göre gerekli işlenebilirliğin seçilmesi.
 6. İşlenebilirlik, maksimum tane boyutu ve agrega şekli, hava içeriği ve su azaltıcı katkı kullanımına bağlı olarak gerekli karışım suyu miktarının tahmin edilmesi.
- Not: Tremi betonda hava sürükleyici katkılar kullanılmamalıdır çünkü hava derin temelerde sıkışarak beton özelliklerini değiştirebilir (Feys, 2018)
7. Seçilen su/çimento oranına ve gerekli karışım suyuna bağlı olarak gerekli çimento (veya bağlayıcı) ağırlığının hesaplanması.
 8. Toplam agrega miktarının hacme göre hesaplanması ve kum inceliğine bağlı olarak dane boyutu dağılımının belirlenmesi
 9. Eklenecek katkının türü ve miktarının değerlendirilmesi, betonun işlenebilirlik süresinin sıcaklık ve teslim ve yerleştirme için gereken toplam süreye bağlı olarak düzenlenmesi.

10. Taze beton performansını ve/veya diğer özelliklerini (reolojik) ayarlamak için eklenecek diğer katkıların türü ve miktarının değerlendirilmesi.

Beton Tedarikçileri normalde bir dizi standart beton karışım tasarımına sahiptir. Bunlardan biri başlangıç noktası olarak kullanılabilir ve gerektiğinde değiştirilebilir.

Bölüm 4.2, 4.3 ve 4.4'te yapılan yorumların amacı, tremi betonu ile ilgili kritik konuları vurgulamaktır.

4.2 Beton Karışımı Tasarım Hususları

Beton karışımı tasarım süreci şartname gerekliliklerinin mevcut bileşenlerle dengelemesi gerektiği karmaşık bir süreçtir. Bileşenlerin seçimi ve oranları aşağıdakileri içermelidir:

- Beton özellikleri
- Malzemelerin kolay bulunup bulunamayacağı, değişkenliği ve ekonomisi
- Beton santrali verimliliği ve üretim tesisinin kontrol kabiliyeti
- Beton dökümü sırasında beklenen ortam koşulları
- Beton üretimi, teslimatı ve lojistiği

Yukarıdaki değerlendirmenin ardından, bileşenlerin ilk seçimi ve geçici değerlendirme aşağıdakileri dikkate almalıdır:

- Basınç dayanımı ve durabilite (ve diğer tasarım özellikleri)
- Yeterli işlenebilirlik ve işlenebilirlik süresi/tutma
- Karışım stabilitesi (akma dahil ayrışmaya karşı direnç)
- Agrega kaynağı, maksimum boyut, şekil (ezilmiş veya yuvarlak) ve partikül boyutu dağılımı
- Çimento içeriği ve bileşimi
- İlavelerin ve kombinasyonlarının kullanımı (II. Tip ilavelere için Ek B'ye bakın)
- Serbest su içeriği
- Su/çimento oranı
- Uygun katkılar

- Beton karışımının bileşenlerdeki değişikliklere duyarlılığı (yani normal üretimde tekrar üretilebilirliği)

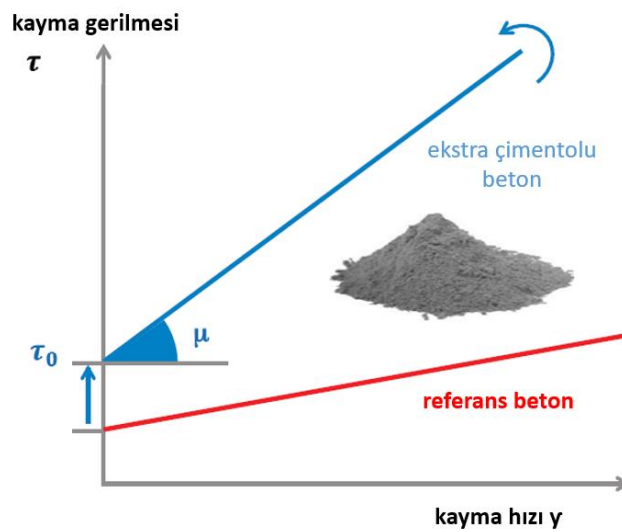
Özel olarak tanımlanan servis ömrü şartları nedeni ile olağan dışı diğer tasarım özellikleri de aranabilmektedir. O zaman özel gereksinimler dikkate alınmalıdır, örn. sınırlı bir klorür difüzyon katsayısı. Özel bileşenler, daha yüksek dozlarda süper-ince ilaveler, ekstra düşük su/çimento oranı veya benzeri talepler taze beton özelliklerini etkileyecektir. Dayanıklılık ve uygulama için çelişen gereksinimler, beton karışımı tasarım süreci boyunca dengelenmelidir.

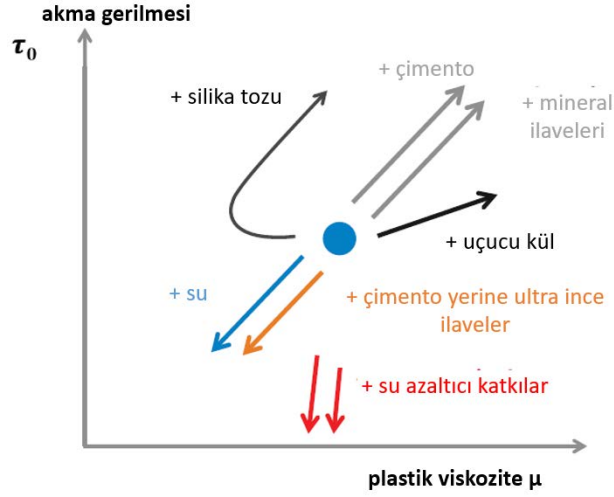
Beton karışımı tasarım geliştirme aşaması normalde laboratuvarında başlar ve tatmin edici laboratuvar denemeleri ile duyarlılık çalışmalarının ardından sahada devam eder. Tam ölçekli denemeler ve uygulama için yerinde test kabul kriterlerinin ilgili tarafların onayı ile belirlenmesi gerekir.

4.3 Bileşenler

Beton reolojisi, özellikle agrega özellikleri, parçacık şekli ve boyut dağılımı, çimento ve katkı türü ve içeriği, su/çimento oranı ve katkı türleri ve dozları olmak üzere tüm bileşenlerden ve oranlarından etkilenir.

Çimentolu katkıların betonun reolojik davranışı üzerindeki etkisi Şekil 4.1'de (üstte) gösterilmiştir, bu da daha yüksek bir akma gerilmesine ve daha yüksek bir viskoziteye yol açar. Çeşitli beton bileşenlerinin hem akma gerilimi hem de viskozite üzerindeki etkisi, Şekil 4.1'deki (altta) bir reografta gösterilmektedir.





Şekil 4.1 Çimento ve diğer bileşenlerin reoloji üzerindeki etkisi (Wallevik, 2003'e göre)

Bir beton karışımı, proje için geçerli olan standartların ve spesifikasyonların gerekliliklerine uygun olmalıdır, örn. su/çimento oranı, ince dane içeriği, basınç dayanımı vb.

Daha işlenebilir bir beton karışımı elde etmek, yani viskoziteyi ve/veya akma gerilimini azaltmak için bazı uygun önlemler şunlar olabilir:

- Çimentonun kısmen ultra ince ilavelerle (çimentodan önemli ölçüde daha ince) değiştirilmesi.
- Agrega parçacık boyutu dağılımının ayarlanması.
- Su azaltıcı katkıların eklenmesi (akışkanlaştırıcı veya süper akışkanlaştırıcı).
- Su miktarının veya bağlayıcı hacminin artırılması.

Not: Su içeriğindeki veya diğer bileşenlerdeki küçük değişimlere karşı aşırı hassasiyeti önlemek için su azaltıcı katkıların yüzdesini sınırlamak iyi bir uygulamadır, örn. kum, bu da beton karışımının yetersiz sağlamlığına yol açabilir.

Daha kararlı bir beton karışımı elde etmek için, yani viskoziteyi ve/veya akma gerilimini artırarak betonun statik ayrışma ve terleme eğilimini azaltmak için, uygun önlemler şunlar olabilir:

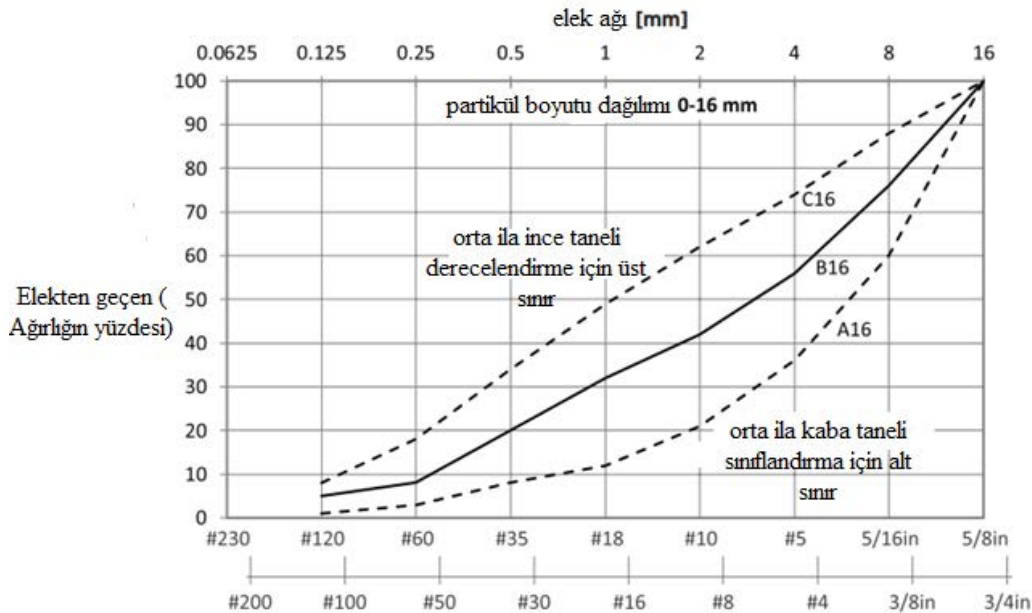
- Su miktarını azaltmak ve/veya çimento veya dolgu maddesi eklemek, örn. kireçtaşı tozu.

- Genellikle viskozite üzerinde akma geriliminden daha fazla etkiye sahip olan uçucu kül eklenmesi.
- Agregada parçacık boyutu dağılımının ayarlanması.
- Viskozite düzenleyici katkı eklenmesi

Not: Silika dumanı, bazen ekstra dayanıklılık gibi yüksek performans elde etmek için kullanılabilir. Küçük bir yüzdeye kadar, silis dumanının işlenebilirlik üzerinde olumlu bir etkisi olabilir (ultra ince dolgu maddesi gibi), ancak beton daha viskoz hale gelir ve daha yüksek yüzdelerde daha yüksek akma gerilimine ulaşır, yani silis dumanının da olumsuz bir etkisi olabilir ve işlenebilirliği azaltabilir.

Agrega tane boyutu dağılımının (derecelendirme) seçimi ve değerlendirilmesi, beton karışımı tasarımının önemli bir unsurudur; burada sınıflandırma, bir agreganın, her bir bölümünün parçacık boyutu sınıflarına bölünmesidir. Ayrışma riskini veya eğilimini en aza indirmek için, agregalar iyi derecelendirilmelidir (Dreux ve Festa, 1998).

Şekil 4.2, maksimum 16 mm [5/8 inç] agrega kullanan tremi betonu için tipik agrega parçacık boyutu dağılım aralığını göstermektedir. Kesintisiz çizginin, beton karışım tasarımı için bir başlangıç noktası olarak kullanılması tavsiye edilir. Diğer maksimum agrega boyutları için benzer dağılımlar DIN 1045-2'de verilmiştir.



Şekil 4.2 Alman ulusal EK DIN 1045-2 ve EN 206-1'de olarak 16 mm maksimum agrega boyutu için agrega parça boyu dağılımı (derecelendirme)

Beton Tedarikçisi, uygun bir agrega parçacık boyutu dağılımı (derecelendirme) geliştirirken, bir dizi faktörü dengelemelidir:

- Agreganın şekli: (doğal) Yuvarlak şekil, akan betonların üretimini, kırılmış agreganın daha açısız şeklinden daha iyi destekler.

Not: Donatı kafesinin akmaya karşı direncine karşı gerebilecek, aynı derecelendirme ve hacimde, kırılmış agregalı betonun yuvarlak agregalı betona göre daha fazla bağlayıcı gerektirdiği görülmektedir.

- Agreganın büyüklüğü: daha kaba bir derecelendirme (yani büyük agregaların yüksek oranda olması) daha iyi işlenebilirlik verebilir, ancak ayrışmaya daha yatkın olacaktır.
- İnce malzemenin oranı: Daha yüksek bir ince malzeme oranı daha uyumlu (daha yüksek verim) beton karışımı verecektir.

Not: Aşırı miktarda ince oranı işlenebilirliği tehlikeye atabilir yüksek su gereksinimi nedeniyle yüksek katkı dozajları gerekecektir. Gelişmiş beton üretiminde modern katkıların faydalı etkisi kabul edilirken, katkıların olası olumsuz etkileri de anlaşılmalıdır. Örneğin, su azaltıcı katkı maddeleri kullanılarak su miktarının azaltılması viskoziteyi artırabilir. Azalan işlenebilirliği telafi etmek için daha fazla bağlayıcı gerekebilir. Bunun sonucunda betonun akma gerilmesi azalacak ve ayrışma eğilimi artacaktır.

Katkıların dozajına ek olarak, yapıları ve çalışma mekanizmaları, yapışkan görünüm (yüksek viskozite) veya katılaşma gibi yan etkilere neden olabilir. Bazı çimento ve katkı kombinasyonları, taze betonda sağlamlık eksikliğine neden olabilir ve bu da aşırı ayrışmaya yol açabilir (Aitcin ve Flatt, 2015).

Ayrıntılı beton karışımı tasarım önerileri bu Kılavuzun kapsamı dışındadır. Bu Kılavuzdaki vurgu, Bölüm 5'te verilen test yöntemleri ve tavsiye edilen aralıklar kullanılarak taze betonun performansının değerlendirilmesidir.

4.4 Oranlama ve Pratik Hususlar

Beton karışımı sınır değerleri, EN 1536 veya EN 1538 gereksinimlerinin birleştiği Avrupa Standardı EN 206'ya veya ilgili yerel Standartlar veya proje için belirtilen diğer standartlarla uyumlu olmalıdır.

Yeni gelişmeler veya özel çalışma koşulları nedeniyle bu standartlardan sapmalar söz konusu olabilir; çimentonun kısmen değiştirilmesi gibi, örn. uçucu kül veya hatta sınır değerden daha düşük bir çimento içeriğinin kullanılması. Tip II ilavelerinin veya eşdeğer performansın onaylanması için onaylanmış prosedürlerin (Ek B'de açıklandığı gibi) kullanımı ve uygulanması için üç kavram mevcuttur. Bunlar:

1. k-değeri kavramı.
2. Eşdeğer beton performans kavramı.
3. Kombinasyon kavramının eşdeğer performansı.

Laboratuvardaki ilk çalışmanın ardından (uygunluk testi), performansı değerlendirmek ve belirtilen özelliklerin uygunluğunu kontrol etmek için tam boyutlu üretim saha denemelerinin (saha karışım denemeleri) gerçekleştirilmesi tavsiye edilir. Gerekli testlerin yapılması için sözleşmelerde uygun zaman aralıklarına izin verilmelidir.

Saha testi ve değerlendirmesi nitelikli personel tarafından yapılmalı veya desteklenmelidir. Saha karışım denemeleri sırasında var olan koşulların inşaat sırasında da devam ettiğini doğrulamak için özen gösterilmelidir. Koşullar değişirse (agrega kaynağı, çimento kaynağı, katkıların türü veya dozu, kimyasal katkı vb.), hedeflenen özelliklerin ve performansın elde edilmeye devam etmesini sağlamak için yeni deneme beton karışımı çalışmaları yapılmalıdır (FHWA GEC10).

Gerekli katkı dozu, inşaat sırasında beklenen koşullar (ortam sıcaklığı, teslim süreleri, beton dökme teknikleri, vb.) altında ve işlenebilirliği koruma özelliklerini belirlemek için bir beton numunesinin tutulduğu ve belirli aralıklarla test edildiği saha denemeleri ile belirlenmelidir. Bu çalışma, karışımdan sonra zamana karşı işlenebilirlik kaybının bir grafiğini elde etmek için bir seri işlenebilirlik testini de içermelidir.

Yerleştirme öncesinde veya sırasında katkıların olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için karıştırma süresinin kontrol edilmesi esastır. Laboratuvar ve saha deneme testleri, potansiyel riskleri en aza indirmek için optimum karışım dozajının ve karıştırma süresinin kullanılmasını sağlamaya yardımcı olmalıdır.

Bazı süper akışkanlaştırıcıların etkinliği sıcaklığa bağlıdır ve bu nedenle, işlerin ilerlemesi sırasında beklenen tüm sıcaklık aralığında karışımın kontrol edilmesi önemlidir. Geciktirici katkıların dozajlarını ayarlamadan, sıcaklıktaki yaklaşık 10

°C'lik [18 °F] bir artış, çökme kaybı oranını yaklaşık 2 kat artıracaktır; bu, laboratuvarda 22 °C'de [72 °F], yapılan bir çökme kaybı grafiğinin 32 °C [90 °F] gibi daha yüksek sıcaklıklarda sahada dökülen beton için çok yanıltıcı olacaktır (Tuthill, 1960).

Farklı dozlarda katkılar ve çimento içeriği ve su/çimento oranında küçük ayarlamalar içeren yaz ve kış beton karışımlarının benimsenmesi yaygın bir uygulamadır.

Beton santralinde beton karıştırma prosedürünün türüne özel dikkat gösterilmelidir. Islak karıştırma işleminde, bileşenlerin tümü, karıştırma tesisindeki merkezi bir beton mikserinde karıştırılır ve daha sonra teslimat için beton kamyonlarına aktarılır. Kuru karıştırma işleminde, kuru katı bileşenler beton kamyonuna boşaltılır ve daha sonra beton kamyonunda su eklenir.

Genel olarak, yüksek performanslı betonlar için kuru karıştırma işlemi yerine ıslak karıştırma işlemi tercih edilir. Bununla birlikte, kuru karıştırma işlemi kullanılarak yüksek performanslı beton tedarik etmek mümkündür, ancak özellikle talebin yüksek olduğu dönemlerde, beton kamyonundaki karıştırma süresinin yeterli olması esastır. Gerçek karıştırma süresi ve kamyon yükü başına miktarlarla birlikte ayrıntılı parti kayıtlarının elde edilmesi tavsiye edilir.

Deneme karışımlarının laboratuvar ölçeğinde veya mümkün olan yerlerde tam boyutlu partiler halinde test edilmesi, karıştırma toleransları için bir pay içermelidir. Kabul için önerilen aralıklar da dahil olmak üzere reolojiyi karakterize etmek için geçerli test yöntemleri Bölüm 5'te verilmiştir.

Beton Tedarikçisinin gerekli özellikleri elde etmek için mutabık kalınan karışım tasarımında küçük ayarlamalar yapma kabiliyetine sahip olması gerekiyorsa, bu tür ayarlamaların kapsamı önceden kararlaştırılmalıdır. Böyle bir anlaşmanın olmaması durumunda, kararlaştırılan beton karışım tasarımı, Beton Tedarikçisi tarafından tadil edilmemeli veya değiştirilmemelidir.

5. BÖLÜM / BETONUN BELİRLENMESİ, TEST EDİLMESİ VE BETON ÜRETİMİNİN KALİTE KONTROLÜ

5.1 Taze Beton Belirlemede Yeni Bir Yaklaşım

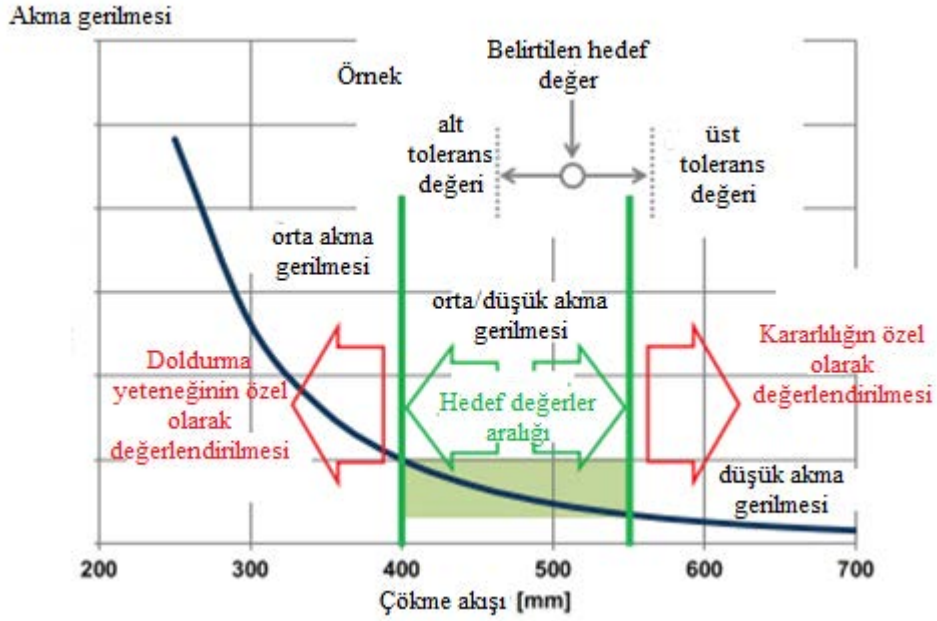
Tremi betonunun reolojik özelliklerinin Bölüm 3'te açıklanan nedenlerden dolayı belirtilmesi önemlidir. Bu özellikler, bir proje boyunca bu özelliklerin korunmasını sağlamak için beton karışımı tasarım geliştirme ve titiz uygunluk denemeleri ve uygun uygunluk ve kabul testleri yoluyla oluşturulmalıdır.

Mevcut standart uygulama, basınç dayanımını, minimum çimento içeriğini, maksimum su/çimento oranını ve çökme veya yayılma tablosu testini belirtmektedir. Bu parametreler, özellikle işlenebilirlik, işlenebilirliğin korunması ve stabilite açısından, tremi beton için gerekli taze özellikleri tam olarak tanımlamak için yetersizdir.

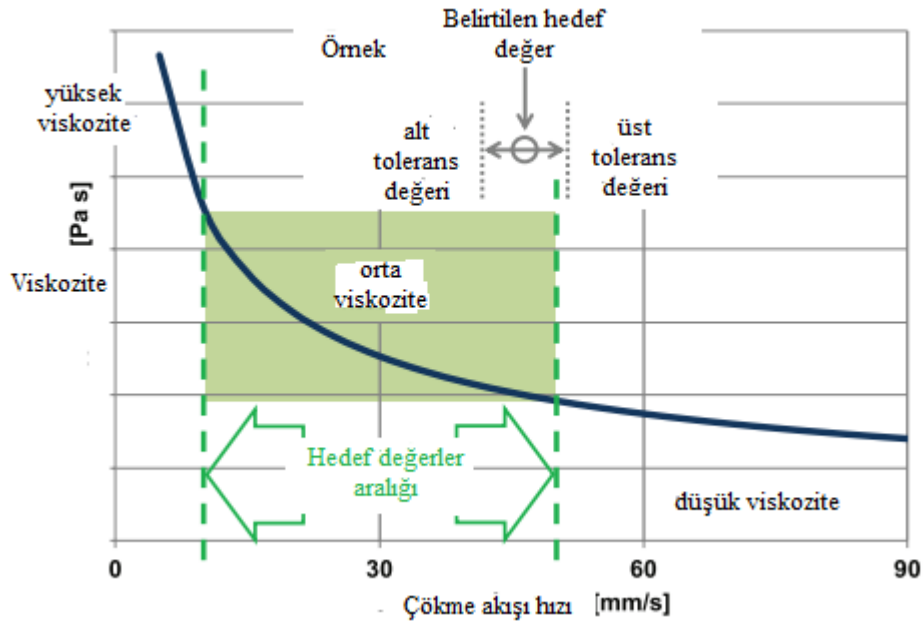
Beton için ek gereksinimler, Bölüm 5.3'te gösterildiği gibi tek hedef değerler, test yöntemleri ve kabul kriterleri açısından Şartname Hazırlayıcısı tarafından belirtilmelidir.

5.2 Taze Betonun Karakterize Etmek İçin Test Yöntemleri

Münih Teknik Üniversitesi ve Missouri Bilim ve Teknoloji Üniversitesi (Kraenkel ve Gehlen, 2018) tarafından yapılan ayrıntılı bir inceleme, betonun işlenebilirliğini karakterize eden temel özelliklerin akma gerilimi ve viskozite olduğunu belirledi. Halihazırda bu özellikleri doğrudan ölçmek için pratik saha testleri olmadığından, dolaylı ölçümler gereklidir. Ek A.1'de açıklanan hem çökme akışı hem de çökme akış hızı testleri, ilgili özelliklerin dolaylı bir ölçümünü vermenin yanı sıra VSI testi kullanılarak bir stabilite göstergesi vermek için kullanılabilir. Şekil 5.1, verim ve çökme akışı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Şekil 5.2, viskozite ve çökme akış hızı arasındaki yaklaşık ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 5.1 Tremi beton için tavsiye edilen gerilim gerilmesi ve önerilen aralık ile ilgili çökme yayılma eğrisi (Bkn: EK A.1.1 ve Şekil 3.3)



Şekil 5.2 Tremi betonu için önerilen orta viskozite aralığını gösteren viskozite ile ilgili çökme yayılma hızı eğrisi (Bkn: EK A.1.2)

Çökme yayılma, çökme akışı hızı ve VSI kombine deneyine (Ek A.1) ek olarak, taze betonu işlenebilirlik, işlenebilirliğin korunması ve stabilite açısından karakterize eden diğer testler Ek A.2 ila A.10'da verilmektedir. Bu diğer testlerin uygunluğu Bölüm 5.3'te verilmiştir.

Çökme testi (Ek A.2) ve akış tablosu testi (Ek A.3), EN 12350-2 ve -5'e göre işlenebilirliği belirlemek için standart testlerdir. Gerçekleştirilen Ar-Ge çalışmasına dayanarak, çökme akış testi, tremi beton için akma gerilimi ile çökme ve akış tablosu testinden daha iyi bir korelasyon vermektedir. Bu Kılavuzda, çökme akışı, akma gerilimini temsil etmek için tercih edilen parametre olarak sunulmuştur.

L-kutusu testi, tremi betonunun geçme kabiliyeti hakkında iyi bir gösterge verebilir, ancak bunun, maksimum kaba agreganın zorunlu sınırlaması tarafından kapsandığı kabul edilir. L-Box'taki çubuklardan geçmeye karşı akış direnci nedeniyle bu test, tremi betonlarının reolojik özellikleriyle doğrudan ilişkilendirilemez ve bu nedenle önerilmez (Kraenkel ve Gehlen, 2018).

5.3 Uygunluk, Uygunluk ve Kabul Testleri

Uygunluk testinin amacı, taze ve sertleşmiş betonun özellikleri için genellikle çelişen gereklilikleri, yani işlenebilirlik, kararlılık, işlenebilirlik tutma süresi ve/veya tiksotropi, mukavemet kazanma oranı ve dayanıklılık gibi, dengeleyen bir beton karışımı bulmaktır. Bir tremi betonunun başarılı performansının bir dizi testle belirlendiğini ve hiçbir tek testin gerekli tüm özellikleri yeterince tanımlayamayacağını bilmek önemlidir.

Uygunluk testi, Beton Tedarikçisinin üretim kontrolünün ayrılmaz bir parçasıdır. Uygunluk değerlendirmesi, taze betonun belirtilen gereklilikleri yerine getirdiği sistematik incelemesidir.

Derin temel çalışmalarının yürütülmesi sırasında, yerinde yapılan testler teslim edilen her yükün kabul edilebilirliğini kanıtlar. Kabul testi, her yükte çökme akışı ve Görsel Stabilite İndeksi kullanılarak yapılmalıdır. Çökme akış hızı, çökme akışı kadar kritik olmadığından haftada en az bir kez kontrol edilmelidir. Uygunluğu göstermek için önerilen diğer testler, örn. stabilite, gerektiğinde kullanılabilir.

Çizelge 5.1, tremi betonu ile kullanıma uygun testleri listeler (ayrıca Ek A'ya bakın).

Çizelge 5.2'de önerilen testler, hedef değer aralıkları ve toleranslar verilmektedir. Ayrıca uygunluk ve uygunluk için her testin önemini ayrıntılarıyla açıklar ve tremi betonu için gereken kabul testi sıklığını verir. Şartname Hazırlayıcısı, Çizelge 5.2'den gerekli özellikleri seçecek ve uygunluk denemeleri sırasında kontrol edilmesi için bu gereksinimleri Beton Tedarikçisine belirtecektir.

Çizelge 5.1 Tremi betonu için uygun testler

	Test	İşlenebilirlik	Tiksotropi	Stabilite
A1.1	Çökme Yayılma	✓	✓ *	-
A1.2	Çökme Yayılma Hızı	✓	-	-
A1.3	VSI	-	-	✓
A2	Çökme	✓	✓ *	
A3	Yayılma Tablası	✓	✓ *	
A4	Modifiye Koni Çıkışı**	✓	-	-
A5	Manuel Vane Kesme**	✓	✓ *	-
A6	İşlenebilirliği Tutma**	✓	-	-
A7	Statik Segregasyon	-	-	✓
A8	Elek Segregasyonu**	-	-	✓
A9	Terleme**	-	-	✓
A10	Filtreleme**	-	-	✓

* Tiksotropi ile ilgili bilgiler Ek A.6'da belirtildiği gibi elde edilebilir.

** Bu testler Avrupa Standartları veya ABD Standartlarına uygun değildir. Bu nedenle, tüm Beton Tedarikçileri belirtilen özelliklere aşına olmayacaktır ve duruma göre Beton Tedarikçisi ile özel anlaşma gerektirebilir. İsteğe bağlı test yöntemleri Ek A'da listelenmiş ve açıklanmıştır.

Çizelge 5.2 Tremi betonunun test edilmesi için öneriler

	Test	Hedef Değer için Önerilen Aralık	Belirtilen Hedef Değer Toleransı	Uygunluk ve Uyum Testi	Kabul Testi Sıklığı**
A1.1	Çökme Yayılma	400 – 550 mm	± 50 mm	Zorunlu	Her Yük
A1.2	Çökme Yayılma Hızı	10 – 50 mm/s	± 5 mm/s	Zorunlu	En az 1/hafta
A1.3	VSI	0	-	Zorunlu	Her yük
A4	Modifiye Koni Çıkışı****	3 – 6 s	± 1 s	Tavsiye edilen	Gereğince
A6	İşlenebilirliği Tutma**	Belirtilecek	- 50 mm	T/Z*	Gereğince
A7	Statik Segregasyon	≤ 10%	+ 2%	T/Z*	Gereğince
A9	Terleme	≤ 0,1 ml/dk	+ 0.02 ml/dk	T/Z*	Gereğince
A10	Bauer Filtreleme****	≤ 22 ml***	+ 3 ml	T/Z*	Gereğince

* Ayrıntılı mühendislik değerlendirmesine dayanmaktadır.

** Test sıklığı, hedef değerler güvenilir ve tutarlı bir şekilde elde edildikten sonra gözden geçirilebilir.

*** Benzer karışımlarla daha önceki deneyimlere dayalı olarak daha yüksek filtrasyon değerleri kabul edilebilir.

**** Ek A.4.2 ve Ek A.10.2'de açıklandığı gibi alternatif testler mevcuttur.

Seçilen hedef değer, derin temel elemanının belirli detaylarının bir mühendislik değerlendirmesinden (Yapı Tasarımcısı ve/veya İnşaatçı tarafından) sonra Belirleyici tarafından belirlenmelidir. En önemli faktörler, dikey ve yatay donatı çubuklarının net aralığı, elemanın hacmi, tahmini dökme süresi ve derinliği içerir. Diğer bazı faktörler Ek F'de verilmiştir. Ayrıntılı değerlendirme sonuçları yüksek işlenebilirlik gerektiriyorsa (örneğin, 550 mm'lik [22 inç] çökme akış hedefi), bu durumda stabilite sorunları olmadığından emin olmak için ek testler gerekebilir. Tersine, düşük bir işlenebilirliğin uygun görüldüğü durumlarda (örneğin, 400 mm'lik [16 inç] çökme akış hedefi) bu durum zamanla doldurma kabiliyetini, yani işlenebilirliği korumayı sağlamak için ek testler gerektirebilir.

5.4 İşlenebilirlik Tutmasının Kontrolü

Şartname Hazırlayıcısı (bkz. Şekil 1.2) belirli özelliklerin tutulması gereken sürenin gerçekçi bir değerlendirmesini yapmalıdır. Özellikle büyük hacimler için (örn. 200 m³'ten [260 cy]) işlenebilirlikteki düşüşün sınırlandırılması tedarik kapasitesinin sınırlı olduğu veya sıkışık bir alan nedeniyle arzın karmaşık olduğu yerlerde önemlidir. Bu değerlendirme aşağıdakilerin dikkate alınmasını içermelidir:

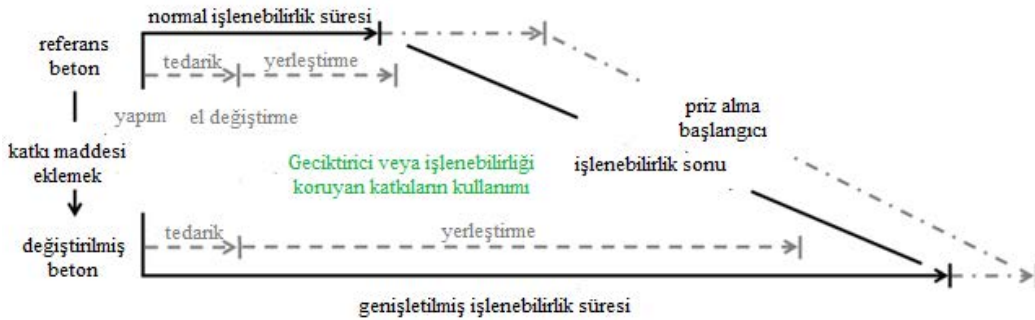
- Kazık/paneli dökmek için gereken süre
- Fabrikadan sahaya nakliye mesafesi/süresi
- Beton santrali kapasitesi ve malzeme kontrolü
- Onaylı yedek tesislerinin mevcudiyeti
- Beton kamyonu kapasitesi ve kamyon sayısı
- Şantiye erişiminin kalitesi
- İklim koşulları, özellikle sıcaklık
- Zamanla gerçek işlenebilirlik kaybı, bkz. Çizelge 5.1 ve 5.2 ve Ek A.6

Yukarıdaki faktörlerin ayrıntılı olarak değerlendirilmesi, Şekil 5.3'te gösterildiği gibi geciktirici veya işlenebilirliği koruyan katkıları kullanarak işlenebilirlik korumasını (veya bazen işlenebilirlik ömrü veya açık ömür olarak da anılan akış/çökme tutmasını) uzatma gerekliliğiyle sonuçlanacaktır.

Önerilen işlenebilirlik koruması, tüm beton dökümünün sonunda gereken minimum işlenebilirlik olarak belirtilebilir. Tüm dökümünün sonunda minimum işlenebilirliğin hala gerekli olup olmadığını belirlemek için akış tipi ve tremi çekme hızı dikkate alınarak ayrıntılı bir değerlendirme yapılmalıdır.

Not: Bu tür durumlar için ayrıntılı öneriler şu anda yapılamamaktadır, ancak genişletilmiş sayısal çalışmalar öneriler için yeterli kanıt sağladığında, bu kılavuzun gelecekteki sürümlerinde ele alınabilecektir.

Standartların, taze betondan numune alma ve işlenebilirliği tutma değerlendirmesi konusunda tutarlı bir rehberlik sağlamak için şu anda güncellendiğine dikkat edilmelidir. Mevcut taslak rehberliği Ek A'da verilmektedir.



Şekil 5.3 İşlenebilirlik süresinin uzatılması

5.5 Beton Üretim Sürecinde Kalite Kontrolü

Beton Tedarikçileri, belirtilen sözleşme gerekliliklerine (Avrupa'da EN 206 ve ilgili Ulusal Ek) uygun olarak çalışmalıdır. Ürün uygunluk sertifikasına sahip tedarikçi bulmanın zor olabileceği uzak bölgeler olsa da, Beton Tedarikçisi mümkün olan her yerde aşağıdaki minimum gereklilikleri içeren ürün uygunluk sertifikasına sahip olmalıdır:

- Onaylanmış bir kalite yönetim sistemi

- Yapılan testler için akredite edilmiş bir laboratuvar tarafından yapılan veya kalibre edilen ürün testi
- Üreticinin uygunluk beyanlarının geçerliliğinin bir belgelendirme akreditasyon kuruluşu tarafından kontrol edilmesini içeren gözetim

Not 1: Uygunluk kontrolü, örneğin; EN 206.

Not 2: Akredite bir kuruluş tarafından üretim kontrolünün değerlendirilmesi, gözetimi ve belgelendirilmesine ilişkin hükümler, ilgili standartlarda belirtildiği gibi olmalıdır; EN 206.

Üretim süreci, harmanlanmış betonun kıvamında kilit bir rol oynar ve bu nedenle tremi betonun performansı için çok önemlidir. Beton siparişi vermeden önce Tedarikçinin tasarım, üretim ve kalite kontrol sürecini bilmek iyi bir uygulamadır. Beton Tedarikçisi, beton üretim tesisinin durumunu ihale anında ve sipariş tarihi ile tedarikin tamamlanması arasındaki süre içinde herhangi bir durum değişikliği olursa derhal Şartname Sahibine bildirmelidir.

Gerekli düzeyde ürün uygunluk sertifikasına sahip Beton Tedarikçilerinin bulunmadığı bölgelerde, daha düşük kalite güvence düzeyine sahip bir Tedarikçi kullanmak mümkün olabilir. Bu durumda, tedarik edilen betonun doğru kalitesini ve tutarlılığını (yani üniformluğu) sağlamak müşterinin sorumluluğunda olabilir. Asgari olarak, uygun şekilde deneyimli personel aşağıdaki öğeleri kontrol etmelidir (veya değerlendirmelidir):

- Doğru beton karışım oranlarını sağlamak için ağırlık sensörlerinin kalibrasyonu.
- Agregaların serbest nem içeriği.

Not: Tremi betonu genellikle normal betonlardan daha yüksek oranda küçük agrega içerir ve sonuç olarak varsayılan serbest su içeriği çok düşük olabilir (Harrison, 2017).

- Su vb. ilavesi için kullanılan akış ölçerlerin kalibrasyonu.

Not: Orta düzey İşlenebilirlik aralıkları için torkmetreler kullanılabilir.

- Katkıların ölçüm yöntemi.
- Hem ince agregadaki nem içeriğini ölçmek için kullanılan otomatik nem problemlerinin hem de stok yığınlarındaki nem içeriğini ölçmek için kullanılan el tipi cihazların kalibrasyonu.

Sürekli olarak uygun kalitede tremi betonu sağlamak için aşağıdakiler iyi uygulama olarak kabul edilir. İlgili gereklilikler, proje şartnamelerine dahil edilmeli ve uygunluğun gösterilmesi için kayıtları içermelidir:

- Agregaların nem içeriği, kullanılan malzemenin hacmine, hava koşullarına, depolama koşullarına, beton karışımının hassasiyetine vb. bağlı olarak düzenli olarak ölçülmelidir. İnce agreganın nem içeriğinin kaba agregadan daha geniş değişebileceğine dikkat edilmelidir. Nem içeriğini kaba agreganın günlük gözlemine göre ayarlamak yaygın bir uygulamadır. İnce agreganın nem içeriği daha geniş ölçüde değişir ve minimum olarak her yük için kontrol edilmelidir. Bununla birlikte, modern karıştırma tesislerinde normalde beton mikserine boşaltma noktasında ince agreganın nem içeriğini ölçen probalar bulunur ve su talebini buna göre ayarlar. Büyük projeler için yerinde ölçüm yapan nem problemleri belirtilmelidir.

Not 1: Yakın zamanda karıştırılmamış bir agrega deposunun yüzey malzemesindeki nem içeriğinin izlenmesi, silodaki malzemenin çoğunluğunu temsil etmeyebilir.

Not 2: İnce ve kaba agregalar için yüzey nem içerikleri ve absorpsiyon değerleri, temsili numunelerin fırında kurutulmasıyla düzenli olarak doğrulanmalıdır.

Not 3: Tutarlı bir sıcaklık ve nem içeriği, karıştırmadan önce agreganın en az 24 saat şartlandırılmasını gerektirerek elde edilebilir.

- Taze betondaki gerçek su içeriğinin kontrolü düzenli olarak yapılmalıdır.

Not: Beton, eklenen bileşenin hacmini ve beton karıştırıcının torkunu dengeleyen otomatik kontroller kullanılarak sıklıkla harmanlanır. İşlenebilirliği yüksek olan tremi betonlar için bu ölçümler yeterince doğru olmayabilir ve gerçek su içeriğinin ölçülmesi tercih edilir.

- Geri dönüştürülmüş su da dahil olmak üzere karışım suyu, ilgili standartlarla uyumluluğu sağlamak için ince madde içeriği ve kimyasal bileşimi açısından haftalık olarak kontrol edilmelidir, örn. ABD standardı ASTM C1602 veya EN 1008.

Not 1: Geri dönüştürülen suyun varyasyonu, işlenebilirlik üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir ve bu nedenle gerekli işlenebilirliğin elde edilmesini sağlamak için ek katkıları gerektirebilir. Geri dönüştürülmüş su kullanılıyorsa, işlenebilirlik koruması yeniden test edilmelidir.

Not 2: Bazı Yüklenciler, muhtemelen farklı ince tane içerikleri ve/veya değişen süper akışkanlaştırıcı kalıntıları nedeniyle geri dönüştürülmüş suyu kabul etmekte isteksizdir.

- Temsili numunelerin ince ve iri agrega gradasyonu haftalık olarak veya besleme kaynağı her değiştirildiğinde kontrol edilmelidir.
- Beton mikseri günde en az bir kez iyice temizlenmelidir.
- Kantar kayıtlarının elektronik kopyaları, her bir beton kamyonu için doğrudan yazdırılmalıdır.

Not: Kullanıcının ihtiyaç duyduğu tüm bilgiler sevk irsaliyesinde yer alır ve ürün uygunluk belgelendirmesi için bir gereklilik olduğundan, belgelendirme kuruluşu rutin uygulamalarının bir parçası olarak seri kayıtlarının spesifikasyonla uyumlu olup olmadığını anında kontrol eder (bkz. karışım kayıtlarının yorumlanması).

- Beton transmikserleri doldurulmadan önce artık beton veya su boşaltılmalıdır.

Not: Geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımına izin vermek veya yasaklamak Şartname Hazırlayıcısı sorumluluğundadır. Beton Tedarikçisinin herhangi bir atık azaltma sistemini onay için beyan etmesi istenmelidir. Geri dönüştürülmüş suyun kullanımı ve kontrolü, beton mikserine verilen toz toplama veya geri kazanılmış agrega, içeriği ve beton üzerindeki etkisini kontrol etmek için tanımlanmalı ve ölçülmelidir.

6. BÖLÜM / UYGULAMA

6.1 Genel

Bu Bölüm, derin temelerde (fore kazıklar, diyafram duvarlar ve baretler) tremi tekniği ile beton dökmek için kullanılan teknikleri ve yöntemleri gözden geçirmektedir.

Avrupa, Amerika ve Uluslararası Standartlar ve Uygulama Kuralları değişiklik gösterir. Bu nedenle Kılavuz, neyin iyi uygulama olarak kabul edildiğine dair tavsiyelerde bulunur.

Bu bölüm, betonun genellikle belirli bir yükseklikten serbestçe düşmesine izin verilen “kuru” dökme koşullarını kapsamaz. EN 1536 ve ICE SPERW, yerleştirmeden hemen önce yapılan bir kontrol ile tabanda su bulunmadığı kanıtlarsa kuru koşullarda beton dökülmesine izin verilebileceğini işaret etmektedir. ABD Ulaştırma Bakanlığı FHWA GEC10, “kuruluğu, deliğin tabanında 75 mm'den [3 inç] daha az su ve 5 dakikada 25 mm'den [1 inç] fazla olmayan bir akış olarak tanımlar. Daha fazla su girişi olması durumunda, pozitif basınç oluşturmak üzere kazının harici bir kaynaktan su ile doldurulması ve ardından beton dökmek için tremi tekniğinin kullanılması önerilir. Betonun aşırı su girişi olan bir kazıya yerleştirilmesi, gelen suyun taze betona karışması riskini beraberinde getirir.

6.2 Betonlamadan Önce

Kazı tabanının, tremiden gelen betonun ilk dokunuşu ile hareket edebilen ve arayüz tabakasında birikebilen gevşek malzemedan makul ölçüde arındırılmış olması esastır. Tüm kalıntıları tabandan çıkarmak mümkün olmayabilir. Az miktarda birikinti normal olarak kabul edilebilir.

Büyük ölçüde uç taşıma kapasitesine dayanan yük taşıma elemanları gibi taban temizliğine yüksek oranda güven duyulan durumlarda, kazık veya panel tabanındaki birikintilerin minimumda tutulması önemlidir. Tabanı temizlemek için harcanan ek sürenin faydaları, bunun neden olabileceği olumsuz etkilere karşı dengelenmelidir (örneğin artan filtre keki oluşumu).

Uygun taban temizliği seviyeleri, proje tasarım aşamasında tartışılmalı ve kararlaştırılmalı ve sahada buna göre doğrulanmalıdır. Temel temizliğini kontrol

etmek için bir dizi yöntem mevcuttur ve bazı örnekler FHWA GEC10 ve ICE SPERW'de verilmiştir.

Kazı ataşmanın geometrisinin tabanın şeklini belirleyeceği unutulmamalıdır. Kepçe (grab) ve kesicilerle (cutter) tabanda kavisli bir profil oluşturulabilir. Bu gibi durumlarda, herhangi bir temel temizlik kontrolünün yapıldığı yerin dikkatlice değerlendirilmesi ve kaydedilmesi esastır. Şekil 6.1, bir hidrofrez kesici (cutter) kullanarak sert malzemeyi kesmenin özel durumunu göstermektedir; burada taban, merkezi çıkıntılara sahip büyük panellerdeki aşırı kesim bölgesi dahil olmak üzere yalnızca kesme çarklarının şeklini oluşturabilir.

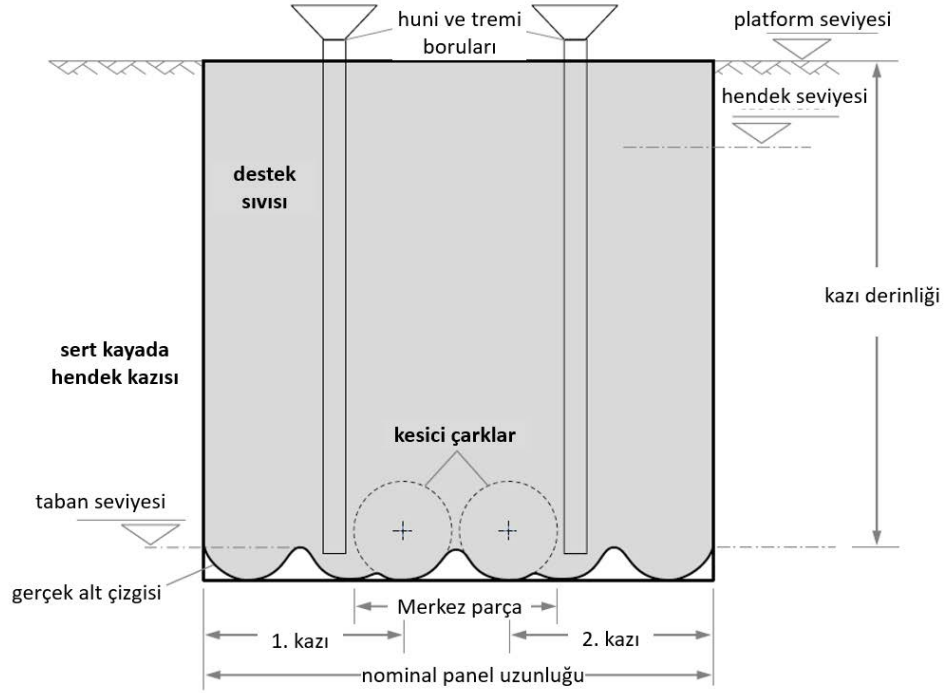
Kazı tabanı bir temizleme kovası, dalgıç pompa, hava kaldırma (airlift) veya kanıtlanmış başka bir sistem kullanılarak temizlenir. Diyafram duvarların tabanları normalde bir ekipman veya kanıtlanmış başka bir sistem kullanılarak temizlenir.

EFFC/DFI Destek Sıvısı Kılavuzu, destek sıvısı özelliklerini kontrol ederek filtre keki kalınlığını kontrol etmeye yönelik seçenekleri ve sınırlamaları vermektedir.

Destek sıvısı, donatı kafesi yerleştirilmeden ve beton dökülmeden önce Destek Sıvısı Kılavuzunda belirtilen özelliklere uygun olmalıdır.

Donatı kafesinin yerleştirilmesinden (ve dökümün başlamasından) önce, gerçek koşulların tasarım ve spesifikasyonlara uygun olduğu teyit edilmelidir, örn. kazı derinliği, nominal beton örtüsü (pas payı) ve donatı kafesi. Paspayı, kafesin kazıda doğru konumlandırılmasını sağlamalı ve sahaya özgü koşullara göre tasarlanmalıdır.

Çoklu bölmeli diyafram duvar panellerinde, eğimli sert kaya üzerine kurulan çoklu bölmeli paneller gibi özel durumlar dışında, her bölmenin alt seviyesi 0,5 m [2 ft] dahilinde aynı olmalıdır. Panelin basamaklandırıldığı yerde yerleştirme işlemi bunu dikkate alınmalıdır.



Şekil 6.1 Kazı alet geometrisini yansıtan taban profili, kesici (cutter) ile örnek

Hafriyatın son temizliği ile beton dökümünün başlaması arasında geçen süre mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Stop-endler veya donatı kafesleri gibi elemanların yerleştirileceği yerlerde, yerleştirmeden önce temizlik yapılmalıdır. Temizlik prosedürü ve işlemler arasındaki süre ilk panellerde belirlenmelidir. Gecikme olursa, destek sıvısının kalitesi yeniden kontrol edilmeli ve gerekirse ilave temizlik yapılmalıdır.

Destek sıvısından çöken moloz ve parçacıklar, normalde EFFC/DFI Destek Sıvısı Kılavuzunda daha ayrıntılı olarak ele alınan arayüz tabakasındaki yükselen beton yüzeyinin üzerine taşınacaktır. Beton, kesme seviyesinin üzerindeki sağlam betonun daha sonra kırılmasına izin vermek için teorik seviyenin üzerine aşırı dökülür, bu şekilde kesme seviyesinde sağlam beton kalacaktır.

6.3 Tremi Ekipmanları

Ağırlık tipi tremi borularının minimum iç çapı 150 mm [6 inç] veya maksimum agrega boyutunun (hangisi daha büyükse) altı katı olmalıdır (EN 1536). Genellikle 250 mm [10 inç] çap kullanılır. Basınçlı tremi sistemleri (pompa hatları) 150 mm'den [6 inç] küçük olabilir.

Alüminyum beton ile reaksiyona girdiği için tremi boruları çelikten yapılmalıdır.

Segment boruları, tamamen su geçirmez bir yapısal bağlantı ile bağlanmalıdır. Tipik bölümlerin uzunluğu 1 m ila 5 m [3 ft ila 15 ft] arasındadır. Daha uzun bölümler genellikle tercih edilir, çünkü bu daha az ek yerine yol açar, ancak çeşitli uzunlukların sırası belirli koşullara göre (örneğin, kazı derinliği, besleme hunisi yüksekliği, ilk boru çıkarmada gömme ve son yükler için hidrostatik basınç seviyesinde) dikkate alınmalıdır. Genel olarak borular, her kullanıldıklarında her bağlantı noktasından ayrılmalı ve uygun temizliği sağlamak için bir tremi sehpasında saklanmalıdır. Tremi taşıma sırasında başarısız olan bağlantı örnekleri olmuştur, bu nedenle sahada görsel kontrol şiddetle tavsiye edilir.

- Sert tremi boruları (ek yeri olmayan), tremi taşımanın izin verdiği sığ kazılarda kullanılabilir.
- Hazne, mümkün olduğu kadar büyük bir hacme sahip olmalıdır. Doldurma oranı, tremi borusunun ilk gömülmesi sırasında tremi sürekli bir beton beslemesine izin vermelidir.
- Beton akışına karşı sürtünme direncinin en aza indirilmesi için borular pürüzsüz, temiz ve düz olmalıdır.

6.4 Tremi Aralığı

Kazıklar normalde daireseldir ve genellikle deliğin içine merkezi olarak yerleştirilmiş tek bir tremi borusu yeterlidir.

Diyafram duvarlar için şartnameler, yatay akış mesafesi için 1,8 m ila 2,5 m, [6 ft ila 8 ft] ve maksimum 3 m [10 ft] olmak üzere çeşitli sınırlar belirtir (ICE SPERW, EN 1538, Z17). Mesafenin 2 m [7 ft] ile sınırlandırılması önerilir. 3 m'ye [10 ft] kadar daha uzun hareket mesafeleri, betonun işlenebilirliğinin yeterli olduğu kanıtlanırsa, donatı çubuklarının net aralığı ve minimum değerlerin üzerinde beton kaplama ile birlikte kabul edilebilir. Tam ölçekli denemeler veya sayısal simülasyonlar (özellikle karşılaştırmalı çalışmalarla) izin verilen değerlerin bulunmasına yardımcı olabilir, bkz. Bölüm 7 ve 9.

Beton seviyesinde örn. tek bir tremi borusu için merkezi ve 2 tremi borusu ile her bir uçtan panel uzunluğunun yaklaşık 1/4'ü kadar olmalıdır.

6.5 İlk Beton Yerleştirme

İlk yerleştirilen betonun destek sıvısından ayrılması gerektiğinden, beton yerleştirme işleminin başlatılması tüm yerleştirme sürecindeki en kritik adımlardan biridir.

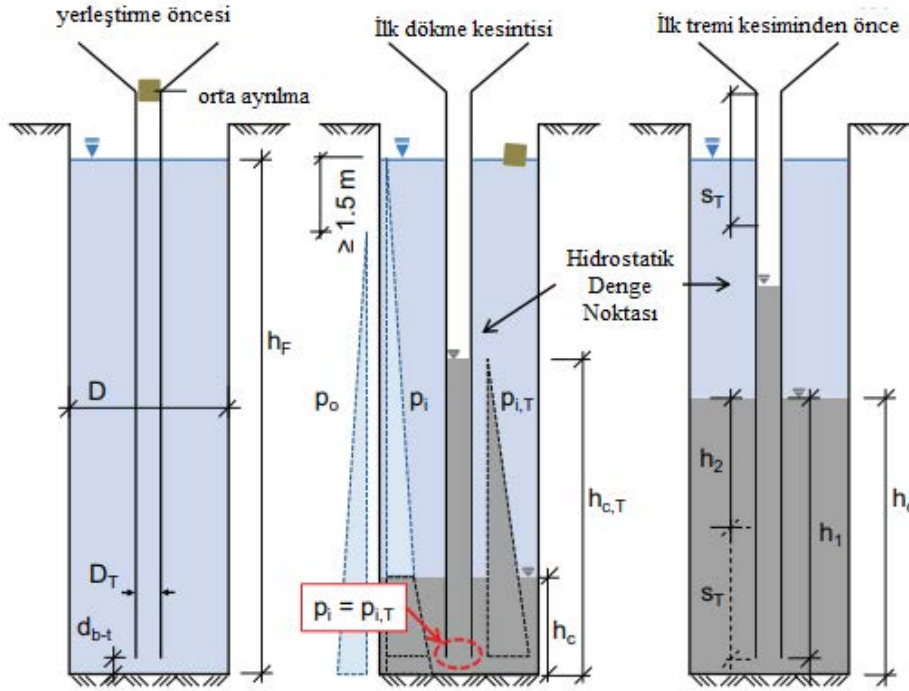
Hem ıslak hem de kuru ilk beton dökme yöntemleri çeşitli standartlarda, kılavuzlarda ve yayınlanmış teknik belgelerde (örn. FHWA GEC10) açıklanmıştır.

Kuru ilk yerleştirme (genellikle "kuru dökme" ile karıştırılır) yönteminde, tremi borusunun ucu kapatılır ve beton ancak tremi borusundan dışarı aktıktan sonra destek sıvısı ile temas eder. Tremi borusunun tabanına, hafriyat tabanına indirilirken sıvının borunun dışında tutulmasını sağlayan sızdırmazlık halkalı çelik veya kontrplak bir plaka yerleştirilir. Beton daha sonra doğrudan kuru tremi borusuna boşaltılır ve betonun kazıya akmasına izin vermek için boru 0,1 m ila 0,2 m [4 ila 8 inç] kadar kaldırılır. Daha derin dökümler için, sıvının parçalı bağlantılardan tremi borusuna girmesini önlemek ve/veya tremi borusunun yüzmesini önlemek zor olabilir.

Islak ilk yerleştirme yönteminde, tremi borusu sıvıyla dolu olduğundan bir ayırma ortamı kullanılmalıdır. Bu tür "tıkaçlara" örnek olarak vermikülit granülleri (muhtemelen bir çuval içinde paketlenmiş), şişirilebilir lastik toplar, süngerler ve köpük toplar ve silindirler verilebilir. Hazne doldurulduğunda ve plaka daha sonra bir vinç kullanılarak kaldırıldığında, bazen ek olarak haznenin tabanında bir çelik plaka kullanılır. Tapa, betonun ilk dökümü tremide segregasyona neden olacak şekilde akışkanla karışmasını önlemelidir. Beton dökmeye başlamak için, tremi borusu kazının dibine indirilmeli ve ardından beton akışını başlatmak ve tapanın tremi tabanından çıkmasına izin vermek için kısa bir mesafe (tremi borusunun çapından daha büyük olmayacak şekilde) kaldırılmalıdır. ICE SPERW, kayan vermikülat tıpasının tremi çapının iki katı uzunluğa sahip olması gerektiğini ve tremi tabandan 0,2 m [8 inç]ten fazla kaldırılmaması gerektiğini belirtir. Pratik nedenlerle, ıslak başlangıç yerleştirme yöntemi tercih edilen yöntemdir.

Şekil 6.2, döküm öncesi ve sırasındaki basınç koşullarını gösterir ve ilk kesimden önce tremi borusunun yeterince gömülmesi gerektiğini vurgular. Bununla birlikte, beton akışının dinamik yönlerinden dolayı, özellikle ilk dökümden sonraki kesintide, tremi borusundaki gerçek beton seviyesi, Şekil 6.2'de gösterildiği gibi hidrostatik denge noktasından daha düşük olabilir.

Gerekli beton seviyesi, her bir saha koşulu için değerlendirilmelidir, ancak çoğu durumda, tremi ilk yarılmadan önce minimum 5 m [15 ft] (EN 1536'ya göre 6 m [18 ft]) gereklidir. Minimum yüksekliği dolduracak miktar olarak tanımlanan yeterli miktarda betonun, döküme başlamadan önce şantiyede mevcut olması esastır.



Şekil 6.2 Tremi döküm sırasındaki aşamalar

Burada;

h_F : Kazıda sıvı seviyesi

D_T : Tremi boru çapı

D : Kazı boyutu (çap veya kalınlık)

d_{b-t} : Kazı tabanından tremi boru çıkışına olan mesafe

h_c : Kazıda beton seviyesi

$h_{c,T}$: Tremi borusundaki beton seviyesi (= hidrostatik denge noktası)

h_1/h_2 : (1) öncesi / (2) tremi borusu kesiminden sonra tremi borusunun gömülmesi

s_T : Kesilecek tremi boru kesitinin kesit uzunluğu: $h_2 > 3$ m [10ft]

p_o/p_i : Hafriyatın dışında (o) / içinde (i) hidrostatik basınç

$p_{i,T}$: Tremi borusu içindeki hidrostatik basınç

6.6 Tremi Yerleştirme

Treminin, dökülmekte olan betona minimum boyda girmesi gereklidir. Avrupa standartları (EN 1536, EN 1538), daha büyük kazılar için daha yüksek değerler olacak şekilde treminin 1,5 m ila 3 m [5 ft ila 10 ft] arasında betona girmesi gerektiğini belirtir. Genel olarak, uygulamada treminin en az 3 m [10 ft] beton içinde gömülü olması kabul edilir.

Tremi beton dökümü sırasında geçici kılıf borusu kullanılıyorsa, minimum tremi gömme boyunun sağlanması açısından geçici muhafaza bölümlerinin çekilmesi düşünülmelidir. Geçici muhafaza bölümlerinin çekilmesi, beton boşalan halkayı doldurduğu için beton seviyesinin düşmesine neden olacaktır. Geçici muhafaza borusunun çıkarılması sırasında beton seviyesi düştüğü için bir bölümünü çıkarmadan önce tremi gömme derinliği gerekli minimum gömmeyi sağlamak için yeterli olmalıdır.

İki veya daha fazla tremi borusu kullanıldığında (bkz. Bölüm 6.4), tremi tabanları aynı seviyede tutulmalıdır (özel başlangıç önlemleri gerektiren kaidenin basamaklı olduğu yerler hariç).

Tremi borusu içinde betonun akmasını sağlamak için beton ağırlığının aşağıdaki dirençlerin üzerinde olması gerekir,

- Tremi borusunun tabanı dışındaki direnç (hidrostatik sıvı basıncı)
- Dökülen betonun direnci
- Beton ile tremi borusunun iç yüzü arasındaki sürtünme

Bazı yazarlar, tremi içindeki yerçekimi kuvvetinin akışa karşı dirençle dengede olduğu "hidrostatik denge noktasına" atıfta bulunur (bkz. Şekil 6.2). Hidrostatik denge noktasının üzerine eklenen herhangi bir beton, betonun akmasına neden olur ve dökme hızı ne kadar yüksek olursa, tremi çıkışından akış o kadar hızlı olur.

Treminin beton içinde fazla gömülmesinden kaçınmak için güçlü teknik gerekçeler var. Treminin beton içinde fazla gömülmesi, daha düşük basınca, enerji kaynağı kaybına ve daha yavaş beton akışına yol açar. Minimum 3 m [10 ft] ila maksimum 8 m [25 ft] arasında gömme önerilir. Dökümün sonunda, yani platform seviyesine yakın yerlerde, minimum tremi gömülmesinin 2 m'ye [7 ft] düşürülmesi kabul edilebilir.

Küçük çaplı fore kazıklar için, tek bir beton kamyonunun yükü tamamen boşaltılmadan önce tremiyi sökme ihtiyacını ortadan kaldırmak için maksimum gömmenin artırılması gerekebilir.

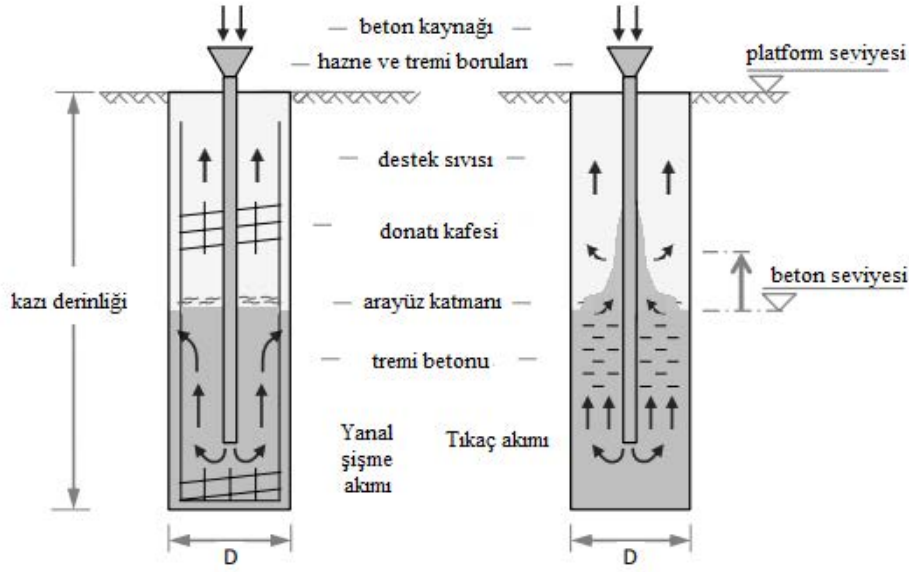
Her beton mikseri döküldükten sonra, genellikle ucunda ağırlık olan bir şerit metre kullanılarak beton derinliğinin ölçülmesi zorunludur. Bir panelde iki (veya daha fazla) tremi borusunun kullanıldığı durumlarda, beton seviyelerindeki farkı en aza indirmek ve her iki tremi borusuna aynı anda beton dökmek önemlidir.

Beton, kabarmaya gerek kalmadan (treminin hızlı bir şekilde yükseltilmesi ve indirilmesi) tremiden serbestçe akmalıdır. Akışı sürdürmek için tremiyi yükseltme ihtiyacı genellikle işlenebilirlik kaybının bir göstergesidir. Bu, beton akış modelini etkileyebilir ve destek sıvısı ile kirlenmiş malzemenin betonun üzerine karışması ve zemin sıkışmasına yol açması riskine neden olabilir.

Kazara beton seviyesinin üzerine çıkarıldıktan sonra veya beton dökümünün kesintiye uğraması durumunda tremi borusunun yeniden gömülmesi için uygun bir metodoloji, sunumlarda detaylandırılmalı ve/veya işlerin yürütülmesine başlamadan önce üzerinde anlaşmaya varılmalıdır. (ayrıca bkz. EN 1536, Madde 8.4.8).

6.7 Beton Akış Mekanizmaları

Saha denemelerinden elde edilen sonuçlar (Böhle ve Pulsfort, 2014) ve sayısal modelleme simülasyonları (bkz. Bölüm 9), iki temel akış türü olduğunu doğrulamıştır: "şişkin" ve "tıkaç". Bunlar şematik olarak Şekil 6.3'te gösterilmiştir.



Şekil 6.3 Şişkin ve tıkaç akışının şeması

Sınırlı miktarda saha testi verisine ve sayısal modelleme simülasyonlarına dayanarak, derin tremi dökümlerinde en yaygın akış tipinin şişkin akış olduğuna inanılmaktadır. Taze betonun, tremi borusu çıkışından çıkıp yukarı doğru döndükten sonra, kazının kapalı bir merkez alanında, akışa karşı en az dirençli yolu (tremi borusu etrafında) izleyerek belirgin bir mesafe için laminer bir akış oluşturduğu ve sonra betonun üst kısmında dışa doğru yayılmak için daha eski beton yukarı ve yanlara doğru yer değiştirir ve daha sonra, akışa karşı nispeten yüksek direncin hakim olduğu kazının dış çevresi içinde "sönümlenir". Sonuç olarak, şişkin akış, özellikle bir donatı kafesinin dikey akışa büyük bir engel teşkil ettiği yapısal derin temellerde yaygındır. Pürüzlü bir kazı yüzü de beton akışına direnecek ve şişkin akışa katkıda bulunacaktır.

Tıkaç akışı, kazının içindeki (veya kafes kuyusunun içindeki) beton kolonun altından taze tremi betonunun "pompalanmasıyla" ve hareketlenen sıvı basıncıyla yukarı doğru yükselmesi şeklinde gerçekleşir. Taze betonun destek sıvısına karışmadığı varsayılmıştır. Aşırı bir tıkaç akışı durumu, tıkaç betonun kesilmediğini, yani dahili olarak hareketsiz olduğunu ve tiksotropik etkilere eğilimli olduğunu gösterir. Dış kısımda çok düşük bir sürtünmenin yaygın olduğu durumlarda (ör. kafesin olmaması ve pürüzsüz bir kazı yüzeyi) veya geniş bir kazının iç kısmı için tıkaç akışı daha olası kabul edilir.

Gerçekte hangi akış tipinin (veya tip kombinasyonunun) meydana geldiğini belirleyen birbirine bağlı çok sayıda faktör vardır. Tek bir derin temel elemanındaki akış betonun

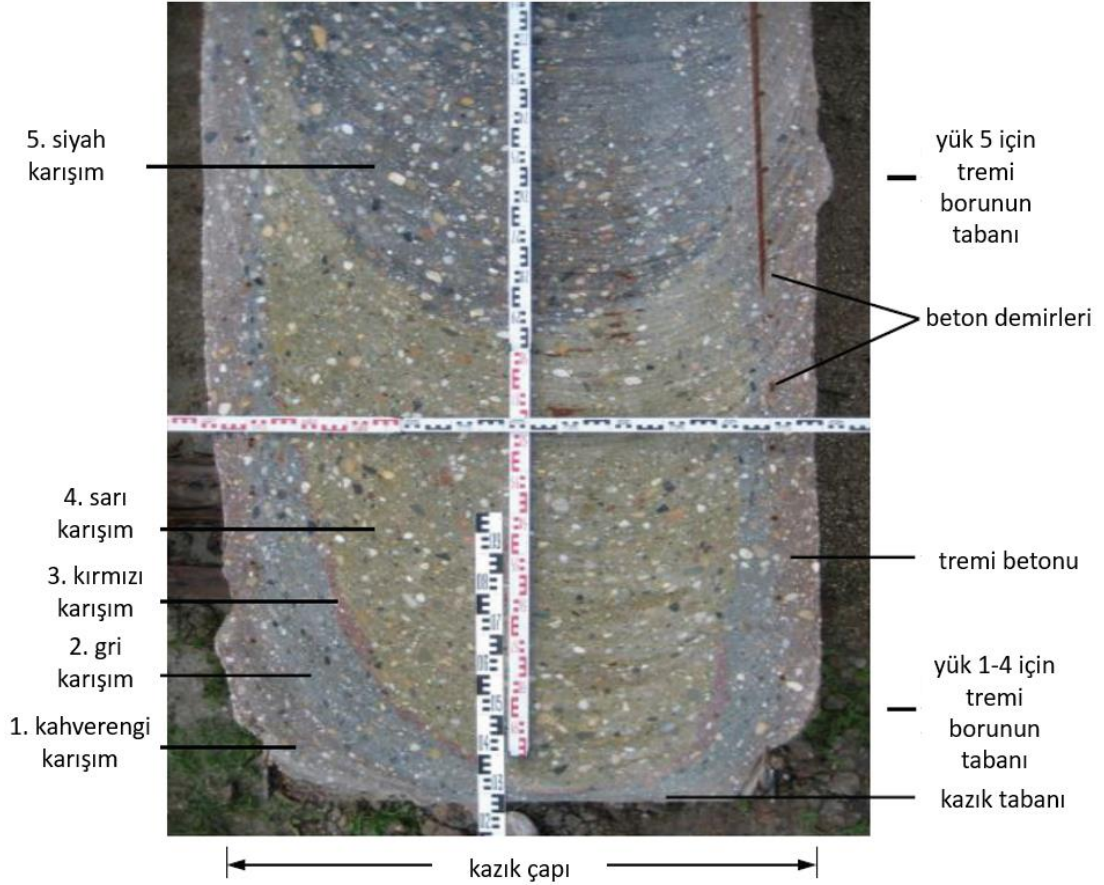
zamana bağlı reolojisi, lokal kafes tıkanıklıkları veya etkili hidrostatik koşullardaki değişiklikler nedeniyle etkilenebilir. Bu karmaşık etkileşimleri daha iyi anlamak ve en hassas parametreleri izole etmek için sayısal modelleme kullanılabilir (bkz. Bölüm 9).

Beton akış patenleri sahada zaman zaman araştırılmıştır ancak hala tam olarak anlaşılmamıştır. Akışkanlar dinamiği programları veya simülasyonları kullanılarak tremi borusundan beton akış modellerinin arayüz katmanı da dahil olmak üzere sayısal olarak modellendiği daha fazla araştırma devam etmektedir (Böhle ve Pulsfort, 2014).

şekil 6.4, belirli koşullar altında akış modelini araştırmak için boyalı beton kullanılarak dökülmüş olan bir fore kazığın kesilmiş boylamasına enine kesitini göstermektedir. Görünür akış paterni, dışarıda (özellikle örtü bölgesinde) daha önce dökülen betonu ve merkezde daha sonra dökülen betonu gösterir. Sarı ve siyah boyalı beton yığınları, tremi borusu kesilmeden önce ve kesildikten sonra iki farklı çıkış seviyesinden dökülmüştür.

Akış mekanizmasının, tremi borusunun belirli adımlarda kaldırıldığı ve eski betonu yukarıya ve yanlara doğru kaydırıldığı, şişkin akış mekanizmasının bir göstergesi olarak çok aşamalı bir dökme işlemi için sistematik mekanizma olduğu anlaşılmaktadır.

Not: 3. partiden kırmızıya boyanmış beton, 2. (gri) ve 4. (sarı) parti arasında sadece ince bir tabaka olarak görülebilir. Bu, akış modelinde bir değişikliği gösterebilir, örn. reolojideki ayırt edici bir değişiklikle veya sınır koşullarının zorlamasıyla (kazı içinde).



Şekil 6.4 Farklı şekilde boyanmış beton karışımlarının fore kazık kesiti içindeki görünümü (Böhle ve Pulsport,2014, şişmeli akışı gösteriyor)

Beton akış modelini etkileyen baskın reolojik özellik, akma gerilimidir (çökme akışı ile gösterilir). Viskozite (çökme akış hızı ile gösterilir), bir döküm için gereken toplam süre (betonun daha yavaş akışı) üzerinde bir etkiye sahip olabilir ve mümkün olan her yerde azaltılması gereken işlenebilirliğin korunması talebini etkileyebilir. Viskozite aynı zamanda donatı kafesindeki (yatay) betonun aralıklardan akma direncini de doğrudan etkiler.

Akma gerilimi ve viskozitenin zamanla arttığı durumlarda, örneğin dökümün sonuna doğru tremi gömme derinliğini azaltmak gibi uygulama tekniklerini dökme sırasında uyarlamak gerekebilir.

6.8 Donatı ve Diğer Engeller Etrafında Akış

Bölüm 2'de belirtildiği gibi, beton akışına yönelik herhangi bir kısıtlama için Yapısal Tasarımcı tarafından özel bir değerlendirme yapılmalıdır. Herhangi bir engel, akışa

karşı bir dirençtir ve kullanılan betonun düzgün bir şekilde akmasını ve bir donatı çubuğunu kapsama potansiyelini azaltacaktır. Gerçek akış, direnç noktasındaki enerjinin bir fonksiyonu olduğundan, tremi borusu çıkışından daha uzun mesafelerde ve beton kafa basıncının daha düşük olduğu daha yüksek seviyelerde tıkanıklık daha kritiktir.

Donatı kafesinin detaylandırılması şartnamelere uygun olmalıdır (bkz. Ek E). Ek olarak, detaylandırmadaki değişikliklere duyarlılığı değerlendirmek ve en az olumsuz konfigürasyonları belirlemek için sayısal modelleme kullanılabilir.

Paspayları ve diğer gömülü öğeler, beton akışını kolaylaştıracak şekilde projelendirilmelidir.

6.9 Betonlama Kayıtları

Her tremi konumundaki beton seviyesinin derinliği ve kaydedilen tremi borusunun gömülü uzunluğu, her beton mikserinin boşaltılmasından sonra ölçülmeli ve kaydedilmelidir.

Ölçülen derinlikler, dökülen hacimler, tremi uzunlukları ve muhafaza borusu uzunlukları, döküm işlemi sırasında hemen bir grafik üzerinde çizilmeli ve kazının fazla yapılmış olmasının etkileri dikkate alınarak teorik değerlerle karşılaştırılmalıdır. Böyle bir grafiğin bir örneği EN 1538 ve FHWA GEC10'da verilmiştir.

Böyle bir karşılaştırma, aşırı kayıpların meydana geldiği veya betonun boşlukları doldurduğu alanların belirlenmesine yardımcı olabilir. Tabana yakın aşırı kayıp görülmesi nadirdir ve genelde yetersiz beton tüketimi, istikrarsızlık, çökme veya destek sıvısının, molozun veya toprağın betonla karışması gibi bir sorunu gösterebilir. Bu ölçümler, daha fazla araştırmanın garanti edilebileceği bir kazıda sıra dışı bir durumu belirleyebilir.

7. BÖLÜM / TAM ÖLÇEKLİ DENEMELER

Herhangi bir derin temel elemanı hakkında bilgi edinmenin etkili bir yolu, bir veya daha fazla tam ölçekli test elemanı kurmaktır. Bunlar ideal olarak kalıcı işler için önerilenle aynı kurulum tekniği, ekipman ve malzemeler kullanılarak inşa edilmelidir. Tam ölçekli denemelerde tespit edilen problemler daha sonra kalıcı işler inşa edilmeden önce ele alınabilir. Ayrıca, inşaat sürecinin yönlerini iyileştirmek ve uygunluk parametrelerini geliştirmek için fırsatlar sunarlar.

Deneme çalışmalarının kapsamı ve kapsamı, proje boyutu, karmaşıklığı ve riskleri ile orantılı olmalıdır. Test edilecek bileşenler, aşağıdakilerin gözden geçirilmesinden seçilmelidir:

- Tasarım ve detaylandırma
- Taze beton performansı
- Yapıcının yerleştirme yöntemleri, genel deneyimi ve yeteneği
- Verilen zemin koşullarındaki deneyim

Bu, inşa edilmiş elemanları önemli bir derinliğe çıkarmak için kazı gerektirebilir.

Uygulamada, bu tür denemeler en iyi şekilde tayin edilen Yüklenici tarafından şantiyeye mobilizasyondan sonra, ancak kalıcı işlerin başlamasından önce gerçekleştirilir. Deneme süresi ve maliyeti, İşveren tarafından erken bir aşamada tanınmalı ve ihale belgelerinde ayrıntılı olarak belirtilmelidir.

Bütçe ve/veya zaman çizelgesi kısıtlamaları bu tür tam ölçekli deneylere izin vermediğinde, tipik olarak tedarikçinin laboratuvarında gerçekleştirilen uygunluk testine ek olarak en azından yerinde beton uygunluk testinin yapılması önerilir.

8. BÖLÜM / BİTEN İŞLERİN KALİTE KONTROLÜ

8.1 Genel

Yüklenicinin kalite güvencesi ve kontrolü için ilgili standartlara uyması ve üretim sürecinin uygun eğitim, nitelik ve deneyime sahip yetkin kişiler tarafından denetlenmesi ve üstlenilmesi esastır.

Fore kazıklara, diyafram duvarlara ve baretlere yerleştirilen beton, normalde açık bir kazının yüzüne dökülür ve yerleştirme işlemi yüzeyden görülmez. Yüklenici tarafından doğru inşaat yöntemleri uygulanmış olsa da, derin temel elemanının sertleşmiş betonunda bazı kusurlar olabilir. Bu nedenle, tamamlanan işlerin kalite kontrol gereklilikleri, tamamlanan işlerin yapısal performansı ve dayanıklılığı açısından önemli olmayan bazı kusurların kabulüne izin vermelidir. Verimli ve tutarlı muayene ve kabulü desteklemek için, iş prosedürlerinde ve muayene ve test gerekliliklerinde kabul edilebilir kusurlar açıkça tanımlanmalıdır.

Kabul edilebilir kusurların tespiti, geçmiş deneyimlere veya ana işlerin başlamasından önce gerçekleştirilen inşaat denemelerine dayanabilir. Tamamlandıktan sonra ayrıntılı ve pahalı kalite kontrol testleri belirlemek yerine, işler başlamadan önce denemeler için zaman ve çaba harcamak normalde çok daha iyidir. Diğer bir seçenek ise, ilk elemanların inşasından sonra kazıkların veya duvar panellerinin sınırlı bir örneğini ortaya çıkarmak ve test etmektir ve bu, gerekli düzeltici eylem(ler)in erken bir aşamada uygulanmasına olanak tanıyan QA/QC prosedürlerinin bir parçasını oluşturabilir.

8.2 İnşaat Sonrası Test Yöntemleri

Kazık veya duvarın geometrisi ve kalitesi hakkında bazı bilgiler sağlamak için içten ve dıştan bir dizi yöntem yaygın olarak mevcuttur.

Metotlara genel bir bakış Ek C'de verilmiştir.

Müdahaleci olmayan test yöntemlerinin doğru bir şekilde yorumlanması genellikle zordur ve bu, uzmanlık bilgisi ve deneyimi gerektirir.

Kusurlar genellikle üç kategoriden birine girebilir:

- Malzeme uygunsuzluğu

- Kanal Oluşumu
- Yetersiz paspayı oluşumu

Örneklerle birlikte her bir kusur kategorisinin daha ayrıntılı açıklaması Ek D'de verilmiştir.

Eğer kusurlar yeterince erken tespit edilirse detaylandırmada, malzemelerde veya uygulamada iyileştirme yapılarak başka oluşumları önlemek mümkün olabilir.

Yeterli stabiliteye sahip olmayan beton veya kötü işçilik, uygun olmayan detaylandırma kusurlara neden olabilmektedir. Bu Kılavuzun tavsiyelerini uygulamak, özellikle ilgili tüm taraflar arasındaki karşılıklı etkileşimi arttırmak kusurları en aza indirmeye yardımcı olacaktır.

9. BÖLÜM / BETON AKIŞININ SAYISAL MODELLENMESİ

9.1 Giriş

Sayısal modelleme yöntemleri (örneğin, bir Bingham Sıvı Modeli kullanarak), Çizelge F.1'de belirtildiği gibi, betonun akışını etkileyen tekil faktörlerin önemini anlamak ve her bir faktördeki değişikliklere duyarlılığı değerlendirmek için son derece yararlıdır.

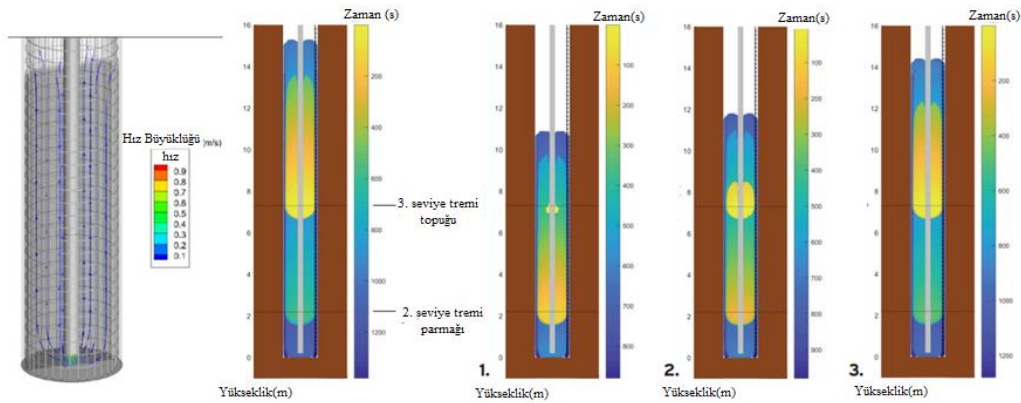
Betonun ve destek sıvısının reolojik özelliklerini ayarlayarak ve sınır koşullarını tanımlayarak, bir kazı içindeki betonun toplu akışını gerçekçi bir şekilde modellemek mümkündür.

9.2 Yapılan Çalışmalar

Görev Grubu, model çalışmalarını gözden geçirerek karşılıklı ilişkileri ve ilgili hassasiyetleri belirlemek için Üniversitelerden destek alarak çalışmıştır.

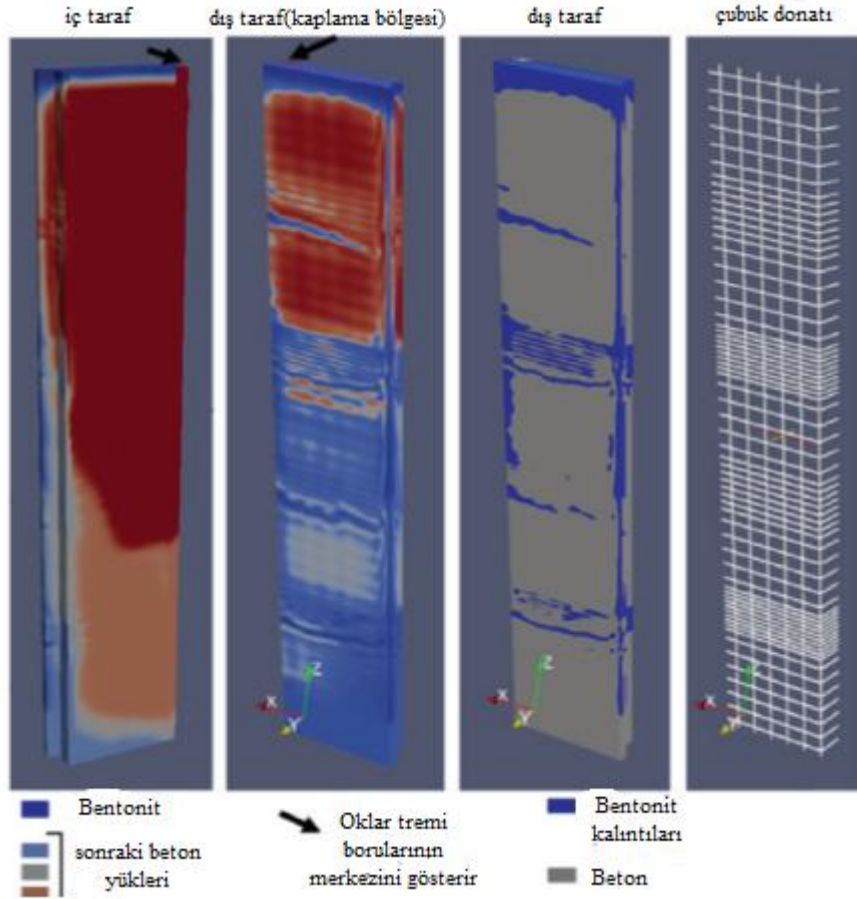
Şekil 9.1, 16 m [52 ft] derinliğe sahip 1,5 m [5 ft] çaplı bir fore kazıktan ve tremi borusunun kademeli olarak kaldırılmasını simüle eden beton dökümlü bir donatı kafesinden elde edilen sonuçları göstermektedir. Sayısal modellerle daha fazla simülasyon, Li ve diğerleri, 2018'de özetlenmiştir.

Simülasyonlar, toplu akışın başarılı bir şekilde modellenebileceğini ve akış mekanizmaları üzerindeki tekil etkilerini göstermek için faktörlerin izole edilebileceğini göstermektedir. Örneğin, halihazırda dökülmüş (yüksek akma gerilimi) betona çok daha düşük akma gerilimli beton dökmek, düzensiz akış modellerine yol açabilir.



Şekil 9.1 Dökme betonun hız akış hatlarıyla(solda) ve tremi borusunun kademeli kaldırılmasından sonra boyalı beton akışını gösteren simülasyonlar (LI ve AL,2018)

Şekil 9.2, farklı yüksekliklerde net donatı aralığında bir varyasyona sahip donatılı bir diyafram duvar panelinin simülasyonunu gösterir ve akış kısıtlamaları nedeniyle paspayı bölgesindeki tıkanma riskini vurgulamaktadır (Li ve diğerleri, 2018).



Şekil 9.2 Betonun bir bölümdeki akışını gösteren simülasyonlar, panel içten (sol) ve dıştan (sağ) gösterilmiştir.

Model çalışmalarının gözden geçirilmesi, bir takım önemli sonuçlara yol açmıştır ve bunlar Çizelge F.1'de tartışılmıştır. Sayısal Modelleme Yöntemleri hakkında daha fazla ayrıntı, Görev Grubu ve Akademik Ortaklar tarafından hazırlanan ortak araştırma makalesinde verilmektedir (Li ve diğerleri, 2018).

9.3 Sınırlamalar

Simülasyonlar için işlem süresi, modelin ayrıntı derecesine bağlıdır ve mevcut bilgisayar teknolojisi ile her bir sayısal model simülasyonu için birkaç haftaya kadar uzayabilir. Donatı kafesinin fiziksel şeklini ve boyutunu doğru bir şekilde tanımlamak, hesaplama süresini büyük ölçüde artırır. Kafesi gözenekli bir zarla değiştirme seçeneği

iyi bir korelasyon sağlar ve çok daha az hesaplama süresi gerektirir (Roussel ve Gram, 2014).

Hesaplama süresini azaltmak ve böylece daha fazla simülasyonun gerçekleştirilmesine izin vermek için, modelin karmaşıklığını parametrelerdeki değişikliğin etkisine (önceki simülasyonlardan elde edilen deneyime dayalı olarak) öngörülen hassasiyetle dengelemek önemlidir.

Sayısal simülasyon, fiziksel modelden türetilen yönetici kısmi diferansiyel denklemleri çözmek için güçlü bir araçtır. Bu nedenle, sayısal simülasyonun önemi, altta yatan fiziksel modelin (örneğin, Bingham sıvı modeli) kapasitesi ile sınırlıdır.

Tam ölçekli denemeler kullanılarak ve ardından bir modelden elde edilen bulguların gerçek denemeye karşı doğrulanmasıyla ilgili daha fazla çalışma devam etmektedir.

A. EK-A / TAZE BETONU KARAKTERİZE ETMEK İÇİN TEST YÖNTEMLERİ

A.1

Bu Ek'te açıklanan pratik testler şunları belirlemek için kullanılabilir:

- Viskozite ve akma gerilmesi ile temsil edilen işlenebilirlik
- Tikotropi de dahil olmak üzere işlenebilirlik süresi
- Kararlılık

Not: Testler, bu Ek'te verilen yöntem açıklamalarına tam olarak uygun olarak yapılmalıdır. Herhangi bir sapma meydana geldiğinde açıkça belgelenmelidir.

A.1.1 EN 12350-8 VE ASTM C1611 Uyarınca Çökme Yayılma Testi

PRENSİP: Çökme Akışı, işlenebilirliğin bir ölçüsüdür ve doğrudan akma gerilimi ile ilişkili olabilir.

PROSEDÜR: Test, EN 12350-2 ve ASTM C143'te açıklanan çökme akış testine dayanmaktadır. 300 mm [12 inç] yüksekliğinde içi boş kesilmiş koni ve taban plakası nemlendirilir ve koni yatay taban plakasına yerleştirilir, bkz. Şekil A.1 ve taze beton koniye doldurulur. Koni kaldırıldığında beton çökecek ve akacaktır. Betonun son çapı ölçülür (mm cinsinden çökme akışı). Elde edilen test numunesi, testi gerçekleştirmeden önce, en az 10 l [2.6 gal] hacimli bir karıştırma kabı ve kare ağızlı bir kepçe kullanılarak yeniden karıştırılmalıdır. Şekil A.1'de gösterildiği gibi kesilmiş bir koni ve yassı çelik taban plakasından oluşan test aparatı, EN 12350-2 veya ASTM C143'e uygun olmalıdır. "çökme konisi", çökme testi için kullanılanla aynıdır ve taban plakası, beton akışının kısıtlanmaması için çimento macunu tarafından kolayca etkilenmeyen emici olmayan malzemeden olmalıdır. Koniye betonla doldurmadan önce temiz plakayı ve kalıbı nemlendirmek önemlidir. İşlenebilirliğin kendi kendine kompaktlaşmak için yeterli olması koşuluyla, betonun katmanlar halinde sıkıştırılmasına gerek yoktur ve beton herhangi bir karıştırma veya mekanik sıkıştırma olmadan tek bir işlemde doldurulabilir. Bir çubuğun testere ve yuvarlanma hareketi ile beton yüzeyine çarpmadan önce fazlalığı korumak için betonu kalıbın üzerine yığın. Dökülen beton, kalıbı dikkatlice kaldırmadan önce taban plakasından çıkarılmalı ve 1

s ile 3 s arasında sabit bir dikey yukarı doğru kaldırma (kalıbı doldurduktan sonraki 30 s içinde) ile çıkarılmalıdır. Beton akışı durduktan sonra, akış yayılımının çapı, en yakın 10 mm'ye [0,4 inç] dik açılarla iki kez ölçülmeli ve ortalama çap olarak kaydedilmelidir. Her iki tek değer de 50 mm'den [2 inç] daha farklı ise, yeni bir numune alınmalı ve test edilmelidir.

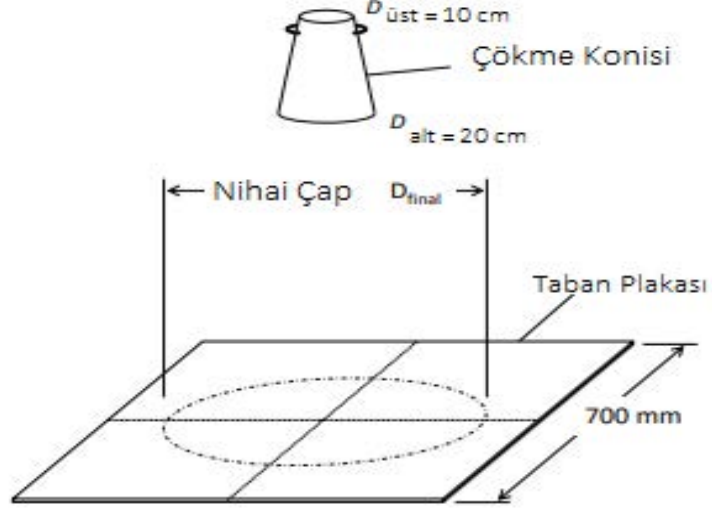
EK NOTLAR: Bu Test, çökme akış hızı testi (A.1.2) ve görsel kararlılık indeksi testi (A.1.3) ile birleştirilebilir.

A.1.2 Çökme Akış Yayılma Testi

PRENSİP: Çökme akış hızı, işlenebilirlik ve viskozite ile doğrudan ilişkili olabilir.

PROSEDÜR: Test kurulumu, çökme akışıyla aynıdır, bkz. A.1.1 ve şekil A.1. Buna ek olarak, 0,1 sn'ye kadar ölçüm yapabilen bir kronometreye ihtiyaç vardır. Koni taban plakasını terk eder ve en yakın 1 sn 'ye alınır. Koni kaldırıldığında beton çöker ve akar ve betonun son çapı d_{final} [mm] 'ye yayılması için geçen t_{final} [s] süresi ölçülür. Son çap çökme akışına eşittir (bakınız a.1.1). Yani iki çapın ortalama değeri dik açıyla ölçülür ve en yakın 10 mm'ye [1/2 inç] kaydedilir. Kronometre, koni taban plakasından ayrıldığında derhal başlatılmalı ve beton akışının durduğu düşünülen en yakın 1 sn'ye alınmalıdır (yatay hareket 1 mm / s'den az olduğunda). Hareket mesafesinin $(d_{final} - 200)/2$ [mm], t_{final} [s] süresine bölünmesiyle elde edilen süre, çökme akış hızıdır [mm/s]. (ABD kullanımı için $(d_{final} - 8)/2$ [in], [in/s] türetmek için.

EK NOTLAR: Bu test, çökme akış testi (A.1.1) ve görsel kararlılık indeksi testi (A.1.3) ile birleştirilebilir. Orijinal test, betonun 500 mm [20 inç] çapa yayılması gereken süre olarak bir t_{500} akış süresi belirtir. Tremi betonu mutlaka o kadar uzağa yayılmayabileceğinden, bu özel önlem tremi betonu için uygulanamaz kabul edilir.



Şekil A.1 Birleşik çökme yayılma, çökme yayılma hızı ve VSI testi için test ekipmanları

A.1.3 ASTM C1611'E Uygun Görsel Kararlılık İndeksi Testi

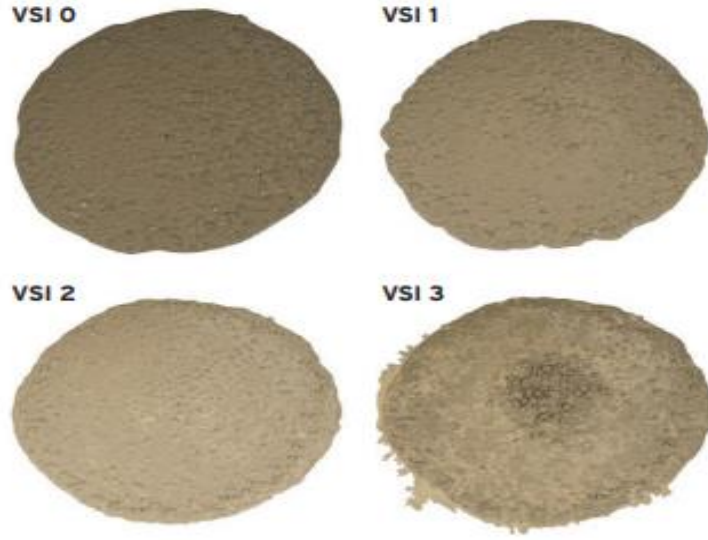
PRENSİP: Görsel kararlılık indeksi (VSI) görsel bir değerlendirmenin sonucudur ve ayrışma direncini sınıflandırır.

PROSEDÜR: Çökme akışında olduğu gibi, bakınız A.1.1, ardından Çizelge A.1'de listelenen kriterler kullanılarak görsel inceleme.

EK NOTLAR: Bu test sadece bariz ayrışma eğilimlerini gösterebilir ve hassas beton karışımlarını tespit etmek için yeterli olmayabilir. Daha güvenilir ölçüm için ve şüphe durumunda, statik ayrışma testi (A.7) veya elek ayırma testi (A.8) kullanılmalıdır.

Çizelge A.1 Görsel kararlılık indeksi vsı sınıf a.1 (ASTM C1611'e göre)

VSI değeri	Kriter
0 = Çok Kararlı	Ayrışma veya terleme kanıtı yok
1 = Kararlı	Ayrışma ve pütürleşme yok Beton kütlesi üzerinde bir parlaklık olarak gözlenen terleme
2 = Kararsız	Kitlenin çevresinde hale şeklinde harç birikimi <10mm Ve/veya ortada agrega birikimi
3 = Çok Kararsız	Açık bir şekilde seçilen çevrede harç birikimi >10mm Ve/veya ortada geniş agrega birikimi



Şekil A.2 Görsel kararlılık indeksi sınıflarına örnekler

A.2 EN 12350-2, ASTM C143'E Uygun Çökme Testi

PRENSİP: Betonun çökmesi, işlenebilirliğin bir ölçüsünü verir.

PROSEDÜR: taze beton, 30 cm [12 inç] yüksekliğinde içi boş kesilmiş bir koniden oluşan bir kalıpta doldurulur ve sıkıştırılır, bkz. Şekil A.1. Koni kaldırıldığında beton çöker ve betonun düştüğü dikey mesafe ölçülür.

EK NOTLAR: ciddi bir stabilite eksikliği potansiyel olarak görsel olarak tespit edilebilir.

Not 1: Kraenkel ve Gehlen (2018), 400-550 mm [16-22 inç] çökme akışı aralığı için eşdeğer çöküş aralığını 220-270 mm [9-11 inç] olarak bulmuşlardır. Bununla birlikte, çökmenin kabul testinde kullanılması öngörülmüyorsa, uygunluk testi sırasında spesifik beton karışımı için bir korelasyon oluşturmak gerekir.

Not 2: Çökme testi için belirtilen 30 mm [1 inç] tolerans göz önüne alındığında, bu test yüksek akışlı tremi betonu ile kullanım için uygun görülmemektedir. Ayrıca, en 206, ek I'de, test yönteminin hassasiyetinin olmaması nedeniyle, çökme testinin yalnızca $d_{slump} \leq 210$ mm için kullanılmasının önerildiğini belirtir. Sonuç olarak, bu test yalnızca gerekli işlenebilirlik 210 mm'den [8 inç] daha büyük olmayan bir hedef değerle belirtilebiliyorsa uygulanmalıdır.

A.3 EN 12350-5'E Uygun Yayılma Tablası Testi

PRENSİP: Betonun yayılması, işlenebilirliğin bir ölçüsünü verir.

PROSEDÜR: Taze Beton, 20 cm [8 inç] yüksekliğinde içi boş kesilmiş bir koniden oluşan bir kalıpta doldurulur ve sıkıştırılır. Koniyi kaldırdıktan sonra, plaka 15 kez kaldırılır ve düşürülür, bu da ölçülen son yayılmaya yol açar.

EK NOTLAR: Ciddi bir stabilite eksikliği potansiyel olarak görsel olarak tespit edilebilir. Düşmenin etkileri nedeniyle, dinamik ayrışma eğilimini tespit etmek mümkün olabilir.

Not 1: Kraenkel ve Gehlen (2018), 400-550 mm [16-22 inç] çökme akışı aralığı için akış tablosu testinden eşdeğer yayılma aralığını 560-640 mm [22-25 inç] olarak bulmuşlardır. Bununla birlikte, akış tablosu testinin kabul testinde kullanılması öngörülüyorsa, uygunluk testi sırasında spesifik beton için bir korelasyon kurulması gerekir.

Not 2: Çökme akış testi ile karşılaştırıldığında, akış tablosu testi daha düşük bir duyarlılığa sahiptir ve ayrıca dinamik yerleştirme için daha uygun olabilecek dinamik etkiler kullanır (örneğin, betonun titreşmesi için). Akış tablası testi kabul testi için kullanılıyorsa, EN 206, Ek 1'de belirtildiği gibi 40 mm [1,5 inç] tolerans dikkate alınmalıdır.

A.4 Çıkış Testi

A.4.1 Modifiye Koni Çıkış Testi

PRENSİP: Betonun modifiye koniden çıkış süresi, işlenebilirliğin bir ölçüsüdür ve doğrudan viskozite ile ilişkili olabilir.

PROSEDÜR: İçi boş bir silindir, ters çevrilmiş, içi boş kesilmiş bir koninin üzerine, alt açıklığında bir kapak ile monte edilir, bu da teste başlamadan önce kapatılır, bkz. Şekil A.3, 20 litre [5 gal] taze beton, üstten fazla bir fazlalık ile formda doldurulur. Yüzey bir çubuk veya kazıma cetveli kullanılarak vurulur. Dolgu işlemi 1 dakika içerisinde yapılmalıdır. Başka bir 1 dakika içinde, kapak hızla açılır ve koni boşalana kadar serbest düşen betonun çıkış süresi kaydedilir. Zaman 0,1 sn hassasiyetle kaydedilir.

EK NOTLAR: Toplam 20 litre [5 gal] (hesaplamaya göre 19,9 l) taze beton içermek için, silindirin yüksekliği 465 mm [18 inç] ve sabit bir iç çapı 200 mm [7,8 inç] olmalıdır. (14.6 l [3.8 gal] içerir ve 5.3 l [1.4 gal] içeren koninin hacmine eklenir). Kesilmiş koni, çökme testi için kullanılan standart koni olabilir. Çıkış süresini belirlemek için alternatif bir test yöntemi ters koni çıkış testidir, bakınız A.4.2.



Şekil A.3 Modifiye koni çıkış testi için ekipman (örnek)

A.4.2 Ters Koni Çıkış Testi

PRENSİP: Betonun ters koniden çıkış süresi, işlenebilirliğin bir ölçüsüdür ve viskozite ile ilişkili olabilir.

PROSEDÜR: A.1'e göre çökme akış testi ile aynı ekipmanı ve ayrıca bir kronometreyi kullanarak, form yassı çelik taban plakası üzerine baş aşağı (ters çevrilmiş) yerleştirilir ve altta 100 mm genişliğindeki açıklık bulunur. Beton bir işlemde koninin içine doldurulur ve bir çubukla 25 kez sıkıştırılır. Yüzeiden vurduktan ve 30 saniye beledikten sonra koni dikey olarak kaldırılır. 2 ila 4 saniye içinde yaklaşık 40 cm [12 ila 16 inç]. Koni boşalana kadar betonun çıkış süresi kaydedilir. Zaman en yakın 0,1 sn'ye kaydedilir.

EK NOTLAR: Bu testin uygunluk veya kabul testi için kullanılması öngörülüyorsa, uygunluk testi içinde bir hedef değer belirlenmeli ve karşılaştırılmalıdır. Betonun daha küçük volümü nedeniyle, modifiye koni çıkış testine (A.4.1) kıyasla ve kaldırma işleminin olası bir etkisinden dolayı, ters koni çıkış süresi, özellikle düşük viskoziteler için, modifiye koni çıkış testinden daha az doğru olabilir. Bununla birlikte, düşük, orta veya yüksek viskoziteyi tespit etmek için tremi beton karışımları için güvenilir bilgi

verdiği gösterilmiştir. Ayrıntılı şartname olmadan, kabul testi için önerilen aralık olarak en az 2 saniye ve en fazla 7 saniye geçerli olabilir.

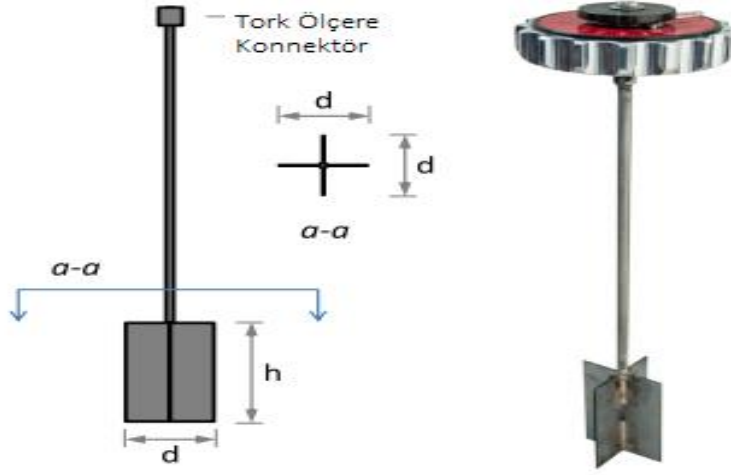
A.5 Manuel Vane Kesme Testi

PRENSİP: Taze bir betonun kayma direnci akma gerilmesinin ölçüsüdür.

PROSEDÜR: Taze beton numunesinin bir örneğini yeterli hacimde ve yaklaşık 20 cm [8 inç] yüksekliğinde bir kovada hazırlayın. Tork ölçerin göstergesinde, ibreyi saat yönünün tersine sıfıra doğru hareket ettirin. Beton numuneyi hareket ettirmeden kesme kanatlarını numuneye yavaşça indirin. Kanatların üst kısmı, betonun üst kısmının en az 50 mm [2 inç] altında olmalıdır. Pervane kesme test cihazını manuel olarak döndürün ve maksimum torku okuyun.

EK NOTLAR: Taze betonda dinlenmeden önce ve sonra ölçülen tork farkı, betonun tiksotropisinin bir göstergesidir. Bir dizi beton numuneyi farklı dinlenme zamanlarında test etmek için 5 adede kadar kanat hücresi kullanın. Her numuneye bir hücre yerleştirin ve örneğin anında ve 2, 4, 8 ve 15 dakika sonra kesilmesini test edin. Statik akma gerilmesinin artışı, betonun tiksotropisi için doğrudan bir ölçüdür ve yapılandırma hızı a_{thix} (pa / dak cinsinden) olarak hesaplanabilir, bakınız Roussel ve Cussigh, 2008. 15 dakikada %100 artış aşırı tiksotropi olarak değerlendirilebilir. İzin verilen tiksotropinin mutlak değerlendirmesi için çökme akışına bir korelasyon kurulmalıdır. Yeterli seçiciliği sağlamak için, kanatlar, kohezyonlu zeminler için kullanılan tipik kanatlara kıyasla uyarlanmalıdır. Pervane kesme hücresinin yüksekliği $h = 100$ mm [4 inç] ve çapı $d = 60$ mm [2 inç] olmalıdır (her biri 30 mm [1 inç] genişliğinde 90 derecelik açıyla 4 bıçak), bkz. Şekil A.4. Aks, kanatların beton yüzeyin çok altına indirilebilmesi için yeterli uzunlukta (yaklaşık 300 mm [12 inç]) olmalıdır.

Not 1: Pervane kesme hücresi için 50 mm [2 inç] çap da kabul edilebilir olarak kabul edilir.



Şekil A.4 Manuel kanatlı kesme testi için eksen ve pervane kesme hücresi boyutları
(Yeni Zelanda Geoteknik Derneği, 2001)

A.6 İşlenebilirlik süresi Testi

PRENSİP: işlenebilirlik süresi testi, betonun slump akışını koruduğu zaman aralığını ölçer.

PROSEDÜR: Slump testlerini (A1.1), belirli bir eleman için gereken değerlendirilmiş toplam dökme süresine kadar farklı aralıklarla tekrarlayın. EN 12350 (taze beton testi) şu anda işlenebilirlik saklama testi için örnekleme ve depolama gereksinimlerini karşılamak üzere güncellenmektedir. Taslak gereksinimler aşağıda yer almaktadır. Toplu taze beton (saha denemeleri için tercihen 3 m³ [4 cubicyard] ancak minimum 1m³ [1.3 cubicyard]). Numuneyi (veya yeterli alt numuneleri), beton artışlarını almak ve depolamak için çimento harcı tarafından kolayca örselenmeyen emici olmayan malzemeden yapılmış sızdırmaz silindirik kaplarda saklayın. Yüksekliğin çapa oranı 0,7 ila 1,3 aralığında ve numuneyi tamamen korumak için yeterli büyüklükte olmalıdır. Numune alınan betonun miktarı, testler için tahmin edilen miktarın 1,5 katından az olmamalı ve kapalı kabı kapağın 25 mm [1 inç] ila 50 mm [2 inç] içine doldurmak için yeterli olmalıdır. Numunenin belirli bir zamanda çökme tutulumunu ölçmek için kullanılması amaçlandığında, kapalı kaptaki beton, yeniden karıştırma kabı veya tepsi üzerine boşaltılmalı ve testi gerçekleştirmeden önce bir kürek veya kepçe kullanılarak yeniden karıştırılmalıdır. Her 1 saatte bir çökme testleri yapın (ömür boyu 2 saat > 4 saat)

EK NOTLAR: basitleştirilmiş bir işlenebilirlik tutma testi için, test edilecek beton kapalı bir el arabasında tutulabilir. Bir beton karışımını tiksotropik eğilim açısından kontrol etmek için, iki çökme konisini taze betonla doldurun ve hemen bir çökme akış testi yapın. 15 dakikalık bir dinlenme süresinden sonra, ikinci çökme akış testini gerçekleştirin. Değerlerdeki fark daha büyükse 30 mm [2 inç] test tekrarlanmalıdır. Araştırma ve Geliştirme Projesi'nden elde edilen ön bulgular, çöküşten sonra aktığı durumlarda tiksotropinin önemli olduğunu göstermektedir. 15 dakikalık dinlenme, başlangıç değerinin 50 mm [2 inç] (veya daha fazla) altındadır.

A.7 Statik Ayrışma Testi

A.7.1 ASTM C1610 VE SCC ile İlgili Alman DAFSTB Kılavuzuna Uygun Olarak Statik Ayrışma Testi (veya Yıkama Testi)

PRENSİP: Test, statik ayrışmayı, kaba agreganın dağılımının yükseklik üzerindeki değişimi ile değerlendirir.

PROSEDÜR: 3 bağlı silindirden oluşan içi boş bir sütun taze betonla doldurulur ve sıkıştırılır, bkz. Şekil A.5 (orijinal standart ve kılavuz, SCC karışımları için sıkıştırma veya titreşime izin vermez). Standart bir süreden sonra, örneğin 2 saat, üst ve alt silindirlerdeki kaba agreganın oranı yıkama ve eleme ile belirlenir. Kaba agregadaki fark, ayrışmanın bir ölçüsüdür.

EK NOTLAR: Test, agregaların ayrılmasının viskozite ile kontrol edildiği ve bu nedenle zamana bağlı olduğu, kasıtlı olarak düşük akma gerilimine sahip kendiliğinden yerleşen beton (SCC) için geliştirilmiştir. İşlenebilirlik süresine bağlı olarak, tremi betonu için de, uyarlanmış bir ayakta durma süresi daha uygun olabilir. Tam ayar süresi dikkate alınacaksa, sertleştirilmiş görsel Stabilite indeksi (HVSI) testi kullanılabilir, bkz. A.7.2.



Şekil A.5 ASTM C1610'a uygun olarak statik ayırma testinin düzenlenmesi

A.7.2 AASHTO R81'e Uygun Sertleştirilmiş Görsel Kararlılık Index (HVSI) Testi

PRENSİP: Test, ikiye bölünmüş sertleştirilmiş bir test numunesinde görsel değerlendirme veya agrega dağılımının incelenmesi ile statik ayrışmayı değerlendirir.

PROSEDÜR: Standart bir silindir kalıbı, sıkıştırma veya titreşim olmadan betonla doldurulur ve bozulmadan sertleşmesine izin verilir. Yeterince yüksek dayanımlı olduğunda, numune aksenal olarak ikiye bölünür ve HVSI sınıfını belirlemek için standart açıklamalar ve fotoğraflarla karşılaştırılarak agrega dağılımı incelenir, bkz. Çizelge A.2.

EK NOTLAR: Test, kendiliğinden yerleşen beton için geliştirilmiştir, ancak tremi betona eşit derecede uygulanabilir olması muhtemeldir. Tam ayar süresini hesaba katma ve beton testeresi dışında özel ekipmana ihtiyaç duymama avantajlarına sahiptir. Beton numunenin testere için yeterince güçlü olması için kürlenme süresi, minimum 6 MPa [900 psi] basınç dayanımına izin vermeli ve en az 24 saat olmalıdır.

Çizelge A.2 Sertleşme için görsel sınıflandırma indeks (HVSI) testi

HVSI	SINIFLANDIRMA	TANIM
0	Kararlı	Kesilen düzlemin üst kısmında harç tabakası yoktur ve/veya yukarıdan aşağıya kaba agrega dağılımının boyut ve yüzde alanında farklılık yoktur
1	Kararlı	Kesilen düzlemin üst kısmında, 6 mm'den küçük veya 6 mm'ye eşit [1/4 inç] boyunda hafif harç tabakası ve/veya yukarıdan aşağıya kaba agrega dağılımının boyut ve yüzde alanında hafif farklılıklar
2	Kararsız	Harç tabakası, 25 mm'den küçük veya buna eşit [1 inç] ve 6 mm'den [1/4 inç] daha uzun, kesme düzleminin üst kısmında ve/veya kaba agrega dağılımının büyüklük ve

		yüzde alanında yukarıdan aşağıya orta derecede farklılık gösterir
3	Kararsız	25 mm'den [1 inç] daha uzun bir harç tabakası ve/veya yukarıdan aşağıya kaba agrega dağılımının büyüklüğü ve yüzde alanında önemli farklılıklar olduğunu kanıtladığı gibi açıkça ayrılmıştır

A.8 EN 12350-11'e Uygun Elek Ayırma Testi

PRENSİP: Bir kaptaki 5 mm [0,2 inç] kare açıklıklı bir elekten geçirilen malzeme miktarı, ayrışmanın bir ölçüsüdür.

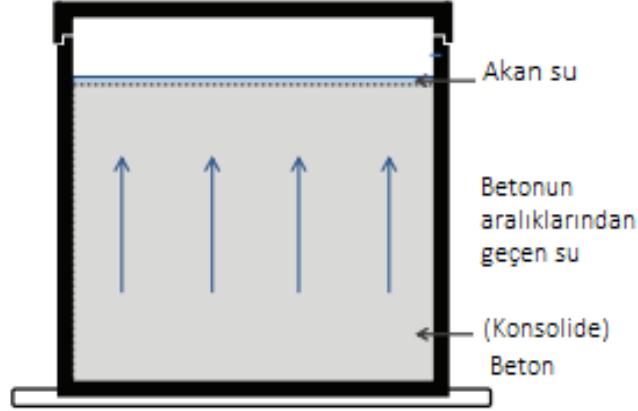
PROSEDÜR: 10 litre [2,6 gal] (+ 0,5 l) taze beton numunesi, buharlaşmayı önlemek için kapaklı bir kovada 15 dakika boyunca saklanır. Boş bir kabı tartın, (kuru) eleği üstüne koyun ve tekrar tartın veya teraziyi sıfıra ayarlayın. 15 dakika dinlenme süresinden sonra kapağı kovadan çıkarın ve akan suyu kontrol edin (kayıt gözlemi). 4,8 kg [10,6 lbs] (+ 0,2 kg) beton numunesinin (herhangi bir tahliye suyu dahil) 500 mm [20 inç] (+ 50 mm) düşme yüksekliğinden elek üzerine sürekli ve dikkatli bir şekilde doldurun. 120 sn (+ 5 sn) sonra, eleği titreşim olmadan dikey olarak çıkarın. Kaptaki malzeme miktarı, elek üzerine dökülen kütlelerin % 'sinde ayrılmış kısım olarak kaydedilir.

A.9 Terleme Testi EN 480-4 VE ASTM C232 VE NF XP P18468'e Uygun

PRENSİP: Bir kaptaki beton yüzeyindeki su miktarı kanamanın bir ölçüsüdür, bkz. Şekil A.6.

PROSEDÜR: Beton, 250 mm [10 inç] iç çapa ve yaklaşık 300 mm [12 inç] iç yüksekliğe sahip silindirik bir kaba 250 mm [10 inç] yüksekliğe kadar yerleştirilir. Yüzeydeki suyun ayrılması, sabit bir kanama oranı oluşturulana kadar veya terleme durana kadar (beton setleri olarak) her 30 dakikada bir ölçülür.

EK NOTLAR: Terlemenin başlamasından sonraki terleme başlangıcı ve sabit terleme hızı (bkz. Bölüm 3.3'teki Şekil 3.5) terleme potansiyelini tanımlamak için esastır. 2 saat içinde 0.1 ml / dak'dan [0.003 oz / dak] daha az bir ortalama kanama hızı kabul edilebilir olarak kabul edilir. NF XP P 18468'e göre, sözde sabit bir terleme oranına sahip ilgili 2 saat, yüzeydeki ikinci sıfır olmayan akan su değeri ölçüldüğünde başlar.



Şekil A.6 Yerçekimi nedeniyle terlemeyi belirlemek için şematik kurulum

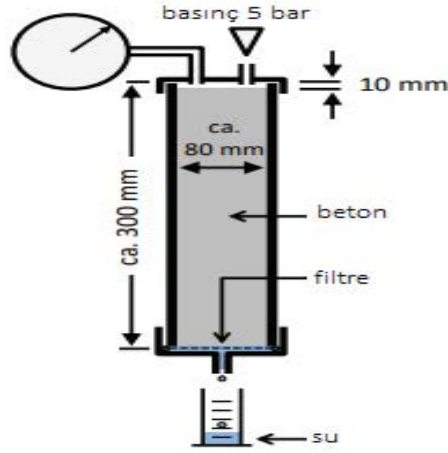
A.10 Filtrasyon Testi

A.10.1 Bauer Filtrasyon Testi

PRENSİP: Test, taze betonun basınç altında su tutma kabiliyetini simüle eder ve Şekil A.7'de gösterildiği gibi bir filtre aracılığıyla filtre kaybını belirler.

PROSEDÜR: Silindirik bir kap 1,5 litre [0,4 gal] taze beton ile doldurulur ve 5 dakika boyunca 5 bar'da [73 psi] basınçlı hava ile basınçlandırılır. Dökme betondan bir filtre kağıdı ile ayrılan su, kabın dibinde bir silindir içinde toplanır. Kaydedilen filtre kaybı, betonun filtre stabilitesinin bir ölçüsüdür.

EK NOTLAR: Maksimum agrega boyutu 20 mm ile sınırlandırılmalıdır. 90 mm [3,54 inç] çapında (fan® no 206051) özel sertleştirilmiş filtre kâğıdı API kullanın. 15 l/m³ (Z17, CIA'dan) kabul kriterine göre, derin temellerdeki tremi betonu için (>15 m [50 ft] derinlik), 1,5 l [0,4 gal] numune için karşılık gelen test değeri yaklaşık 22 ml [0,7 oz] 'dur. Ölçülen filtre keki kalınlığı ve kıvamı, betonun işlenebilirlik kaybına karşı sağlamlığının da bir göstergesidir. Yumuşak, esnek bir kek, sert bir keke tercih edilir. Filtrasyon kaybını belirlemek için alternatif bir test yöntemi "Avusturya" beton filtre pres testidir, bakınız A.10.2.



Şekil A.7 Basınçlı taze betondan kaynaklanan su kaybını belirlemek için test kurulumu (BAUER)

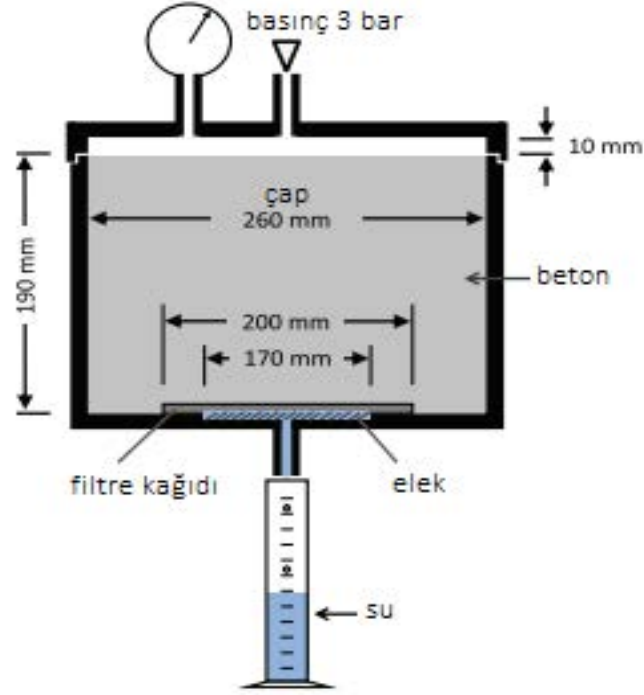
Not: Test ekipmanı, EN ISO 10414-1'de de atıfta bulunulan API RP 13B-1'e uygun olarak sondaj sıvıları için standart test ekipmanına dayanmaktadır.

A.10.2 Avusturya Taze Beton Kılavuzuna Uygun Beton Filtre Pres Testi (MERKBLATT, WEICHE BETONE, 2009)

PRENSİP: Test, taze betonun hidrostatik basınç altında su tutma kabiliyetini simüle eder ve bir filtre aracılığıyla filtre kaybını belirler, bkz. Şekil A.8.

PROSEDÜR: Silindirik bir kap 10 l [2,5 gal] taze beton ile doldurulur ve basınçlı hava (3 bar [44 psi]) ile basınçlandırılır. Dökme betondan bir filtre kâğıdı ile ayrılan su, kabın dibinde bir silindir içinde toplanır. Kaydedilen filtre kaybı, betonun filtrasyon stabilitesi için bir ölçüdür.

EK NOTLAR: Endüstriyel iç testler, bu 'Avusturya' beton filtresi pres testi ile vloss-15,övbb [l/m³] / Vloss, Bauer [l/m³] = 1,8 (yaklaşık 2) olan Bauer filtrasyon testi arasında bir korelasyon olduğunu göstermektedir, böylece beton filtre pres testi için yaklaşık 25 l/m³'lük bir filtrasyon kaybı, Bauer filtrasyon testinden 22 ml [0,7 oz] filtrasyon kaybına eşdeğer olarak kullanılabilir. Avusturya'nın yumuşak betonla ilgili kılavuzunda, derinliğin 15 m'yi [50ft] aştığı tremi betonu için fw20 stabilite sınıfı tanımlanmıştır. Uygunluk testi ve 15 dakikalık filtrasyon süresi için 20 l/m³'ten [4 gal/cy] fazla olmayan filtrasyon kaybı önerilir (10 l'lik numune için karşılık gelen test değeri 200 ml'dir [6,8 oz]). Ek bir kriter olarak, 60 dakikalık filtrasyon süresi için 40 l/m³ [8 gal/cy] maksimum kayıp belirtilebilir. Kabul testi için, fw20 stabilite sınıfı için 15 dakikalık filtreleme süresinde 25 l/m³ [5 gal/cy] filtrasyon kaybına izin verilir.



Şekil A.8 Basıncılı taze betondan filtrelenmiş suyu süzmek için test kurulumu
(Merkblatt'a göre, Weiche Tetone, 2009)

A.11 Taze Betonun Bileşimi

Gerçek bileşimin tasarım değerlerine uygun olduğunu doğrulamak için, yoğunluk, su içeriği, su/çimento oranı, 0,125 mm [120 ağ] <ince madde içeriği ve kaba agregaların içeriği (veya şekli) testleri uzman bir laboratuvar tarafından gerçekleştirilebilir. Karışım suyunun betondan düşük sıcaklıktaki fırın veya mikrodalga fırınla buharlaştırıldığı fırın kurutma testi, su içeriğini belirlemek için yerinde yapılabilir (örneğin ASSHTO T 318'e uygun olarak).

B. EK-B / İLAVELERİN KULLANIMINA UYGUN KAVRAMLAR

Derin temellerdeki beton için belirtilen minimum çimento içeriği, gerekli mukavemet sınıfını elde etmek için genellikle gerekli değildir, ancak belirli taze özellikler elde etmek için gereklidir. Uçucu kül ve GGBS gibi ilaveler genellikle çimentonun bir kısmını değiştirmek için kullanılır, bu da taze betonun işlenebilirliğini, akış tutma ve stabilitesini, ayrıca mukavemet, dayanıklılık ve genel sürdürülebilirliği etkiler. (Reaktif) tip II ilavelerinin kullanımı ve uygulanması için üç kavram mevcuttur (EN 206):-

1. K-değeri kavramı,
2. Eşdeğer beton performans konsepti (ECPC) ve
3. Kombinasyon konseptinin eşdeğer performansı (EPCC).

Üç kavramın uygulanmasına ilişkin kurallar, farklı CEN üye devletleri arasında farklılık göstermektedir. Her proje için, konsept hem teknik hem de ekonomik açıdan dikkatlice düşünülmelidir.

K-Değeri Kavramı

K-değeri kavramı kuralcı bir kavramdır. Bir referans betonun dayanıklılık performansının, çimentonun bir kısmının su/çimento oranının ve ilave içeriğinin bir fonksiyonu olarak bir ilaveyle değiştirildiği başka bir betonla karşılaştırılmasına dayanır.

K-değeri kavramı, tip II eklemelerinin dikkate alınmasına izin verir: -

- "Su/çimento oranı" terimini "su/(çimento + k* ilave) oranı" ile değiştirerek;
- (Çimento + K * ilavesi) miktarı, ilgili maruziyet sınıfı için gerekli minimum çimento içeriğinden az olmamalıdır. Avrupa standardı EN 450-1'e uygun uçucu kül, EN 13263-1'e uygun silika dumanı ve EN 15167-1'e uygun öğütülmüş granül yüksek fırın cürufu ile EN 197-1'e uygun CEM I ve CEM II/a tipi çimentolar için k-değeri kavramının uygulama kuralları EN 206'daki ilgili maddelerde verilmiştir. K-değeri kavramının kurallarında yapılan değişiklikler, uygunluklarının tespit edildiği yerlerde uygulanabilir (örneğin, daha yüksek k-değerleri, artan ilaveler oranları, diğer ilavelerin kullanımı, eklemelerin ve diğer çimentoların kombinasyonları). K-değeri kavramının

tam prosedürü ve uygulamasının daha ayrıntılı bir açıklaması için, okuyucu CEN/TR 16639'a atıfta bulunulur.

Eşdeğer Beton Performans Konsepti (ECPC)

Eşdeğer somut performans konseptinin ilkeleri EN 206'da tanıtılmıştır. Bu konsept, her birinin üretim kaynağının ve özelliklerinin açıkça tanımlandığı belirli bir ilave ve belirli bir çimento kaynağının bir kombinasyonu kullanıldığında, minimum çimento içeriği ve maksimum su / çimento oranı gerekliliklerinde değişikliklere izin verir. Betonun, özellikle çevre ile etkileşimi ve dayanıklılığı bakımından, ilgili maruz kalma sınıfının gerekliliklerine uygun olarak bir referans betonla karşılaştırıldığında eşdeğer bir performansa sahip olduğu kanıtlanmalıdır. Referans çimento, EN 197-1 gerekliliklerini yerine getirmeli ve son beş yıl içinde kullanım yerinde pratikte kullanılan ve seçilen maruz kalma sınıfında kullanılan bir kaynaktan gelmelidir. Referans beton, seçilen maruz kalma sınıfı için kullanım yerinde geçerli olan hükümlere uygun olmalıdır. Tasarlanan ve öngörülen betonun bileşenleri, üretim süreci ve beton işlerinin amaçlanan yürütme yöntemi dikkate alınarak, kıvam, yoğunluk, mukavemet, dayanıklılık ve gömülü çeliğin korozyona karşı korunması dahil olmak üzere taze ve sertleştirilmiş beton için belirtilen gereklilikleri karşılayacak şekilde seçilmelidir. Kombinasyon konseptinin eşdeğer performansı (EPCC) "Kombinasyonların eşdeğer performansı konsepti" ilkeleri, EN 197-1 Avrupa standardına uygun tanımlanmış bir çimento kombinasyonları yelpazesine ve bir beton için belirtilen maksimum su/çimento oranı ve minimum çimento içeriği gerekliliklerine tamamen sayılabilecek uygunluğu belirleyen ilavelere (veya ilavelere) izin verir. Metodolojinin unsurları şunlardır:

1. Bir Avrupa çimento standardına uyan ve amaçlanan kombinasyonla aynı veya benzer bileşime sahip bir çimento türünü tanımlayın
2. Kombinasyon ile üretilen betonların, ilgili maruz kalma sınıfı için belirlenen çimento tipi ile yapılan betonlarla benzer mukavemet ve dayanıklılığa sahip olup olmadığını değerlendirin
3. Kombinasyonu içeren betonlar için bu gereksinimlerin tanımlanmasını ve uygulanmasını sağlayan üretim kontrolünü uygulayın. Avrupa'da, kombinasyonların eşdeğer performansını belirlemek için uygulanan üç yöntem vardır: İngiltere yöntemi,

İrlanda yöntemi ve Portekiz yöntemi. Bu üç yöntem ayrı ayrı geliştirilmiştir ve kombinasyonların kontrolü için gereksinimlerde önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Üç yöntem CEN/TR 16639'da tam olarak tanımlanmıştır.

C. EK-C / TAMAMLANAN İŞLERİN TEST YÖNTEMLERİ

Geoteknik projeler kapsamında tamamlanan işlerin test edilmesi, tasarımları ilgili standartlara uygunsuzsa, uygulaması standartlara ve endüstrideki iyi uygulamalara uygun gerçekleştirildiyse zorunlu değildir. Bununla birlikte, inşaat sonrası testler son zamanlarda daha sık yapılmaya başlamıştır. Genellikle testler proje şartnamelerine göre belirlenir. Bazı testlerin uygulamadan önce hazırlanması gerekirken, diğerleri bir kusurun varlığından şüphelenildiği durumlarda uygulanabilir (bakınız Ek d). Hem tahribatlı hem de tahribatsız muayene yöntemleri uygulanabilir. Performans ve yorumlama için uzman bilgisi gereklidir. Testlerin yürütülmesi için teknisyen düzeyinde uzmanlık gerekirken, sonuçların yorumlanması nitelikli bir Geoteknik Mühendisi tarafından yapılmalıdır. Doğrudan test yöntemleri listesine ek olarak, Cross-Hole Sonik Loglama (CSL) ve Termal Süreksizlik Testi (TIP) açıklanmaktadır. Bu testler inşaat öncesinde detaylı ön planlama gerektiren tahribatsız muayene yöntemlerinden bazılarıdır. CSL birçok temel mühendisliği uygulamasında kullanılmaktadır ve testin avantajlarından dolayı gelecekte de daha sık kullanılması muhtemeldir. Diğer tahribatsız deney yöntemleri de mevcuttur ve bunlar ICE SPERW, FHWA, GEC ve teknik kaynaklarda açıklanmıştır. Tamamlanan işlerin muayenesi gerekiyorsa, tahribatlı muayene yerine mümkün olduğunca tahribatsız muayene tercih edilmelidir.

C.1 Doğrudan Test Yöntemleri

- Eleman içindeki özellikleri araştırmak veya tabandaki durumu incelemek için temel içinden karot alınması
- Kapalı devre kamera ile indirilerek muayenesi, delinmiş bir kuyu içinde inceleme
- Temelin yüzeyini incelemek için kazı
- Bir kazığın çıkarılması

C.2 Cross-Hole Sonik Loglama

Akustik dalgaların temel elemanı içinde bırakılan boru yardımı ile bir vericiden aynı veya ayrı bir boruda konumlandırılmış bir alıcıya iletilmesi şeklinde gerçekleştirilir. Test yöntemi ASTM D6760-14 ve NF P94-160-1'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Dalganın alıcıya ulaşma süresi ve iletilen enerji ölçülür ve sonucu yorumlamak için kullanılır. Çoğu uygulamada, iletim süresindeki güçlü değişiklikler, azalan enerji ile birleştiğinde, ultrasonik anormallikler (potansiyel kusurlar, hatalar) olarak yorumlanır.

Sonik kayıt için kullanılan borular, beton akışını engellemek için tipik olarak temelin donatı kafesi içinde bir dizi halinde yerleştirilir. Birden fazla tüp çifti arasında sonik profil elde etme kabiliyeti, donatı kafesinin merkezinde ve kanalın çevresinde olası bir kusurun niteliği, konumu ve boyutuna ilişkin bir gösterge sağlayabilir. Örtü bölgesindeki, örneğin donatı kafesi ile kazı yüzeyi arasındaki olası kusurlar hakkında herhangi bir gösterge sağlayamaz.

Test, hem beton içindeki gerçek hızdaki hem de boru konumlandırmasının doğruluğundaki değişikliklere karşı hassastır ve değerlendirmenin yanı sıra yorumlamada da uzman bilgisi gerektirir ve uygulama ile ilgili mevcut tüm bilgileri içermelidir. (Beckhaus ve Heinzelmann, 2015).

Prensip olarak, diyafram panelleri veya iki sekonder kazık (aradaki primer kazık dahil) arasındaki bütünlüğün, kanalların derz(ler)in her iki tarafına da monte edilmesi halinde araştırılabileceği gösterilmiştir (Niederleithinger ve diğerleri, 2010). Bununla birlikte, bu tür ölçümlerden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi, elemanlar arasında 'soğuk' derzlerin varlığı nedeniyle zor olabilir. Bu test, prekast beton veya çelik elemanlar gibi kayıp stop-endlerin kullanıldığı yerlerde uygulanamaz.

C.3 Termal Süreksizlik Testi

Termal süreksizlik testi (TIP), betonun hidrasyon ısısını ölçmeyi içerir. Herhangi bir katmanın termal iletkenliği ve ısı üretimi farklılıkları, döküldükten sonra bir veya iki gün sonra ölçülebilen bir sıcaklık farklılığına neden olur. Test yöntemi, ABD standardı ASTM D7949-14'te detaylı olarak açıklanmıştır. Fiber optik test bilgileri ICE SPERW'de verilmiştir.

Sıcaklıklar termistör dizileri, dağıtılmış fiber optik algılama yöntemleri ile izlenebilir veya bazen temel elemanı içindeki tüplere yönlendirilen termal probalar kullanılır. Bu sistemler genellikle donatı kafesine bağlanır ve böylece temel elemanının örtü bölgesindeki sıcaklığı ölçer. Fikri mülkiyet hakları farklı tescilli sistemler için geçerli olabilir.

Çoğu uygulamada, sıcaklıkta artışın olmaması, yerel bir termal anormalliği (potansiyel kusur) gösterebilir. Termal veriler, şaft boyunca elde edilebildiği için tam üç boyutlu bir analiz yapılabilir. Sistem, şaftın çekirdeğini ve örtü/paspayı bölgesini değerlendirebilir ve ayrıca aşırı kırılma, zemin koşulları ve donatının hizalaması hakkında bilgi verebilir.

Bu teknoloji, destek sıvısı ile beton arasındaki sıcaklık farkını gerçek zamanlı olarak izleyerek tremi beton işleme sırasında kazık veya baret içindeki beton akışını izlemek için de kullanılabilir.

D. EK-D / DÜZENSİZLİKLERİN YORUMLANMASI

Tanımı gereği yerinde dökme bir betonarme elemanın tasarım kalitesinden ve/veya sürekliliğinden saptığı durumlar düzensizlik olarak kabul edilir ve incelenmesi gerekmektedir. Düzensizlikler mutlaka kusur değildir. Örneğin, geri çekilen delgi aletlerinden dolayı kazıkların beton yüzeyinde oluşacak izler kaçınılmazdır (bkz. Şekil D.1). Bu tür oluklar, uygulamadan sonra yapısal olarak gerekli minimum paspayından ödün verilmediği sürece kusur olarak kabul edilmemelidir.



Şekil D.1 Paspayı kalınlığını etkilemeyen düzensizlik gösteren kazıklar için örnekler

Geoteknik çalışmalarda deneyimli bir uzman tarafından düzensizliklerin kapsamlı bir yorumu yapılmalıdır. Düzensizliğin taşıma kapasitesi veya dayanıklılık üzerinde olumsuz bir etkiye neden olan bir kusur mu yoksa sadece bir anomali mi olduğu objektif olarak değerlendirilmelidir. Aşağıdaki bölümler kusurların yorumlanmasına ve değerlendirilmesine yardımcı olabilir.

D.1 Düzensizliklerin Oluşum Mekanizması

Düzensizliklerin nasıl oluştuğunu anlamak için farklı özel durumların incelenmesi gerekebilir ve düzensizliklerin bunlara bağlı gerçekleştiği iddia edilebilir fakat pratikte tek bir nedeni olmaz ve yorumlanması için tecrübeli bir uzmanın görüşü alınması gerekir.

- Düzensizliklerin yeri – örtü bölgesindeki yoğun donatı veya engellerle mi ilgili?

- Düzensizliklerin sınırlandırılması – Uygulamaya bağlı paspayı kalınlığının değişimi?
- Hapsolmuş malzeme türü – malzemenin karışımı mı yoksa sadece beton bileşenlerden mi oluşuyor?
- Dökme işlemi sırasında düzensizlikler- beton yerleştirme ve tremi boru gömme kayıtları inşaat sırasında sorunları ortaya çıkarır mı?
- Yetersiz işlenebilirlik süresi- belirtilen akış tutma süresine göre geciktirici dozajı?
- Betonun dengesizliği – betonun üzerinde yükselen kalın bir arayüz malzeme tabakasının varlığı, açıkta kalan yüzdeki kanal özellikleri, betonda agrega eksikliği

D.2 Açığa Çıkan Derin Temellerin Doğrudan İncelenmesi

Kazıdan sonra beton yüzey anomalileri görsel olarak değerlendirilebilir ve dokümantasyon için fotoğraflanabilir. Karotlar, değerlendirmek ve donatı ile beton arasındaki bağı incelemek için varsayılan kusurlu bölgelerden alınabilir. Karotlar, beton kalitesi hakkında daha fazla bilgi edinmek için daha ileri testlere veya petrografik analizlere tabi tutulabilir.

D.3 Derin Temellerin Dolaylı Olarak İncelenmesi

Dolaylı muayene, Cross-hole Sonik Logging veya Termal Bütünlük Testi gibi tahribatsız muayene yöntemlerine atıfta bulunur. İlgili yüklenici ile ayrıntılı ön planlama gerektirir.

D.4 Kusurların Tipinin Sınıflandırılması

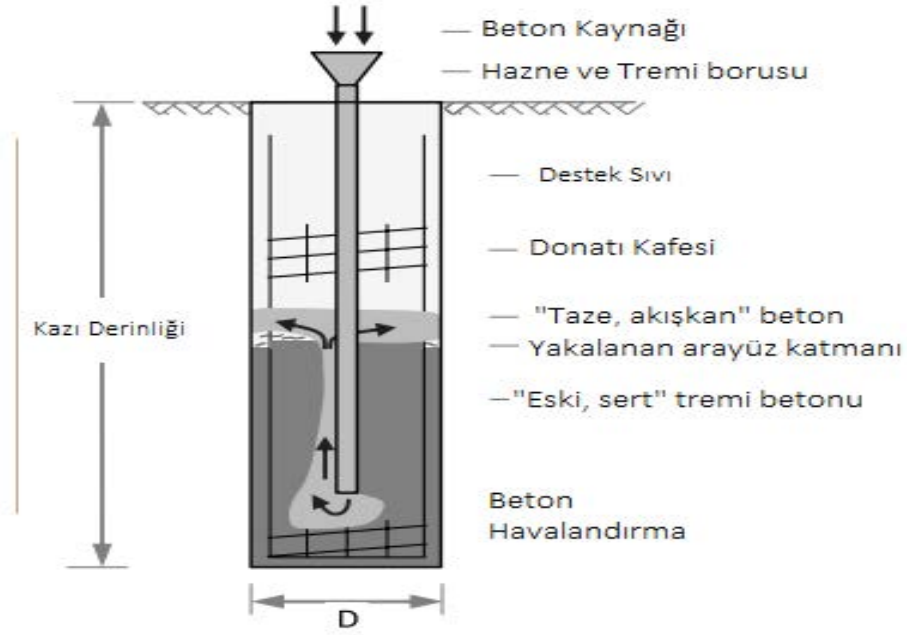
Kusurlar sistematik olarak yorumlandıktan sonra, sınıflandırılmalıdır. Çoğu kusur aşağıdaki üç kategoriden birine girecektir:

KALINTILAR: Temel içerisinde projesinde dikkate alınmış referans betona uymayan sıkışmış malzemelerden oluşur. Ara yüzey tabakası gibi destek sıvısı, hafriyat malzemesi ve beton karışımından kaynaklanan çimentosuz malzeme veya ara yüzey tabakasından kaynaklanan zayıf çimentolu malzeme olabilir. Ayrılmış beton. Şekil D.2'de iki örnek gösterilmektedir.



Şekil D.2 Diyafram duvarı ve kazıktaki kalıntılara örnekler (kazık fotoğrafı Şekil 9.14b, FHWA GEC10'dan alınmıştır).

Kalıntılar, büyüklükleri ve sıklıkları bakımından sınırlıysa genellikle kabul edilebilir. Sadece bunlar taşıma kapasitesini etkileyecek boyutlardaysa veya paspayı bölgesinde geniş parçaları kaplıyorsa ve bu nedenle dayanıklılığı azaltabiliyorsa kusur olarak sınıflandırılmalıdır. Şekil D.3'te gösterildiği gibi, "taze, akışkan betonun" "eski, sert betonun" yerini alamadığı düzensiz bir akış paterni (Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'te gösterildiği gibi kesitin geniş bir alanı üzerinde) bu tür kalıntılara neden olabilir.



Şekil D.3 Beton dökümü sırasında (Şekil 9.13, FHWA GEC10'a göre) arayüz tabakasının kısmen beton tarafından hapsedilmesi ve bir kalıntı oluşumu

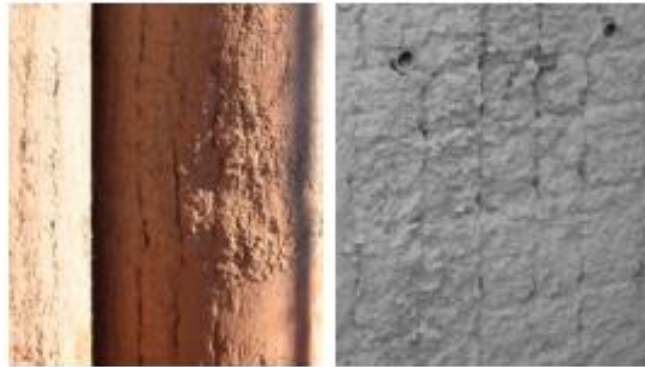
Tahribatsız muayene, kalıntıların belirlenmesinde yardımcı olabilir (bakınız Ek C). Bu testler, kusurluluğun boyutunun daha ileri değerlendirmelerle değerlendirilebileceği özel bilgi ve deneyime ihtiyaç duyar.

KANALLAŞMA: Terleme kanalları olarak da adlandırılır. Bunlar, genellikle panelin yüzeyine yakın, ince ve çimento matrisi eksikliği olan hafifçe çimentolu agregaya sahip dikey dar kanallardır. Bu durum zemin ve saha koşullarında betonun yetersiz stabilitesinden (zayıf ayrışma / terleme direnci) kaynaklanmaktadır. Terleme yolu kanalları izole ve sınırlı kalınlıktalarsa genellikle kusur olarak kabul edilmezler, bu nedenle dayanıklılığı önemli ölçüde azaltmaz (bkz. Şekil D.3). Ek olarak, akan su, dikey donatı çubukları veya geniş elemanların çekirdeği gibi dikey elemanların etrafından gelebilir.

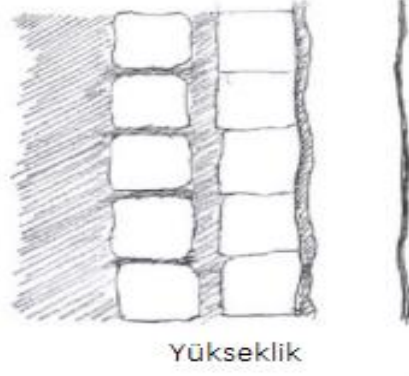


Şekil D.4 Bir kazık ve diyafram duvarının yüzeyinden yukarı doğru uzanan kanal örnekleri

DONATI AÇIĞA ÇIKMASI: Hasır şeklinde etriye ve boy donatılarının tamamlanan eleman yüzeyinde belirgin şekilde görülmesi açığa çıkması. Paspayı donatılar arasından yayılan beton ile sağlıklı bir şekilde doldurulamaz ve donatıların hizasında yarıklar oluşur. Dayanıklılık veya taşıma kapasitesi üzerindeki etkisi (büyüklük ve sıklığa bağlı olarak) önemli olabileceğinden, donatının açığa çıkması bir kusur olarak yorumlanmalı ve daha fazla araştırılmalıdır (bkz. Şekil D.4 ve D.5). Taze betona uygulanan enerji, akışkanlığı, stabilitesi ve geçiş kabiliyeti, kafes yoğunluğu ve beton örtü boyutu bu kusurun derecesine katkıda bulunabilir. Bu durumun, hidrostatik basıncın azaltıldığı platforma yakın yüksek seviyelerde daha yaygın olması muhtemeldir.



Şekil D.5 Kazıkta (sol) ve panelde donatının açığa çıkması (sağ)



Şekil D.6 Farklı derecelerde açığa çıkan donatı

E. EK-E / TASARIM HUSUSLARI HAKKINDA AYRINTILI BİLGİ

Bu Ek Bölüm 2 ile birlikte takip edilmelidir. Projelendirme, paspayı ve beton yayılımını etkileyen tüm etkenler ile ilgili destekleyici bilgiler sunulmaktadır.

E.1 Detaylandırma

Derin temel yapılarının detaylandırılması sadece deneyimli personel tarafından yapılmalıdır.

Donatının sıkışık olmadığından ve ilgili standartlarda verilen minimum net aralık kurallarını karşıladığından emin olmak için özen gösterilmelidir. Yüksek bir donatı yoğunluğunun gerekli olduğu durumlarda, mevcut maksimum donatı çapı ve maksimum donatı aralığı kullanılmalıdır. Birden fazla katmana ihtiyaç duyulduğunda, yeterli beton akışının sürdürülmesine özel önem verilmelidir (bakınız bölüm 3 ve 6). Genellikle çok yoğun donatı, derin temel elemanın boyutlarının arttırılması gerektiğini gösterir.

Donatı Kafes tasarımı ile ilgili ek kısıtlamalar:

- Kaldırma ve yerleştirme için ek donatı (ör. etriye ve çapraz donatılar)
- Stop-end için boşluk (kullanıldığı yerlerde)
- Tremi borusu için boşluk
- Enstrümantasyon
- Taşıma kısıtlamaları nedeniyle genişlik ve uzunluk kısıtlamaları
- Donatı kafesinin ağırlığı
- Örtü bölgesindeki paspayları, ilave plakalar veya manşonlar gibi öğeler
- Ankraj ve Tie-back geçişleri için bırakılan rezervasyonlar


Kafesler için detaylandırma gereksinimleri Çizelge E.1, E.2 ve E.3'te özetlenmiştir. EN 1992 gibi yapısal kodlar, özellikle yapısal elemanların aralığı ve beton kaplaması için detaylandırma için genel düzenlemeler belirlemiştir. Bunlar aynı zamanda derin temeller için, yani yapısal tasarımları için de geçerlidir. Donatı kafesinin boyutları gibi uygulama toleransları dikkate alınır, ancak bunlar derin temeller için tüm spesifik

toleransları kapsayamaz. EN 1536 ve EN 1538 gibi uygulama standartları, bazen çelişkili yorumlara da yol açan ek düzenlemeler getirmiştir.

E.2 Donatı Net Aralığı

Donatı çubukları arasındaki net aralık, betonun örtü bölgesine akma kabiliyetini etkiler ve saha koşullarına uygun olmalıdır. Donatı kafesinin ortasından geçen enine donatı (çirozlar, etriyeler, manşonlar vb.) betonun dikey yukarı doğru akışını etkiler. Derin temeller için donatı çubuklarının aralığının, uygulama gereklilikleri nedeniyle, yapısal şartnamelerin gerektirdiğinden çok daha yüksek olacağı konusunda fikir birliği vardır. Bölüm 2.2'de belirtildiği gibi, dikey olarak 100 mm [4 inç] minimum net aralık zorunlu olmalıdır. FHWA GEC10, zorlu koşullar için maksimum agrega boyutunun 5 ila 10 katı arasında değerler önerir, yani çok büyük veya çok derin elemanlar, çoklu donatı katmanları ve karmaşık kafes geometrisi durumları için geçerlidir. Bu aynı zamanda ekleme bölgelerini veya çubukların manşonlarla bağlandığı yerleri de içerir. Saha denemeleri ve simülasyonlarla gelecekteki araştırmaların, uygun net aralık için daha iyi kurallar oluşturulmasına yardımcı olabileceği umulmaktadır.

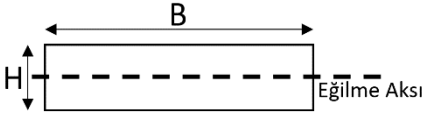
Çizelge E.1 Fore kazıklar ve baretler için yaygın olarak kullanılan donatı gereksinimleri

FORE KAZIKLAR VE BARETLER İÇİN MİNİMUM DONATI				
				
ŞARTNAME	MADDE	DEĞER	YORUM	
Yük eksantrikliğinin kazıklarda D/8'i veya baretler için H/6'yı aşmadığı elemanlar için				
Dikey Donatılar	ACI336.3R-14, 4.6, ACI318'e atıfta bulunarak (bkz. ACI318-14, 10.6.1)	1% A_c	A_c 'nin nominal kesit olduğu sade beton olarak tasarlanamayan basınç elemanları için	
	EN1536:2010+A1, Tablo 3	$> 0.5\% A_c$	$A_c < 0.5m^2$	A_c 'nin nominal basınç kazığı kesiti olduğu yerlerde.
		$> 0.0025m^2$	$0.5m^2 < A_c < 1.0m^2$	
		$> 0.25\% A_c$	$A_c > 1.0m^2$	
Etriyeler, ringler veya spiral donatılar	ACI336.3R-14, 4.6 ACI318'e atıfta bulunarak (bkz. ACI318-14, 10.6.1)		Madde 10-5 de verilen ifade minimum etriye donatı alanını verir	
	EN1536:2010+A1, Tablo 4	$\geq 6mm$	Etriyeler, ringler veya spiral donatılar	
		dikey çubukların maksimum çapının dörtte biri		
	$\geq 5mm$	Kaynaklı hasır donatı		
Yük eksantrikliğinin kazıklar için D/8'i veya baretler için H/6'yı aştığı elemanlar için				
Dikey Donatılar	EN1992-1-1:2004+A1, 9.3.1	$(f_{cm}/f_{yk}) A_c$ Ancak % 0.5 A_c 'den az olmamak üzere	burada f_{cm} , betonun karakteristik dayanımından 8 MPa daha yüksek olarak alınabilen ortalama mukavemetidir ve f_{yk} , donatının akma dayanımıdır (bu ifadeler, donatının dörtte birinden biraz fazlasının gerilme yüzündeki çatlamayı kontrol ettiğini varsayar)	
Etriyeler, ringler veya spiral donatılar (gerektiğinde) kesme mukavemeti için)	EN1992-1-1:2004+A1, 9.2.2	Etriye ve çiroz demiri alanı $0.08 [f_{ck}]^{1/2}/f_{yk}$ (baret ve kazık)	s, spiral donatı etriyelerinin aralığıdır, f_{ck} betonun karakteristik mukavemetidir, f_{yk} donatının akma dayanımıdır (N/mm ²).	
	EN1992-1-1:2004+A1, 9.2.2	kazıklar için etriyelerin dikey aralığı $< 0,6 D$. baretler için etriyelerin dikey aralığı $< 0.6 H$. spiral donatı aralığı $< 0.3 D$.	(Etkili derinliğin kazıklar için yaklaşık 0.8 D, Baretler için 0.8 H olduğunu varsayar ve potansiyel kesme düzleminin spiral donatı ile en az üç kez kesiştiği varsayılır)	

Çizelge E.1 Fore kazıklar ve baretler için yaygın olarak kullanılan donatı gereksinimleri (devamı)

FORE KAZIKLAR VE BARETLER İÇİN NET ARALIK			
ŞARTNAME	MADDE	DEĞER	YORUM
Yük eksantrikliğin kazıklar için D/8'i veya baretler için H/6'yı aşmadığı elemanlar için			
Donatıların yatay ve dikey net aralığı	EN1992-1-1:2004+A1, 9.3.1	100 mm	Bindirmeler de dahil olmak üzere.
	ACI336.1-01, 3.4.9	4 D _{max}	D _{max} maksimum agrega boyutudur
	EN1536:2010+A1, 7.5.2.5	< 400 mm	mümkün olduğunca geniş, ancak 400 mm'den az.
	EN206:2013+A1, Ek D.2.2	4 D _{max}	D _{max} maksimum agrega boyutudur
	EN1536:2010+A1, 7.5.2.6	100 mm	tek veya boyuna donatı demetleri için.
	EN1992-1-1:2004+A1, 9.3.1	>80 mm	bindirme bölgesi için, D _G < 20 mm olması koşuluyla (özel değerlendirme Yeterli beton akışının sağlanmasına önem verilmeli, bkz. bölüm 3 ve 6).
	EN1536:2010+A1, 7.5.2.7	1.5 D _{max} ve 2 D _s	Radyal olarak yerleştirilmiş, D _s 'nin donatı çapı olduğu donatı demetleri için.

Çizelge E.2 Diyafram duvarları için yaygın olarak kullanılan güçlendirme gereksinimleri

DIYAFRAM DUVARLAR İÇİN MİNİMUM DONATI			
			
ŞARTNAME	MADDE	DEĞER	YORUM
Yük eksantrikliğinin kazıklar için D/8'i veya baretler için H/6'yı aşmadığı elemanlar için			
Dikey - yük eksantrikliğinin H/6'yı geçmediği duvarlar için	EN1992-1-1:2004+A1, 9.6.2	0.2% A_c	A_c 'nin panelin nominal alanı olduğu durumlarda
	EN1538:2010+A1, 7.5.3.1	$D_s > 12$ mm	burada D_s (çelik) donatı çapıdır
	EN1538:2010+A1, 7.5.3.1	3 donatı / m	donatı kafesinin her iki tarafında
Dikey - yük eksantrikliğinin H/6'yı aştığı duvarlar için	EN1992-1-1:2004+A1, 9.3.1	Her yüz / birim uzunluktaki minimum alan = $0,26 (f_{cm}/f_{yk}) d$, ancak 0.0013 d'den az olmamalıdır	burada f_{cm} , betonun karakteristik dayanımından 8 MPa daha yüksek olarak alınabilen ortalama mukavemetidir ve f_{yk} , donatının akma dayanımıdır ve D, basınç yüzeyinden çekme donatısının merkezine etkili derinliktir
	EN1538:2010+A1, 7.5.3.1	$D_s > 12$ mm	burada $D_s =$ (çelik) çubuk çapı
	EN1538:2010+A1, 7.5.3.1	3 donatı / m	donatı kafesinin her iki tarafında
Yatay	EN1992-1-1:2004+A1, 9.6.3	minimum toplam alan / birim yükseklik $> 0.1\% A_c$	A_c 'nin panel / birim yüksekliği boyunca dikey kesitin nominal alanı olduğu durumlarda
	EN1992-1-1:2004+A1, 9.6.3	Her yüzdeki minimum alan/birim yükseklik $> \%25 A_{sv}$	burada A_{sv} , yüz / birim uzunluğunda dikey takviye alanıdır
	EN1538:2010+A1		Özel gereksinim yok
Kalınlık boyunca etriyeler (gerektiğinde) kesme mukavemeti için)	EN1992-1-1:2004+A1, 9.2.2	Duvarın minimum alanı/birim alanı (yükseklikçe) $(0.08 [f_{ck}]^{1/2})/f_{yk}$	f_{ck} 'nın betonun karakteristik dayanımı, f_{yk} donatının akma dayanımıdır
	EN1992-1-1:2004+A1, 9.2.2	yatay aralık $\leq 0.75 d$, ancak 600 mm'den fazla değil	burada d, basınç yüzeyinden akma donatısının merkezine etkili derinliktir
	EN1992-1-1:2004+A1, 9.2.2	dikey aralık $\leq 0.75 d$	

Çizelge E.3 Diyafram duvarları için yaygın olarak kullanılan güçlendirme gereksinimleri (devamı)

DIYAFRAM DUVARLAR İÇİN NET ARALIK			
ŞARTNAME	MADDE	DEĞER	YORUM
Yük eksantrikliğinin kazıklar için D/8'i veya baretler için H/6'yı aşmadığı elemanlar için			
dikey donatıların net aralığı	EN206:2013+A1, Ek D.2.2	$\geq 4 D_{max}$	D_{max} maksimum agrega boyutudur
	EN1538:2010+A1, 7.5.3.2	≥ 100 mm	duvar yüzüne paralel tek donatı veya gruplardan.
	EN1538:2010+A1, 7.5.3.3	≥ 80 mm	bindirme bölgesi için, D_{max} 'in $20 \text{ mm} <$ olması koşuluyla (yeterli beton akışının korunmasına özel dikkat gösterilmelidir, bkz. bölüm 3 ve 6).
yatay donatıların dikey net aralığı	EN1538:2010+A1, 7.5.4.2	≥ 200 mm	
	EN1538:2010+A1, 7.5.4.3	≥ 150 mm	gerektiğinde, D_{max} 'in maksimum agrega boyutu olduğu $20 \text{ mm} <$ olması şartıyla.
enine donatıların yatay net aralığı	EN1538:2010+A1, 7.5.4.4	≥ 150 mm	
	EN1538:2010+A1, 7.5.4.5	≥ 200 mm	Önerilen
bitişik kafeslerin yatay net aralığı	EN1538:2010+A1, 7.5.5.1	≥ 200 mm	
	EN1538:2010+A1, 7.5.5.2	≥ 400 mm	Önerilen
su uçları dahil kafeslerin ve derzlerin yatay açık aralıkları	EN1538:2010+A1, 7.5.5.3	≥ 100 mm	
	EN1538:2010+A1, 7.5.5.4	≥ 200 mm	Önerilen

Çizelge E.4 Kenetlenme, Ankraj, Bindirme Boyları ve Çatlak Genişliği için ortak gereksinimler

FORE KAZIKLAR VE DİYAFRAM DUVARLAR İÇİN		
YER	MADDE	YORUM
Yük eksantrikliğinin kazıklar için D/8'i veya baretler için H/6'yı aşmadığı elemanlar için		
Ankraj	ACI318-14, 25.4.2	Çekme donatıları
	ACI318-14, 25.4.9	Basınç donatıları
Bindirme uzunluğu	ACI318-14, 25.5.2	Çekme donatıları
	ACI318-14, 25.5.5	Basınç donatıları
	ACI318-14, 25.6	Destelenmiş donatılar için ek kurallar.
	ACI318-14, 10.7.5.2	kazıklar için de geçerli olduğu varsayılan kolonlar için ek kurallar.
Kenetlenme Boyu	EN1992-1-1:2004+A1, 8.4.2	Destek sıvısı kullanılmamışsa, bağ koşulları normalde hem dikey hem de yatay çubuklar için 'iyi' olarak sınıflandırılır. Destek sıvılarının bağ üzerindeki etkisi konusunda uzman tavsiyesi (örneğin, Jones ve Holt, 2004) aranmalıdır.
Ankraj uzunluğu	EN1992-1-1:2004+A1, 8.4.4	Paspayının donatı çapını aştığı durumlarda, α_2 faktörü daha küçük olarak alınabilir
Bindirme uzunluğu	EN1992-1-1:2004+A1, 8.7.3	Paspayının çubuk boyutunu aştığı durumlarda, α_2 faktörünün daha küçük olarak alınabilir. Bununla birlikte, α_6 faktörü genellikle 1.5 olacaktır ve bu da tüm çubukların tek bir yerde bindirmesine karşılık gelir. Manşonların kullanımı, özellikle EN1992-1-1, 8.8'in 32 mm'den (İngiltere 40 mm) daha büyük bir çapa sahip olduğunu belirttiği büyük çubuklar için dikkate alınmalıdır.
ÇATLAK GENİŞLİKLERİ		
YER	MADDE	YORUM
Çatlak genişliklerinin hesaplanması	ACI336.3R-14	Gereksinim yok
	EN1992-1-1:2004+A1,7.3.4	EN1992-1-1'in Birleşik Krallık Ulusal Eki'ndeki Tablo NA.4 altındaki yorumların, paspayının dayanıklılık için gerekenden önemli ölçüde daha büyük olduğu durumlar da tavsiyede bulunmaktadır ve görünüm gereksinimleri aranmamaktadır. Bu koşullar altında, dayanıklılık için gerekli olan paspayındaki çatlak genişliğini belirlemek ve ilgili maksimum çatlak genişliğini aşmadığını doğrulamak makul olacaktır. Bu, çatlak genişliğinin çubuğun yüzünde sıfır olacak şekilde yüzeydeki hesaplanan değere doğrusal olarak değiştiği varsayılarak yapılabilir.

E.3 Paspayı, Beton Örtü

Paspayı yapısal gereksinimler açısından hem durabilite hem de donatı kenetlenme bölgesinde sıyrılma kuvvetlerine karşı direnç sağlamak için gereklidir. Tremi ile betonlanan derin temel uygulamaları için, uygulama standartlarında (EN 1536 ve EN 1538, ACI 301) belirtildiği gibi uygun miktarda örtünün sağlanması gerekmektedir. Betonun donatıyı çevrelemesini sağlamak ve bu örtü bölgesinde dayanıklı beton elde etmek için donatı çubuklarının tamamen beton içinde kalması kritik öneme sahiptir.

Kenetlenme, durabilite ve uygulama için gerekli minimum değerlerin en büyüğü inşaat toleransları dikkate alınarak Bölüm 2.3'te verildiği ve aşağıda gösterildiği gibi arttırılabilir.

Nominal örtü = durabilite, kenetlenme, uygulama için gerekli minimum genişliklerin en büyüğü + inşaat toleransı için pay için teminat için gereken minimumdan daha büyük:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \text{ with } c_{min} \geq \max \left[\begin{array}{l} c_{min, \text{yapısal}} \\ c_{min, \text{uygulama}} \end{array} \right]$$

Bu Kılavuzun genel önerisi, uygulama için minimum nominal örtünün 75 mm [3 inç], yani minimum 50 mm [2 inç] örtü artı 25 mm [1 inç] tolerans olması gerektiğidir. Nominal örtü, örneğin EN 1992'de verilen yapısal minimum örtüye karşılık gelen miktar kadar 50 mm [2 inç] 'den (yukarıda verildiği gibi) büyük olduğu durumlarda arttırılmalıdır.

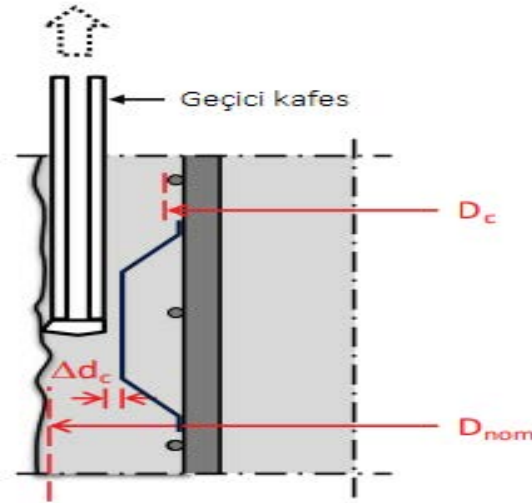
Not 1: Beton akışı koşullarının kritik olduğu düşünülüyorsa, uygulama için minimum örtü arttırılmalıdır. EN 1536'da, 32 mm'lik [1 1/4 inç] büyük bir maksimum tane boyutunun kullanıldığı veya beton viskozitesinin arttırıldığı (örneğin, silika dumanının çimentonun yerini %5 veya daha büyük bir oranda önemli bir oranda aldığı durumlarda) veya yumuşak zeminde muhafaza kullanılmadan bazı örnekler verilmiştir.

Not 2: FHWA GEC 10, daha büyük çaplı şaftlar için daha kalın örtü önerir, yani çapı 1 m'den [3 ft] büyük olmayan şaftlar için 75 mm [3 inç] örtü, daha büyük çap için 100 mm [4 inç] örtü 1 m [3 ft] ancak 1,5 m'den [5 ft] büyük olmayan ve 1,5 m'nin [5 ft] üzerindeki çaplar için 150 mm [6 inç] örtü.

Not 3: EN 1536, uygulama için minimum beton örtünün, kullanıldığı yerde, kalıcı bir muhafazanın veya astarın dış yüzüne 40 mm'ye [1,5 inç] düşürülmesine izin verir. Donatı kafesinin bir muhafazanın iç yüzüne hem geçici hem de kalıcı olarak minimum örtünün 50 mm'den [2 inç] az olmaması önerilir. Bu durumda inşaat toleransları için bir izin gerekli değildir, ancak kafes montajı için ek bir tolerans hala zorunludur, bkz. Şekil E.1.

Not 4: Kafesler ve derzler veya stop-endler arasında gerekli mesafe beton örtüden bağımsızdır. EN 1538 +A1, 7.5.5.3 ve 7.5.5.4 uyarınca bu mesafeler sırasıyla > 100 mm [4 inç] ve < 200 mm [8 inç] olmalıdır.

Not 5: Birçok tasarımcı, yüzdeki çatlak genişliğinin aşırı olabileceği gerekçesiyle büyük bir beton örtü uygulamak konusunda isteksizdir. Çatlak genişliği sadece minimum örtü konumunda hesaplanmalı, bu değer dışındaki beton fazlalık olarak kabul edilmelidir (bakınız CIRIA Kılavuzu C760 ve ACI 350).



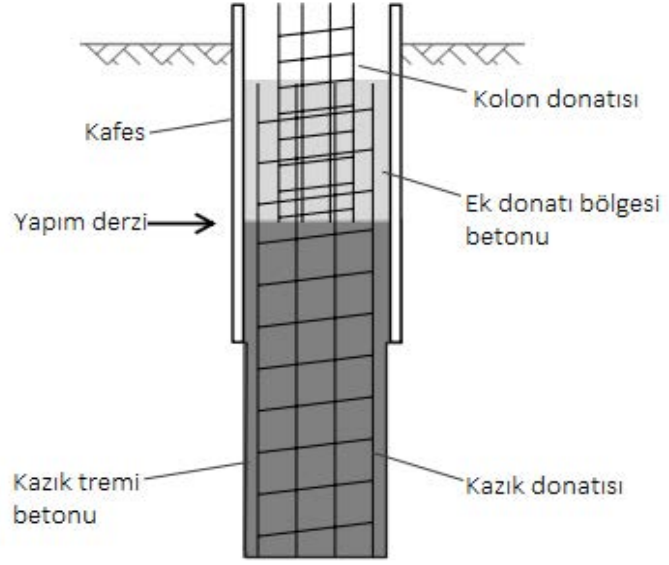
Şekil E.1 Geçici kılıf ile desteklenen fore kazıklarda beton örtü (Şekildeki yazı da geçici kılıf olarak değiştirilmeli)

E.4 Tek Kazıklar Üzerinde Tek Kolonlar

Kafes bağlantı ayrıntıları, tek bir kolonu desteklemek için tek bir kazığın kullanıldığı ve kolon ile kazık donatısı arasındaki ek noktanın kazığın üst kısmına yakın bir yerde gerçekleştiği kazıklar için inşa edilebilirlik açısından bir zorluk oluşturabilir. Bu ayrıntı, temassız bir tur ek yerinin kullanıldığı ve kolon donatısının Şekil E.2'de gösterildiği gibi kazık donatısı içinde ayrı bir kafesten

oluştugu durumlarda özellikle sıkışık olabilir. İletim kulelerine, işaret direklerine veya benzeri yapılara ankraj cıvata bağlantıları da bu tür tıkanıklığa neden olabilir. Tremi betonunun, kazığın en üstündeki kirli betonu hapsedmeden iki donatı kafesinden geçmesi özellikle zordur.

Bu durum için en etkili çözüm, ek yerin altındaki bir yerde bir inşaat derzi sağlamaktır, böylece kazık başı kesilebilir ve beton ekleme bağlantısında konvansiyonel yapı betonu gibi kuru olarak dökülebilir. Bu yaklaşım tipik olarak, inşaat derzinin üzerinde sabit bir kazık kazısı sağlamak için bir yüzey kafesinin kullanılmasını gerektirir. İnşaat derzinin yüzeyi tipik olarak, ek yere beton yerleştirilmeden önce herhangi bir arayüz tabakasının, tahliye suyunun veya kirlenmiş betonun çıkarılmasıyla hazırlık yapılmasını gerektirir. Bazı durumlarda, ekleme bölgesi içindeki sıvıları ve kirlenmiş betonu çıkarmak ve beton işlenebilir kalırken ek yeri tamamlamak mümkün olabilir. Kazık içindeki üst üste binmenin nispeten kısa olduğu bazı durumlarda (örneğin, 2 m'ye [7 ft]'ye kadar), beton yerleştirme tamamlandıktan sonra iç kafesi taze betona yerleştirmek mümkün olabilir. Bu yaklaşım uzun bir kolon kafesi ile ağır olsa da, bir ek kafesi olarak veya bir ankraj cıvata montajı için derecenin üzerine çıkmak için kullanılan kısa bir donatı bölümü ile yönetilebilir. Bu işlem (genellikle "ıslak derz olarak adlandırılır), Kolon kafesinin hassas olarak yerleştirilmesindeki zorluklar ve betonun işin tamamlanması süresi içinde yeterince akışkan kalmaması nedeniyle hizalama toleranslarının sıkı olduğu durumlarda sınırlı kullanma imkanı olabilir.



Şekil E.2 Bir üst yapı kolonunu desteklemek için kullanılan fore kazık için bağlantı ayrıntıları

F. EK-F / FAKTÖRLERİN SEÇİMİ VE BETON AKIŞI ÜZERİNE ETKİLERİ

Önemli faktörlerin seçimi ve bunların derin bir temel içinde beton akışı ve kalite üzerindeki etkileri Çizelge F.1'de gösterilmiştir. Bu Çizelge, Görev Grubu'nun ortak anlayışını yansıtmaktadır. Liste kapsamlı değildir, ancak bu Kılavuzun içeriğine geniş bir genel bakış sağlar.

Çizelge F.1 Çeşitli faktörler ve bunların beton akışı ve derin temellerin kalitesi üzerindeki olası etkileri

PARAMETRE	ÖNERİ	ETKİSİ/ETKİLERİ	bkz
Net donatı aralığı	Büyütmek	Daha az blokaj ve içinden geçen betona karşı daha az direnç. Donatı demirlerinin yetersiz gömülme riskini en aza indirir.	2.2, Uygulama E 6.8
Çok katmanlı donatı	Kaçınmak	İçinden geçen betona karşı daha az direnç.	2.2
Beton örtü	Artırmak	Donatı açığa çıkma riskini azaltır ve filtre keki kalınlığı için bir güvenlik marjı görevi görebilir.	2.2
Beton reolojisi ve işlenebilirliği	Orta/düşük akma gerilimi Orta viskozite	Yüksek akma ve yüksek viskozite, zayıf akışkanlığa neden olur. Çok düşük akma gerilimi kararsızlığa neden olabilir. Özelliklerin fazla değişiklik göstermesi düzensiz akışa neden olur.	3.2 4.3 6.7
Tiksotropi	Kontrol	Dinlenme süreleri boyunca betonun akma gerilmesindeki aşırı artış, düzensiz akışa neden olabilir. Betonda aynı etki daha az filtrasyon, terleme veya ayrışmaya yol açacaktır.	3.2
Beton stabilitesi	Kontrol	Aşırı filtrasyon, terleme veya ayrışmaya, düzensiz akışa ve anomalilere yol açabilir.	3.3
İlavelerin ve (kimyasal) katkıların kullanımı	Optimize	Reolojiyi geliştirir. Beton karışımının sağlamlığını ve stabilitesini etkileyebilir (orantılama ve etkileşimlere bağlı olarak).	4.4
Çökme yayılma	Çizelge 5.1'e göre	Daha yüksek değerler daha iyi işlenebilirlik ancak daha az stabilite sağlar.	5.1
Çökme yayılma hızı	Çizelge 5.1'e göre	Düşük değerler, toplam dökme süresini artıracak akışa karşı daha yüksek dirence yol açar.	5.1

Çizelge F.1 (devamı)

Uygunluk testi	Tasarım aşamasında laboratuvar denemeleri Yinelemek	Betonla ilgili projeye özgü gereklilikleri karşılamak için mevcut bileşenlerle uygun karışımın bulunması, uygunluk değerlerinin belirlenmesi Farklı bileşenler veya dozajlar ile uygunluğun kanıtlanması.	5.2
Uygunluk testi	Uygulamanın başlangıcında saha denemeleri Beton karışımı tasarımını uyarlayın	Tasarım aşamasında belirtilen özelliklerin, tedarikçiden gelen gerçek beton ile elde edilebileceğini teyit etmek. Beton karışım tasarımındaki küçük değişikliklerle tasarlanan performansa uygunluğun sağlanması; Aksi takdirde uygunluk testini tekrarlayın.	5.2
Kabul testi	Uygulama sırasında sıklıkla	Şartnamelerle uygunluğun düzenli olarak kanıtlanması ve QC yönetmeliklerine uyulması.	5.2
İşlenebilirliğin korunması	Kontrol	Tasarlanan dökme süresinin sonunda hala işlenebilir betona izin verir. Yetersiz işlenebilirliğe yol açabileceğinden, akma stresinde aşırı bir artıştan kaçınılmalıdır. Daha uzun süre kalıcılık terlemeyi ve ayırışmayı artırabilir.	5.3
Toplam süre	Gecikmeleri en aza indirin	Betonun reolojisinde daha az değişiklik.	5.3
Tabandaki birikme	sınırlayın	Tabandaki birikme, ilk beton ile karışabilir ve süreksizliklere katkıda bulunabilir.	6.2
Destek sıvısının yoğunluğu	sınırlayın	Beton akışına karşı daha az direnç.	6.2
Destek sıvısının temizliği	Arttırın	Destek sıvısındaki daha fazla zemin, betonun üstünde daha kalın bir arayüz tabakasına neden olabilir.	6.2
Tremi boru yüzeyi	Pürüzsüz ve temiz	Beton ve tremi boru arasındaki sürtünmeyi ve akış kısıtlamasını sınırlar.	6.3
Tremi aralığı	sınırlayın	Daha uzun akış mesafesi, donatı kafesinin yakınında, paspayı bölgesinde veya etriyelerin yakınında sorunlara neden olabilir.	6.4 6.8
Gömülü Tremi boyu	En aza indirmek	Daha hızlı beton akışı. Tremi borusunun altındaki betonda (yerleştirilmiş) hareketin daha erken durması. Dinamik ayırışma riskinde azalma.	6.6
Her bir mikser karışımının işlenebilirliğindeki değişiklikler	Sınırlayın	Yüksek varyasyonlar akış mekanizmasının değişmesine neden olabilir ve düzensiz akış modellerine neden olabilir.	9

KAYNAKLAR

ACI CT-13 ACI Concrete Terminology - An ACI Standard, 2013.

ACI 211.1-91 Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (Reapproved 2009). ACI, 1991.

ACI 301-16 Specifications for Structural Concrete. ACI, 2016.

ACI 304R-00 Guide for Measuring, Mixing, Transporting, and Placing Concrete (Reapproved 2009). ACI, 2000.

ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. ACI, 2014.

ACI 336.1-01 Specifications for the Construction of Drilled Piers. ACI, 2001.

ACI 336.3R-14 Report on Design and Construction of Drilled Piers. ACI, 2014.

ACI 350-06 Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures. ACI, 2006.

ACI 543R-12 Guide to Design, Manufacture, and Installation of Concrete Piles. ACI, 2012.

ASTM C143-15 Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete. ASTM Standard, 2015.

ASTM C232-14 Standard Test Method for Bleeding of Concrete. ASTM Standard, 2014.

ASTM C1602-12 Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete. ASTM Standard, 2012.

ASTM C1610-14 Standard Test Method for Static Segregation of Self-Consolidating Concrete Using Column Technique. ASTM Standard, 2014.

ASTM C1611-14 Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete. ASTM Standard, 2014.

ASTM C1712-17 Standard Test Method for Rapid Assessment of Static Segregation Resistance of Self-Consolidating Concrete Using Penetration Test. ASTM Standard, 2017.

ASTM D6760-16 Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing. ASTM Standard, 2016.

ASTM D7949-14 Standard Test Method for Thermal Integrity Profiling of Concrete Deep Foundations. ASTM Standard, 2014.

EN 196-3:2016 Methods of testing cement – Part 3: Determination of setting time and soundness. European Standard. CEN, 2016.

EN 197-1:2011 Cement – Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements. European Standard. CEN, 2011.

EN 206:2013 + A1:2016 Concrete – Specification, performance, production and conformity. European Standard. CEN, 2016.

EN 450-1:2012 Fly ash for concrete. Definition, specifications and conformity criteria. European Standard. CEN 2012

EN 480-4:2005 Admixtures for concrete, mortar and grout. Test methods. Determination of bleeding of concrete. European Standard. CEN, 2005.

EN 1008:2002 Mixing water for concrete - Specification for sampling, testing and assessing the suitability of water, including water recovered from processes in the concrete industry, as mixing water for concrete, 2002.

EN 1536:2010 + A1:2015 Execution of special geotechnical work – Bored piles. European Standard. CEN, 2015.

EN 1538:2010 + A1:2015 Execution of special geotechnical work – Diaphragm Walls. European Standard. CEN, 2015.

EN 1992-1-1:2004 + A1:2014 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 11: General rules, and rules for buildings. European Standard. CEN, 2014.

EN 1997-1:2004 + A1:2013 Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules. European Standard. CEN, 2013.

EN 12350-1 to -12 Testing fresh concrete – Parts 1 to 12. European Standard. CEN-1 Sampling -2 Slump test -5 Flow table test -8 Self-compacting concrete. Slump-flow test -11 Self-compacting concrete. Sieve segregation test 2009 to 2010.

EN 13263-1:2005+ A1:2009 Silica fume for concrete. Definitions, requirements and conformity criteria. European Standard. CEN, 2009.

EN 15167-1:2006 Ground granulated blast furnace slag for use in concrete, mortar and grout. Definitions, specifications and conformity criteria. European Standard. CEN, 2006.

EN ISO 9001:2015 Quality management systems. Requirements. European and International Standard. CEN + ISO, 2015.

EN ISO 10414-1 Petroleum and natural gas industries – Field testing of drilling fluids (ISO 10414:2008) Part 1: Water-based fluids, 2008.

CEN/TR 16639 Use of k-value concept, equivalent concrete performance concept and equivalent performance of combinations concept. Technical report. CEN, 2014.

AASHTO R81 Standard Practice for Static Segregation of Hardened Self-Consolidating Concrete (SCC) Cylinders, 2017.

AASHTO T318 Standard Method of Test for Water Content of Freshly Mixed Concrete Using Microwave Oven Drying, 2015.

API RP 13B-1 Field testing for Water-Based Drilling Fluids. API Recommended Practice 13B-1. 4th edition, 3-2009 2009.

Z17, CIA Tremie Concrete for Deep Foundations. Recommended Practice, Concrete Institute of Australia, Australia, 2012.

CIRIA C580 Embedded retaining walls – guidance for economic design. CIRIA. London, UK 2003.

CIRIA C760 Guidance on embedded retaining wall design. CIRIA, London, UK 2017

DAfStb Guideline on SCC Selbstverdichtender Beton (SVB-Richtlinie). DAfStb. Beuth. Berlin, Germany 2003.

DIN 1045-2 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1 2001.

DFI Publication 74 Industry practice standards and DFI practice guidelines for structural slurry walls. Deep Foundations Institute , 2005.

FHWA GEC10 Drilled Shafts: Construction Procedures and LRFD Design Methods. Geotechnical Engineering Circular No. 10. Publication No. FHWA-NHI-10-016.

National Highway Institute, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, D.C.,2010.

Guide technique LCPC Ouvrages de soutènement - Recommandations pour l'inspection détaillée, le suivi et le diagnostic des ouvrages de soutènement en parois composites – Guide technique LCPC – Laboratoire Central des Ponts et Chaussées - Paris Cedex, 2003.

ICE SPERW The ICE Specification for Piling and Embedded Retaining Walls. 3rd edition. ICE. UK 2017.

Support Fluid Guide Guide to Support Fluids for Deep Foundations. 1st Edition. EFFC and DFI New Zealand Geotechnical Society Inc. Guideline for Hand Held Shear Vane Test 2001.

Merkblatt Weiche Betone Weiche Betone. Betone mit Konsistenz > F 59. Inklusive ergänzender Klarstellungen. ÖBV. Dezember 2009, Wien, Austria.

[en: Guideline on Soft Concrete. Concrete with consistency equal or greater than a 59 cm flow (tested acc. to EN 12350-5)], 2009.

NF P94-I60-1 Auscultation d'un élément de foundation, partie 1: Méthode par transparence. AFNOR. Paris, France 2000.

NF XP P 18-468 Béton – Essai pour béton frais - Ressuage. AFNOR. Paris, France 2016.

Recommendations on Piling (EA Pfähle). 2nd edition 2012. DGGT (Ed.). Wiley, Berlin, Germany 2012.

Richtlinie Bohrpfähle Richtlinie Bohrpfähle. ÖBV. 2013, Wien, Austria [en: Guideline on Bored Piles], 2013.

Richtlinie Dichte Schlitzwände Richtlinie Dichte Schlitzwände. ÖBV. 2013, Wien, Austria (Guidelines on Waterproof Cut-Off Walls) 2013.

Aitcin, P.-C., Flatt, R.J. (Ed.) Science and Technology of Concrete Admixtures. Woodhead Publishing 2015.

Azzi A. et al Relationship between mix designs and bleeding for SF-SCC applied to diaphragm walls. International Concrete Sustainability Conference, SCC-2016, Washington, US, pp. 1129-1139 2016.

Beckhaus K., Heinzelmann H. Cross-Hole Sonic Integrity Testing for Bored Piles – A Challenge. Proceedings of the International Symposium on Non-Destructive Testing in Civil Engineering. NDT-CE 2015, Berlin 2015.

Böhle B., Pulsfort, M. Untersuchungen zum Fließ- und Ansteifverhalten von Beton bei der Herstellung von Bohrpfählen. 33. Baugrundtagung, 2014. DGGT, Berlin, Germany [en: Fluid and casing supported Execution of bored Piles and their effects on Concrete Flow Behaviour], 2014.

Brown D., Schindler A. High Performance Concrete and Drilled Shaft Construction. Contemporary Issues in Deep Foundation - Conference Proceedings. GeoDenver 2007, USA 2007.

Dairou M.M. et al Influence of concrete structural buildup at rest on the penetration of reinforcement cages in piles. International Journal of Structural Analysis and Design, IJSAD, Vol. 2, Issue 1, pp. 77-82, 2015.

DAfStb Guideline on SCC Selbstverdichtender Beton (SVB-Richtlinie). DAfStb. Beuth. Berlin, Germany 2003.

Deese G.G., Mullins, G Factors Affecting Concrete Flow in Drilled Shaft Construction. GEO3 – GEO Construction Quality Assurance/Quality Control Conference. Dallas, Texas 2005.

Dreux G., Festa J. Nouveau Guide du Béton et de ses constituants. Eyrolles, Paris, France [en: New Guide on concrete and its constituents),1998.

Feys D. Why using an air-entrainer to increase workability is not a great idea for deep foundations. Proceedings of the DFI-EFFC International Conference on Deep Foundations and Ground Improvement, Rome, Italy 2018.

Harrison T A. Control and conformity of water to binder ratio in fresh concrete. Concrete Society Technical Report 76 2017.

Jones A.E.K., Holt D.A. Design of laps for deformed bars in concrete under bentonite and polymer drilling fluids. Structural Engineer, vol. 82. London, UK,2004.

Kosmatka S., et al Design and Control of Concrete Mixtures. 14th Edition, Portland Cement Association. Skokie, IL, USA 2003.

Kraenkel T., Gehlen C. Rheology and Workability Testing of Deep Foundation Concrete in Europe and the US. Research Report No. 20-F-0107, Chair of Materials Science and Testing, Centre for Building Materials, Technical University of Munich 2018.

Li C., et al Numerical simulation of fresh concrete flow in deep foundations, Engineering Computations 2018.

Littlechild B., Plumbridge G. Effects of construction technique on the behaviour of plain bored cast in situ piles constructed under drilling slurry, Proc of 7th Int. Conf. on Piling and Deep Foundations, Vienna, DFI, p1.6.1 to 1.6.8, 1998.

Loukili A. (Ed.) Les bétons auto-plaçants. Hermès Science, Lavoisier. Paris, France (en: self-consolidating concrete), 2011.

Lubach A. Bentonite cavities in diaphragm walls. Case studies, process decomposition, scenario analysis and laboratory experiments, 2004.

Kosmatka S., et al Design and Control of Concrete Mixtures. 14th Edition, Portland Cement Association. Skokie, IL, USA 2003.

Lowke, D. Sedimentationsverhalten und Robustheit Selbstverdichtender Betone (Segregation resistance and robustness of self-compacting concrete). Doctoral Thesis, Technical University of Munich, 2013.

Loukili A. (Ed.) Les bétons auto-plaçants. Hermès Science, Lavoisier. Paris. France (en: self-consolidating concrete) 2011.

Lubach A. Bentonite cavities in diaphragm walls. Case studies, process decomposition, scenario analysis and laboratory experiments, 2010.

Massoussi N., et al The heterogeneous nature of bleeding in cement pastes.

Cement and Concrete Research 95, pp. 108-116, 2017.

Neville A.M., Brooks, J.J. Concrete Technology. Second Edition, Pearson Education Ltd., UK 2010.

Newman J., Choo, B.S. Advanced Concrete Technology, Processes (Vol 4), Chapter 12, Elsevier 2003.

Niederleithinger E., et al Crosshole sonic logging of secant pile walls a feasibility study. Proceedings of the 23rd SAGEEP Symposium on the application of geophysics to engineering and environmental problems. Environmental and Engineering Geophysical Society. Keystone, Colorado, USA 2010.

Poletto R.J., Tamaro G.J. Repairs of diaphragm walls, lessons learned. Proceedings of the 36th Annual Conference on Deep Foundations. DFI, Boston, USA 2011.

Puller M. Deep Excavations: A Practical Manual (2nd Edition), Thomas Telford Publishing Ltd, London, UK 2003.

Roussel N. (Ed.) Understanding the Rheology of Concrete. Woodhead Publishing Ltd., UK 2012.

Roussel N., Cussigh F. Distinct-layer casting of SCC: The mechanical consequences of thixotropy. Cement and Concrete Research 38, pp. 624–632 2008.

Roussel N., Gram A. (Eds.) Simulation of Fresh Concrete Flow. State-of-the Art Report of the RILEM Technical Committee 222-SCF 2014.

Rupnow T., Icenogle P. Comparison of Conventional and Self-Consolidating Concrete for Drilled Shaft Construction. Final Report 533. Louisiana Transportation Research Center ,2015.

Seitz J.M., Schmidt H.-G. Bohrpfähle. Ernst & Sohn, Berlin, Germany (Bored Piles) 2000.

Sellountou A., et al Thermal Integrity Profiling: A Recent Technological Advancement in Integrity Evaluation of Concrete Piles. Proceedings from the First International Conference, Seminar on Deep Foundations: Santa Cruz, Bolivia 2013.

Spruit R. To detect anomalies in diaphragm walls. PhD thesis, Civil Engineering and Geosciences, TU Delft. PhD thesis, Technical University Delft, Civil Engineering and Geosciences. IPSKAMP drukkers, the Netherlands 2015.

Thorp A., et al Recent Experience of Tremie Concrete Properties and Testing. DFI-EFFC International Conference on Deep Foundations and Ground Improvement, Rome, 5-8 June 2018.

Torrenti J.M. Du béton frais au béton durci. Techniques de l'Ingénieur, website (www.techniques-ingenieur.fr), France 2009.

Turner M.J. R144 Integrity testing in piling practice. Report. Construction Industry Research & Information Association (CIRIA), UK 1997.

Tuthill, L., et al Observations in Testing and Use of Water-Reducing Retarders. ASTM International 1960 Wallevik O.H. Rheology – A Scientific Approach to Develop Self-Compacting Concrete. Proceedings of the 3rd International Symposium on Self-Compacting Concrete. Reykjavik, Iceland 2003.

Yao S. X., Bittner R. B. Underwater concrete in drilled shafts: the key issues and case histories. Contemporary Issue in Deep Foundation - Conference Proceedings, Geo-Denver 2007, USA 2007.