



DERİN TEMELLER İÇİN DESTEK SIVILARI KILAVUZU

EFFC/DFI BETON ÇALIŞMA GRUBU, 2019

TÜRKÇE ÇEVİRİ: TMD TEKNİK KOMİTE, 2024

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ	5
ÇİZELGE LİSTESİ.....	8
TERİMLER VE TANIMLAR / BU KILAVUZDA KULLANILDIĞI ŞEKLİYLE ..	9
KISALTMALAR VE SEMBOLLERİN LİSTESİ	13
1. BÖLÜM / GENEL	14
1.1 Giriş.....	14
1.2 Geçmiş.....	16
1.3 Amaç ve Kapsam	16
2. BÖLÜM / TASARIM İLE İLGİLİ HUSUSLAR	17
2.1 Giriş.....	17
2.2 Saha Araştırması	17
2.3 Destek Sıvısı Fonksiyonları	19
2.4 Geçici Stabilite	24
2.5 Şaft Direnci ve Taban Direnci.....	29
2.6 Yapısal Tasarım.....	30
3. BÖLÜM / DESTEK SIVILARININ ÖZELLİKLERİ	32
3.1 Reoloji	32
3.2 Destek Sıvısı Testleri	38
3.3 Numune Alma	39
3.4 Destek Sıvılarının Özellikleri.....	40
4. BÖLÜM / İŞLENMEMİŞ POLİMERLER.....	41
4.1 Bentonit	41
4.2 Polimer	48
4.3 Katkılı Destek Sıvısı.....	51
4.4 Çevresel Hususlar.....	52

4.5 Akışkan Tipi Seçimi ve Maliyet Değerlendirmesi.....	55
4.6 Takviye Suyu	61
4.7 Bentonit veya Polimer Katkısız Su	65
5. BÖLÜM / UYGULAMA.....	67
5.1 Karıştırma ve Depolama	67
5.2 Pompalama	75
5.3 Kazı ve Temizlik	78
5.4 Zeminle Reaksiyonlar	80
5.5 Arıtma ve Geri Dönüşüm	84
5.6 Betonlama	87
5.7 Dökülme ve Uzaklaştırma.....	89
5.8 Güvenlik Hususları	94
6. BÖLÜM / TAM ÖLÇEKLİ TESTLER.....	97
7. BÖLÜM / KALİTE KONTROLÜ.....	99
7.1 İnşaat Sırasında	99
7.2 İnşaat Sonrasında	99
8. BÖLÜM / KABUL DEĞERLERİ.....	100
8.1 Giriş.....	100
8.2 Test Yapılma Sıklığı	104
8.3 Mevcut Standartlar	105
8.4 Gelecek İçin Yol Haritası.....	109
A. EK-A / KAZI STABİLİTESİ.....	110
A.1 Yenilme Mekanizması	110
A.2 Hidrolik Destek Kuvvetlerine İlişkin Hususlar	112
B. EK -B / DESTEK SIVISI TESTLERİ	115
B.1 Yoğunluk	115

B.2 Marsh Viskozitesi	115
B.3 Filtre Kaybı/Filtre (Bentonit) Keki	117
B.4 pH	118
B.5 Kum İçeriği	118
B.6 Jel Mukavemeti	119
B.7 Efektif Akma Noktası	120
B.8 Kalsiyum	121
B.9 Özdirenç /İletkenlik	122
B.10 Klor	123
B.11 Klorür	125
C. EK- C / POMPA TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ	126
D. EK- D / DESTEK SIVILARINDA TOPRAK PARÇACIKLARININ SEDİMENTASYONU	130
KAYNAKLAR	134

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1: Derin temel yapı elemanları.....	14
Şekil 2.1 Yüzeysel ve derin filtrasyon	21
Şekil 2.2 Polimer kullanılan bir delginin elektro mikron fotoğrafı.....	23
Şekil 2.3 Destek akışkanlarında kullanılan sentetik polimerler	24
Şekil 2.4 Tam membran etkili hidrolik destek şematik gösterimi	25
Şekil 2.5 Dikdörtgen panel üzerinde kemer etkisi ve dairesel düşey şaft.....	27
Şekil 2.6 Zemin tipinin kazı stabilizasyonuna etkisi (Terzaghi, 1936).....	28
Şekil 2.7 Panel etrafında oluşan zemin kemerlenmesi.....	29
Şekil 2.8 Diyafram duvar panelinden bentonit kekinin fotoğrafı, 1 mm killi, açık kahverengi, beton kekini ve 19 mm gri kili kazı kekini göstermektedir.....	30
Şekil 3.1: Akışkan reolojisi	33
Şekil 3.2 Genelleştirilmiş Newton olmayan bir sıvı için reolojik parametreler.....	35
Şekil 3.3 Gelişmiş destek sıvısı kiti	39
Şekil 3.4 Destek sıvısı numune alıcı	40
Şekil 4.1 Silikat ve bentonitlerin sınıflandırılması.....	41
Şekil 4.2 Kil ve bentonit oluşumu.....	42
Şekil 4.3 Bentonit madeni örneği.....	42
Şekil 4.4 Smektit parçacıkların yapısı.....	43
Şekil 4.5 Elektronik mikroskop altında smektit.....	43
Şekil 4.6 Kalsiyum ve sodyum montmorilonit tabakaları arasındaki aralık	45
Şekil 4.7 Marsh bentonit süspansiyonunun 40 sn/miktar zamanlı hidrasyon süreci..	46
Şekil 4.8 Hamilton mikseri (sol) ve Rayneri mikseri (sağ), yalnızca laboratuvar kullanımını için	48
Şekil 4.9 Bentonit akışkanlarının zemin türüne göre bağlı maliyetleri.....	61

Şekil 4.10 Polimer akışkanların zemin türüne göre bağlı maliyetleri	61
Şekil 4.11 Farklı takviye suyu kalitelerinin Marsh viskozitesi üzerindeki etkisine örnek.....	62
Şekil 4.12 Su kalitesinin filtre kaybı üzerindeki etkisine örnek.....	62
Şekil 5.1 Yüksek kesmeli karıştırıcının bir fotoğrafı ve şematik gösterimi.....	68
Şekil 5.2 Yeniden kullanılan polimer sıvısına kendi ağırlığıyla akan polimer eklenmesi.....	70
Şekil 5.3 Basit bir ventüri haznesi montajı: a) 50 mm beslenme hattı, 19 mm'ye azaltılarak nozul oluşturulur b) tabanda nozul girişi olan hazne c) basit bir ventüri haznesin ve karıştırıcısının şematik gösterimi	70
Şekil 5.4 Manuel beslemeli ventüri hazne sistemi (üstteki) Sürgülü tapa (ortadaki) vidalı ekleme (alttaki).....	71
Şekil 5.5 Islanmış polimerle tıkanmış hazne (sol); kısmen ıslanmış mineral ürün oluşumu (sağ).....	72
Şekil 5.6 Vakum edüktörü ile bentonit ıslatılması/karıştırılması (sol), iç düzenek (sağ).....	73
Şekil 5.7 Dikdörtgen depolama tankı	74
Şekil 5.8 Dikey depolama silosu	75
Şekil 5.9 Yeniden dolaşımın neden olduğu PHPA polimer sıvılarının viskozitenin azalması.....	75
Şekil 5.10 Mekanik ayrıştırma aralıkları.....	85
Şekil 5.11 Kum ayrıştırma siklonu (sol üst), silt ayrıştırma siklonu (sağ üst), santrifüj(alt).....	86
Şekil 5.12 PHPA polimer sondaj akışkan için sedimentasyon tankları	87
Şekil 5.13 Çevreleme örnekleri.....	90
Şekil 5.14 Tipik muhafaza bariyeri	90
Şekil 5.15 Muhafaza göleti ve depolama tanklarına örnekler	91
Şekil 5.16 Yerçekiminden faydalanan düşey silo	93

Şekil 5.17 Pasif çamur susuzlaştırma için filtreleme torbaları.....	93
Şekil 8.1 Destek sıvıları için inşaat sürecindeki akış	100
Şekil A.1 Bir hendek için kritik arıza gövdesi örneği (solda DIN4126'dan sonra) ve dairesel bir kazı(sağda)	112
Şekil A.2 Akış testi (Lesemann, 2016)	114
Şekil B.1 Çamur terazisinin şematik diyagramı: 1: Bulamaç kabı, 2: Dayanma denge noktası, 3: Ölçme aralığı başlığı, 4: Terazî Kolu	115
Şekil B.2 Marsh hunisi.....	116
Şekil B.3 Standart filtre presi ve bulamaç hücresi montajı	117
Şekil B.4 Kum içeriği test ekipmanları	119
Şekil B.5 Fann viskozimetre	120
Şekil B.6 DIN 4127'ye göre bilyeli arp testi	121
Şekil B.7 Analog ve dijital öz direnç ölçerler	123

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1 Terimler ve tanımlar.....	9
Çizelge 2.1 Destek sıvı seçimine yardımcı olmak için gerekli yer inceleme bilgileri	18
Çizelge 3.1 M/HR cinsinden tahmini küresel parçacık çökme hızları	37
Çizelge 3.2 Destek sıvısı testleri	38
Çizelge 4.1 Ekipman tipine göre destek sıvısı seçimi	56
Çizelge 4.2 Zemin türüne göre destek sıvısı seçimi	57
Çizelge 5.1 Tipik kazı yöntemleri ve destek sıvısı gereklilikleri	79
Çizelge 5.2 Fiziksel yükleme ve kimyasal kirleticilerin destek sıvı özellikleri üzerindeki etkisi (S:sistemik etki, P: olası etki)	81
Çizelge 5.3 Mineral sıvıları için sıklıkla kullanılan iyileştirmeler	82
Çizelge 5.4 Ayırma ekipmanı için tipik D50 sınır değerleri	84
Çizelge 8.1 İnşaat aşamaları	101
Çizelge 8.2 Mineral, doğal polimer ve modifiye doğal polimer destek sıvıları için uygulanabilir testler ve minimum sıklık.....	104
Çizelge 8.3 Sentetik polimer destek sıvıları için uygulanabilir testler ve minimum sıklık(hidromil hariç).....	105
Çizelge 8.4 Mineral, karışıklı, doğal polimer ve modifiye doğal polimer destek sıvılarının güncel kabul değerleri	106
Çizelge 8.5 Sentetik polimer destek s. için ak. kabul değerleri(hidromil hariç)	107
Çizelge C.1 Pozitif deplasmanlı pompalar	126
Çizelge C.2 Santrifüj pompalar	128
Çizelge C.3 Pozitif deplasmanlı ve santrifüjlü pompalar arasında bir karşılaştırma	129
Çizelge D.1 m/saat cinsinden tahmini küresel parçacık yerleşme hızları	131

TERİMLER VE TANIMLAR / BU 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 malzemedir ve iki 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 priz almış betonun özelliklerini değiştirmek için çimento kütlelerinin belli oranlarında ve düşük miktarlarda katkı maddesi eklenir. Bu katkıları ayrıca kimyasal katkıları 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 yerleşmesi için bırakılmış net açıklık.
Beton	Bağlayıcı, su, kaba ve ince agregaya katkı maddeleri ve ilaveler eklenerek veya eklenmeden hazırlanan karışımın hidrasyon sonucu sertleşmesi (priz alması) 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 elemanının 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 yapısı teknikleri için de

	kullanılmaktadır.
Diyafram 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 akararak kazı içindeki tüm boşlukları doldurma yeteneği.
Filtre keki	Basınç farkıyla filtrelili geçiren 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
Yayılma 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	Diyafram duvarının tek bir birim olarak betonlanmış bölümü. Doğrusal, T şeklinde, L şeklinde veya başka bir konfigürasyonda olabilir. Bkz. Şekil 1.1
Yayılma 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.
Danışman, (Şartnameyi Belirleyen)	Taze ve sertleştirilmiş beton için şartnameyi belirleyen kişi veya kurum
Stabilite	Bir betonun ayrışmaya, terlemeye ve filtrasyona karşı direnci.
Stop-end (derz kalıbı)	Bir derz oluşturmak için diyafram duvar panelinin iki veya tek kenarına yerleştirilen, genellikle çelik veya betondan oluşan kalıp. Su tutucu ile de kullanılabilir.
Destek sıvısı	Fore kazık veya diyafram duvar kazısında cidarların (çeperlerin) 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 kazanması eğilimi.
Tremi betonu	Tremi borusu yardımıyla su altında kendi ağırlığı ile boşluk bırakmadan yerleşebilme kabiliyetine sahip beton.
Tremi borusu / Tremi	Betonun kuyu içine dökülebilmesi için kullanılan, su geçirmez bağlantılı silindirik parçalar halinde indirilen çelik boru.
Tremi yöntemi (Su altında beton yerleştirme veya destek sıvısı yer değiştirme yöntemi)	Betonun, içinde destek sıvısı bulunan bir kuyuya (anoya) 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 gerilmesi	"Statik akma gerilmesi" olarak da adlandırılan, akışı başlatmak için ulaşılmaması gereken kayma gerilmesi.

KISALTMALAR VE SEMBOLLERİN LİSTESİ

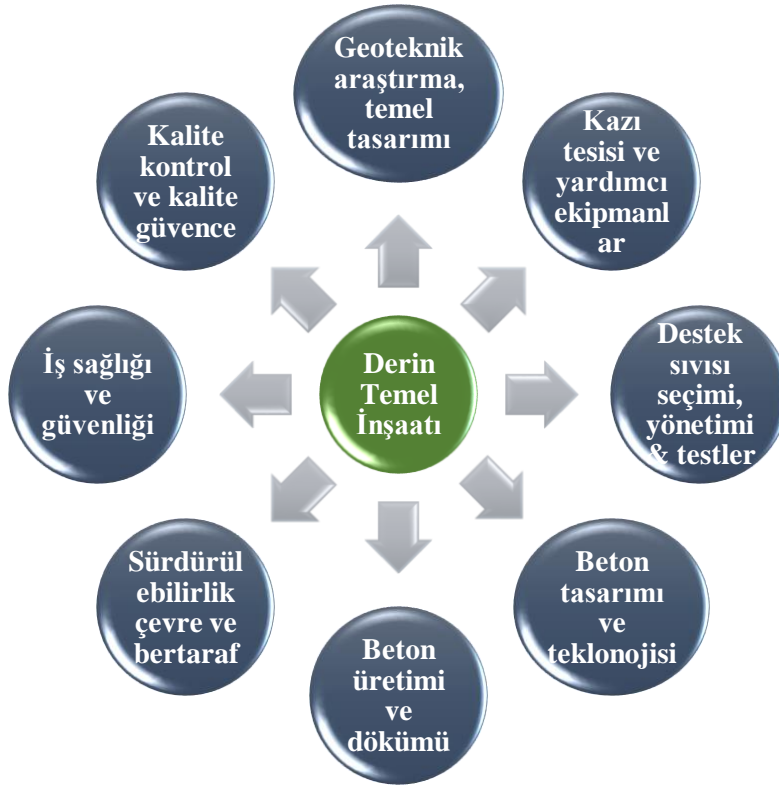
AASHTO	American Association of State and Highway Transportation Officials
ACI	American Concrete Institute
ADSC-IAFD	The International Association of Foundation Drilling
AFNOR	Association Francaise de Normalisation
API	American Petroleum Institute
ASTM	American Society for Testing Materials
CEN	European 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 Stabilité 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} + Δc _{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 kısaltmadan 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
s_T	Tremi Borusunun Kısaltılacak Uzunluğu
t_{final}	Çökme Yayılma Testinde Betonun Nihai Yayılmaya Ulaşma Zamanı
τ	Kayma Gerilmesi
τ₀	Akma Gerilmesi
γ̇	Kesme Deformasyon Hızı

1. BÖLÜM / GENEL

1.1 Giriş

İnşaat Mühendisliğinde 'destek sıvısı', tremi yöntemiyle betonlanacak açık ve derin kazıların yüzeylerini destekleyecek bir bileşik üretmek için üretilen ve su ile karıştırılan malzemeler için kullanılan genel bir terimdir. Destek sıvıları bazen “Çamurlar” ve “Bulamaç” olarak da adlandırılır ancak bu kılavuzda yalnızca “Destek Sıvısı” terimi kullanılmaktadır.

Destek sıvıları, Şekil 1.1 'de gösterildiği gibi, inşaat sürecinin diğer bölümleriyle bağlantılı olan derin temel imalatında önemli bir unsurdur.



Şekil 1.1: Derin temel yapı elemanları

Bentonit destek sıvıları, fore kazık ve diyafram duvar gibi kazı veya delgilerin geçici olarak desteklenmesi için altmışlı yıllardan beri kullanılmaktadır. Bu süre zarfında, destek sıvıları kullanılarak inşa edilen temel elemanlarının boyutu ve derinliği önemli ölçüde artmış, bu da kazı ve betonlama sürelerinin artmasına neden olmuştur. Ayrıca, kaya malzemelerinin kazılabilmesi için hidrolik kesiciler de (Hydro Mill-cutter) dahil olmak üzere, kazı teknolojisinde gelişmeler olmuştur. Polimer destek

sıvıları daha yakın zamanda geliştirilmiş ve çok çeşitli projelerde başarıyla kullanılmıştır. Tüm destek sıvılarının başarılı bir şekilde kullanılması, özelliklerinin tam olarak anlaşılmasını ve yönetilmesini gerektirmektedir. Avrupa ve Kuzey Amerika'da, destek sıvıları normalde bentonit kili, polimerler (doğal veya sentetik) veya bir bentonit ve polimer karışımına dayalıdır. Mevcut hammadde ve ekipmana bağlı olarak çok özel karışımlar elde edilebilir. Bunlar uygulama aşamalarında değişmektedir. Bir destek sıvısının kullanımı, yeniden kullanımı ve betonlama için karşılaması gereken belirli kriter ve standartlar vardır. Ancak, bu standartlar, müşavir, tasarımcı ve yüklenicilerin, yalnızca bir kazıyı güvenilir bir şekilde desteklemek için değil, aynı zamanda nihai ürün olan betonu olumsuz olarak etkilemekten kaçınmalarını gerektirir. Bunun için akışkan özelliklerinin kontrol edilmesi gibi karmaşık bir problemi çözmeleri yeterli olmayabilir.

Bir destek sıvısının temel işlevleri ve gereksinimleri şunlardır:

- ❖ Kazı stabilizesini sağlamak,
- ❖ Kolayca akabilecek uygun sıvı özelliklerine sahip olmak,
- ❖ Betonlama işlemleri sırasında beton ile kolayca yer değiştirmek,
- ❖ Özelliklerini belli bir süre boyunca korumak (zeminle fiziksel veya kimyasal olarak zararlı bir reaksiyona girmeden),
- ❖ Askıda kalan parçacıkları tutmak,
- ❖ Hem akışkana hem de betona zarar verecek şekilde betonla reaksiyona girmemesi,
- ❖ Ekonomik olmak (Malzeme, üretim, kontrol ve imha makul bir maliyete sahip olmak).

Temel çalışmalarında kullanılan destek sıvılarına yönelik teknoloji büyük ölçüde petrol ve gaz endüstrisindeki deneyimlerden yola çıkılarak geliştirilmiştir. Burada temel gereksinimler arasında kuyu stabilitesinin sağlanması, en iyi kazı yada delgi hızının elde edilmesi ve kesilen parçaların verimli bir şekilde uzaklaştırılması yer almaktadır.

Bitmiş ürünün kalitesini sağlamak için destek sıvısının akıcılığı önemlidir. Saha incelemesinden kazı veya delgi ekipmanına, sıvı hazırlama ve kullanımına, zemine ve kullanılmış sıvıların uzaklaştırılmasına kadar tüm süreç için gereklilikler sağlam

bir teknik anlayışla belirlenmelidir. Destek sıvılarının başarılı bir şekilde kullanılması ayrıca “Geoteknik” prensipler ve özellikler hakkında temel bir anlayış, eğitim, saha deneyimi ve en önemlisi tüm kullanım alanlarını kapsayan dokümantasyon gerektirir.

1.2 Geçmiş

2014 yılında EFFC ve DFI, tremi yöntemleri kullanılarak dökülen fore kazıklar ve diyafram duvarlardaki sorunlara ilişkin ortak bir inceleme gerçekleştirmiştir. Bir görev grubu oluşturulmuş ve "EFFC/DFI Derin Temeller için Tremi Beton Kılavuzu" 'nun birinci baskısı 2016 yılında, ikinci baskı da 2018 yılında yayımlanmıştır. Birinci baskı destek sıvısı özelliklerine ilişkin tavsiyeler içermekle birlikte, “Tremi Beton Görev Grubu”, destek sıvısının beton ile ayrılmaz bir şekilde bağlantılı olduğunu belirtmiş. Nihai ürünün kalitesi ve bütünlüğü üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olması nedeniyle destek sıvılarının hazırlanması, özellikleri ve test edilmesinin çok daha fazla tartışma ve inceleme gerektirdiğini açıkça belirtmiştir.

Tasarımcılar, tedarikçiler, akademisyenler ve uzman yüklenicilerden oluşan “Destek Sıvısı Teknik Grubu” 2017 yılında kurulmuş olup bu kılavuzun hazırlanmasını üstlenmiştir.

1.3 Amaç ve Kapsam

Bu kılavuz, derin temellerin inşası için destek sıvılarının kullanımına ilişkin iyi uygulamaları teşvik etmek adına, destek sıvılarının davranışına yönelik en son anlayışı ortaya koymaktadır. Aynı şekilde dünyanın dört bir yanındaki araştırmalardan elde edilen deneyimleri ve vaka çalışmalarını sunmaktadır.

Bu kılavuz, her koşul için optimum teknik çözümün/çözümlerin seçilmesine olanak sağlamak amacıyla, avantajlar ve sınırlamalar da dahil olmak üzere bentonit, diğer kil malzemeler, polimerler ve karışımları hakkındaki bilgileri vermektedir. Her çalışma sahasının kendine özgü özellikleri ve gereksinimleri olduğundan, bu kılavuz herhangi bir türde destek sıvısı önermemektedir. Bu kılavuz, yaygın olarak kullanılan standartlarda verilen destek sıvıları için kabul değerlerini sunmaktadır.

Bu kılavuzun, işverenler, müşteriler, tasarımcılar, ana yükleniciler, akademisyenler ve uzman yükleniciler dahil olmak üzere, derin temellerin tasarım, tedarik ve inşaatı ile ilgilenen birey ve şirketlere yardımcı olması hedeflenmiştir. Mevcut standartlara pratik bir ek olması amaçlanmış, proje şartnameleri, standartlar ve kodların, her zaman öncelikli olması gerektiğinin altı çizilmiştir.

2. BÖLÜM / TASARIM İLE İLGİLİ HUSUSLAR

2.1 Giriş

Destek sıvılarının derin temel elemanlarının performansı üzerindeki etkisi tasarım aşamasında dikkate alınmalıdır. Destek sıvısının türü hem Geoteknik hem de yapısal performans üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu etki, tasarım sürecinin başlangıcında dikkate alınmalı ve buna göre izin verilmeli ve/veya azaltılmalıdır.

Kullanılan destek sıvısına özgü, yüksek kaliteli ve titiz inşaat yönteminin geliştirilmesi ve buna bağlı kalınması esastır. Destek sıvılarının temel elemanının hem geçici hem de kalıcı durumdaki performansı üzerindeki etkisinin en aza indirilebileceği, ancak bu durumun tasarım üzerindeki tüm olumsuz etkileri ve riskleri ortadan kaldırmayacağı bilinmelidir.

2.2 Saha Araştırması

Destek sıvısının ve kazı ekipmanının seçimi ve performansı, zemin koşullarına bağlıdır. Çeşitli destek sıvıları mevcuttur ve zemin koşulları nihai ekipman seçimini etkileyecektir. Burgu, kova, grab veya ters/doğrudan sirkülasyon yöntemlerini içeren kazı yöntemlerinin seçimi de zemin koşullarına bağlıdır. Kazı/delgi ekipmanının türü de destek sıvısının seçimini etkiler. Bu seçim sürecine yardımcı olmak için, ihale aşamasında veri sağlamak üzere uygun ve kapsamlı saha araştırmalarının yürütülmesi gereklidir.

Çizelge 2.1, derin temel elemanı yapım aşamalarını ve zeminin destek sıvısı üzerindeki ana etkilerini ortaya koymaktadır. Bu aşamalar için zemin/ kaya

özellikleri de listelenmiştir. Bu ana etkiler, kılavuzun farklı bölümlerinde ayrıntılı olarak ele alınmış ve ilgili bölümler Çizelge 2.1 'de listelenmiştir.

Çizelge 2.1 Destek sıvı seçimine yardımcı olmak için gerekli saha inceleme bilgileri

İNŞAAT AŞAMASI	SAHA ARAŞTIRMASI İÇİN GEREKLİ ZEMİN/KAYA ÖZELLİKLERİ	ETKİLEŞİMLER	KILAVUZ BÖLÜMÜ
Çevresel Etkiler	Geçirgenlik, Su tablası seviyeleri, akış hızları, artezyen koşulları vb.	Yeraltı suyu, içme suyu olarak kullanılabilir ve destek sıvılarından etkilenebilir.	4.4
Destek Sıvısı Karışımı	Yeraltı suyu kimyası, Yerel su kaynağı kimyası.	Karıştırma suyu kimyası, destek sıvısının özelliklerini değiştirebilir.	4.6
Kazı	Zemin ve yeraltı suyu özellikleri.	Kılavuz duvar ve çalışma platformu stabilizesi.	-
	Zemin/kaya sınıflandırması ve mekanik özellikler.	Kazı/delgi ekipmanının seçimini etkiler.	5.3
	Zemin/kaya geçirgenliği (oyuklar ve karstik boşluklar dahil).	Sıvı kaybını ve Kazı stabilizesini etkiler. Filtre keki kalınlığını ve şaft direncini etkiler.	2.4 2.5
	Zemin/kaya türü.	Zemin daneleri askıda kalır.	5.4
	Yeraltı suyu kimyası (örn. kirlilik)	Kazı/delgi sırasında yeraltı suyu ve zemin parçacıkları destek sıvısı ile karışabilir ve bu da destek sıvısının özelliklerini değiştirebilir.	5.4
	Turba ve alüvyon gibi yumuşak ve zayıf zeminler	Lokal problemler alanlar görülebilir.	-
Taban temizliği	Kazık/Diyafram ucunun bulunduğu zemin tabakasının özellikleri,	Kazık yada diyafram duvar dip temizliği, Kazık/diyafram uç taşıma kapasitesinin tasarımını etkiler.	5.3
Betonlama	Taban birikintisi, ara yüz katmanı.	Taban birikintisi, ara yüz katmanı oluşmasına neden olur.	5.6

Destek sıvısının geri dönüşümü ve kumundan arındırılması.	Zemin sınıflandırması.	Silt ve killerin kullanılmış mineral destek sıvılarından uzaklaştırılması zordur.	5.5
Atık Yönetimi	Zemin sınıflandırması.	Kil veya destek sıvısının özelliklerini bozucu zeminlerde, kazı veya delgide kullanılmış destek sıvılarının temizlenmesi daha zordur ve daha büyük miktarlarda atık olması söz konusudur.	5.7

Notlar: Saha araştırması, tüm zemin özelliklerini belirlemek için iki farklı sondaj/örnek alma yönteminin kullanılmasıyla en iyi şekilde yarar sağlayabilir; bu hem tasarım mühendisine hem de teklif veren müteahhide fayda sağlar. Zemindeki boşlukları ve düşük geri kazanımı gösteren sondaj logları, soru işaretlerine ve artan risklere neden olur. CPT, ses örnekleme ve enstrümantasyonlu kör sondaj, karniyarıkla numune alma, SPT 'ler den elde edilen verileri tamamlar. Sondaj kayıtlarında meydana gelen sıvı kaybı veya olağandışı kılıf borusu ilerlemesi gibi olaylar saha araştırması çalışmalarını sırasında rapor edilmelidir.

EN 1997-2 'nin Ek B.3 'ü ve FHWA GEC #10, Saha araştırmalarının gereken kapsamı için detaylı öneriler sunmaktadır.

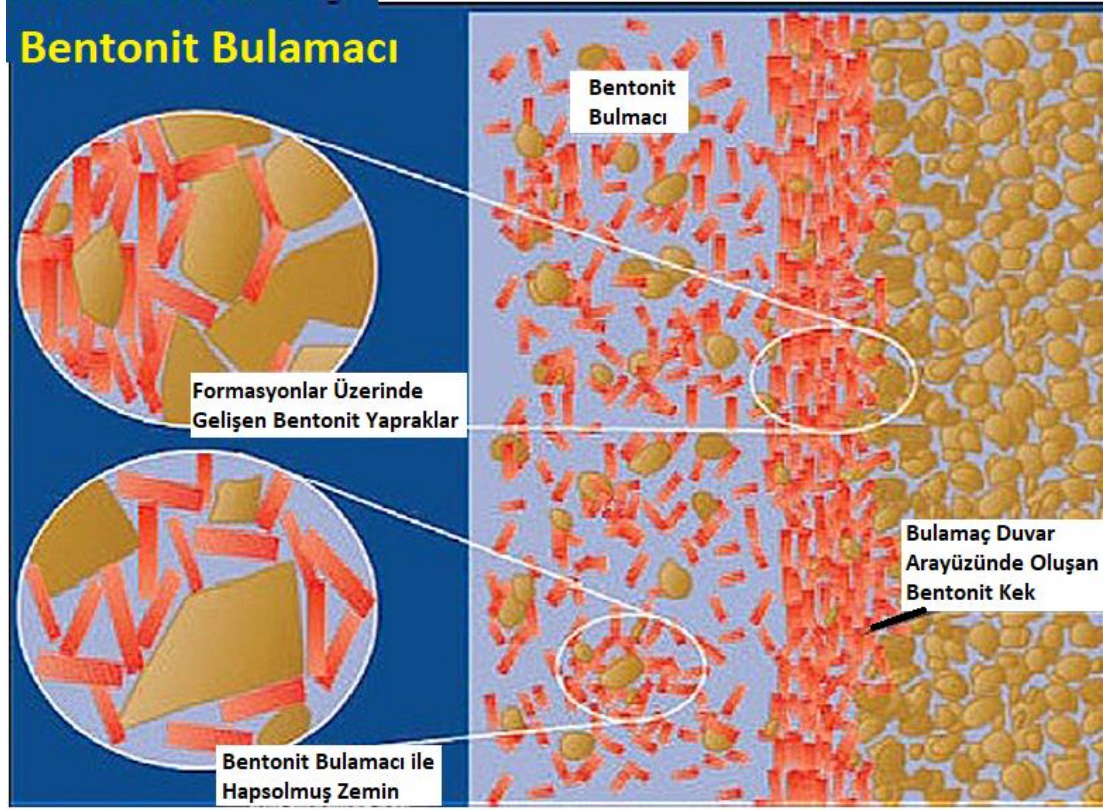
2.3 Destek Sıvısı Fonksiyonları

Destek sıvısının temel amacı, kazı süreci boyunca ve destek sıvısı betonla yer değiştirmeye kadar, kazı stabilizesini korumaktır. Hidrolik kesici (Hydro Mill-cutter) gibi bazı kazı ekipmanı türleri için hidrolik sıvının, hidrolik kesici (Hydro Mill-cutter) başlığından, kazılan malzemeyi ayrıştırma tesisine (Desander) taşımak gibi ek bir rolü de vardır. **Kazı içindeki sıvının hidrostatik basınç yükü, kazı yüzeyinde dengeleyici** bir basınç sağlayarak ve kazı çevresindeki zeminle yer altı suyunun dengesini bozan yük basıncına karşı koyarak, stabiliteyi sağlamak gibi kritik bir öneme sahiptir. Etkili olması için, dengeleyici basıncın sıvı-zemin ara yüzünde veya zemine çok kısa bir mesafede (birkaç cm veya inç mertebesinde) etki etmesi gerekir. Akışkan basıncı zemin yüzünde veya yakınında hareket etmezse, kazı yüzeyinde zeminin kademeli olarak dökülmesi riski vardır. Akışkanlar, su veya mineraller (bentonit) veya polimer gibi katkı maddeleriyle karıştırılmış olabilir. Katkı maddeleri, sıvıların kazı çukuru içinde tutulmasına yardımcı olmak ve kazı

yüzeyinden dışarı sızma yoluyla sıvı kaybını en aza indirmek için kullanılır, böylece pozitif su basıncının korunmasına izin verir. Akışkan özelliklerini değiştirmek için katkı maddeleriyle karıştırılan suya genellikle "Bulamaç" veya "Çamur" denir ve inşaat tekniği bazen "çamurlu delgi" veya "sıvı destekli kazı" olarak adlandırılır. Su yüksekliği kazı içinde dengeli tutulabiliyorsa, katkı maddesi kullanılmadan su dengeleyici bir etki sağlayabilir (bkz. Bölüm 4.7). Su ayrıca, örneğin ters sirkülasyonlu delgi aletlerinde olduğu gibi, delgi parçacıklarını iletme için bir delme sıvısı olarak da işlev görebilir. Destek sıvısı olarak sadece su ile ilgili önemli bir sınırlama vardır. Çünkü su hız bir şekilde geçirgen zeminlere doğru hareket eder ve bu nedenle kazı içindeki net pozitif basınç kaybolur. Böylelikle, bitişik zemin içindeki su basıncı artar. Bu, kazı yüzünde kohezyonsuz zeminin dökülmesine ve kazı durabilitesinin bozulmasına neden olur. Bu nedenle su, yalnızca, kazı içinde, stabilize edici bir basınç olmadan doğası gereği stabil olan kohezyonlu veya çimentolu zeminler veya kayalar içindeki kazılar veya muhafaza borusu kullanılan kazılar için yeraltı suyunu dengelemek için bir araç olarak uygundur.

Bentonit Sıvıları

Bentonit kili, petrol sahası sondaj uygulamalarında uzun bir kullanım geçmişi olan, destek sıvısı için en yaygın kullanılan mineral katkı maddesidir. Bentonit, esas olarak kendi ağırlığının birkaç katı kadar su emebilen montmorillonit kil minerallerinden oluşur. Suyu nispeten küçük miktarlarda bentonit eklendiğinde, birim ağırlıkta küçük bir artış oluşur. Böylece sıvının viskozitesi suyunkine göre artar ve bu etki ile koloidal bir karışım oluşturur. Viskozite ve birim ağırlığın yanı sıra, bentonit, çevredeki zemine doğru oluşabilecek sıvı kaybını kısıtlamak ve kazı içinde pozitif bir hidrostatik yükün korunmasına izin vermek için kazı yüzünde bir filtre keki oluşturma gibi yararlı bir özelliğe sahiptir. Kazı içindeki hidrostatik sıvı çevredeki geçirgen zemine doğru hareket ederken, bentonit parçacıkları sıvıdan süzülerek bentonit keki oluşturur.



Şekil 2.1 Yüzeysel ve derin filtrasyon

Bu bentonit keki, bentonit ve kazılmış zeminden oluşmaktadır. Bentonit keki oluşumunun, doymuş sıvının zemine nispeten az penetrasyonu ile ince- orta daneli zeminin tıkanmasını sağlayarak etkili olması beklenebilir. Bentonit kekinin özellikleri, destek sıvısında bulunan doğal kil, silt ve kum miktarından etkilenir. Yüksek katı madde içeriği, kalın bentonit keklerine yol açabilir. Bentonit kekleri normalde kil gibi düşük geçirgenliğe sahip zeminlerde oluşmaz. Destek sıvısı, Kaba kumlar, çakıllar veya çatlaklı zeminler gibi daha kaba daneli zeminlerde, zeminin destek sıvısındaki katılarla (sıvı içinde asılı bentonit ve kazı/delgi zemini) tıkanması sonucu durma noktasına gelene kadar zemine nüfuz eder ve destek sıvısının jelleşmesine neden olur. Ardından, kazı/delgi' deki sıvı ile çevredeki zemin arasında yani tıkanmış olan zemin yüzeyinde bir bentonit keki arayüzü oluşur. Derin filtrasyonla tıkanmayı desteklemek için destek sıvısına kum eklenebilir [Hutchison ve diğ. 1963]. Reolojik engelleme, bentonit keki oluşumunun yanı sıra, daha gözenekli zeminlerde ve örneğin tebeşir gibi çatlaklı zeminlerde, sıvı kaybını kısıtlamak için başka bir mekanizma sağlar. Reolojik engelleme, destek sıvısının, sıvıyla ıslanmış zemin üzerine etki eden jel kuvveti, destek sıvısı ile harici yeraltı suyu arasındaki hidrostatik basınç farkını sınırlayabilene kadar nüfuz etmeye devam

ettiği süreçtir. Kaba daneli zeminlerde veya çatlaklarda, genellikle olduğu gibi, destek sıvısındaki katı maddeler tarafından mekanik engelleme ile sızdırmazlık sağlanmadığı sürece (yüzey ve derin filtrasyon) kazı/delgi sıvısının penetrasyon mesafeleri önemli olabilir. Reolojik engelleme ile, destek basıncı başlangıçta zeminin bir miktar içine etki eder, zamanla kazı yüzeyinde nüfuz eden akışkan tarafından oluşturulan bir bentonit keki gelişir. Nüfuz eden akışkan bir miktar geçirgenliğe sahip olacaktır.

Polimer Sıvılar

Polimerler, dünya çapında kazı/delgi destek sıvısı olarak giderek daha fazla kullanılmakta olup, bentonit destek sıvısına kıyasla farklı davranışlar sergilemektedir. Polimerler genellikle sentetik uzun zincirli veya yüksek moleküler ağırlıklıdır (tipik olarak kısmen hidrolize poliakrilamidler-partially hydrolyzed polyacrylamide veya PHPA'lar), ancak bu kılavuzda sunulduğu gibi diğer polimer türleri de kullanılabilir. Polimer türleri içerisinde farklı performans gereksinimleri de kabul edilebilir.

Yüksek molekül ağırlıklı sentetik polimerler

Sentetik polimerler, sıvının viskozitesini etkili bir şekilde artırmak için birbirleriyle, zeminle ve suyla etkileşime giren uzun zincir benzeri içeren hidrokarbon molekülleridir. Polimer sıvısının görünümü, kaygan viskoz bir sıvı gibidir. Gerçek boyutunun 800 katına kadar büyütülmüş bir polimer sıvısının taramalı elektron mikro fotoğrafı Şekil 2.2 'de gösterilmektedir.

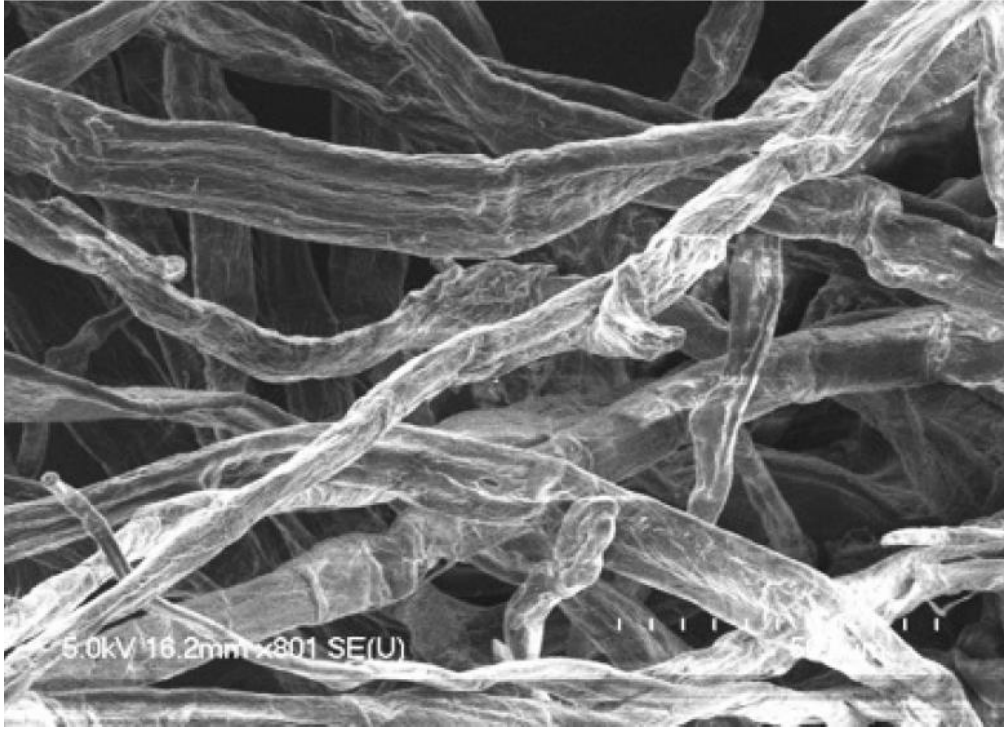
Destek sıvısının işlevi aşağıda tanımlanan faktörlerin bir kombinasyonuna dayanır:

- Delgi/kazı formasyonuna delgi/kazı sıvısının akış hızını kontrol etmek için polimerin viskozitesi,
- Kazı yüzeyinde membran oluşturma yeteneği,
- Delgi/kazı işlemi sırasında süspansiyona alınan katıların gözenekleri tıkaması ve yüzey filtrelemesi,

Akışkan kaybını sınırlayan ve hidrostatik basıncı koruyan ana süreç, polimer akışkanın viskozitesi ve viskoz sürtünmedir. Polimerik şeritler, bir zar olarak asimile edilmiş üç boyutlu bir kafes yapısı oluşturma eğilimindedir (Şekil 2.3). Viskozite ve viskoz sürtünme, polimer tarafından geçirgen zeminin etkili iletkenliğini önemli

ölçüde azaltacaktır. Bununla birlikte, çevredeki zemine bir miktar sıvı kaybı kaçınılmazdır ve destek ve stabilite sağlayan fazla hidrostatik yükü korumak için beton dökülene kadar işlerin süresi boyunca destek sıvılarının eklenmesi gerekebilir.

Bazı polimer destek sıvıları, saf PHPA'lar ile zemin yüzeyinde bir zar oluşturabilse de PHPA sıvıları çok daha düşük askıda katı madde içeriklerinde çalıştırıldığından, kazı yüzünde bir destek bulamacı kekinin oluşumu, bentonit sıvılarına göre daha sınırlı olma eğilimindedir. Bentonit sıvılarındaki bentonit kili, bentonit sıvısının katı içeriğine katkıda bulunur. PHPA sıvı viskozitesi de penetrasyonu sınırlar. İnce olmasına rağmen oluşan kek, bentonit destek sıvısında olduğu gibi benzer bir mekanizma ile kazı yüzeyinin kapatılmasında etkili olabilir. PHPA sıvılarının özelliği olan ince kekler, mil direnci açısından fayda sağlamaktadır. Uzun polimer zincirlerinin pompalama ile zarar görebileceği unutulmamalıdır.



Şekil 2.2 Polimer kullanılan bir delginin elektro mikron fotoğrafı

Doğal Modifiye Polimerler

Modifiye selülozlar (örn. Polianiyonik selüloz, PAC) gibi doğal modifiye polimerler, özellikle kimyasal olarak agresif zemin koşullarının zorlu olduğu durumlarda ters sirkülasyon uygulamasına (örn. Hydro Mill-Cutter) başarıyla kullanılmıştır. PAC'li saf polimer karışımları kullanılmasına rağmen, sıvının spesifikasyonu kazı işlemi

tarafından yönlendirilmeye devam eder ve bentonit için uygulanan kabul değerleri başarıyla kullanılabilir. Bu tür sistemlerde, PAC zemin ve su kimyasına karşı daha az hassastır ve ortaya çıkan zemin/polimer sistemi, stabilizasyon sürecine katılan ince, kontrollü bir bulamaç kekinin oluşmasına izin vermektedir. Doğal modifiye edilmiş polimer zincirleri normalde pompalama işlemlerinden zarar görmez.



Şekil 2.3 Destek akışkanlarında kullanılan sentetik polimerler

2.4 Geçici Stabilite

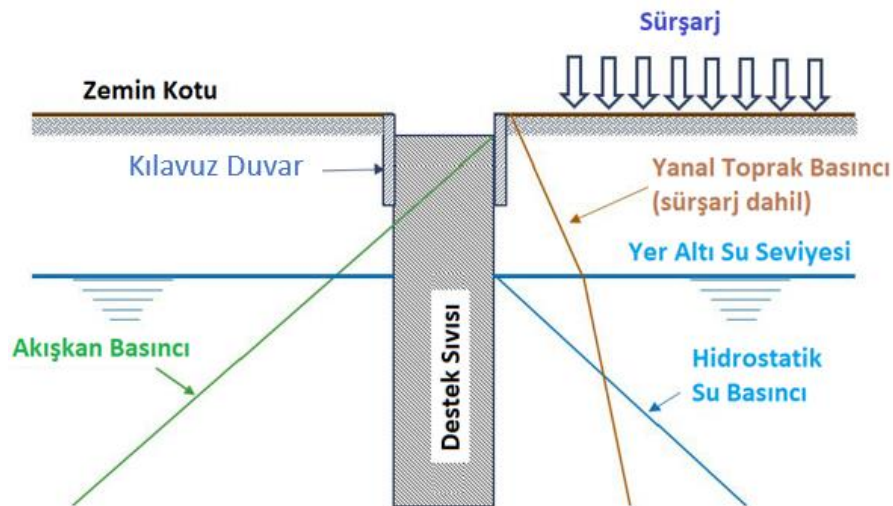
Bir destek sıvısının kazı stabilitesi sağlamanın temel ilkesi, sıvının kazı içinde her zaman çevre zemindeki sürşarj nedeniyle yanal toprak basıncı ve yatay basıncın toplamından daha büyük bir net basınç sağlaması gerektiğidir. Net sıvı basıncı, kazı içindeki sıvı basıncı ile harici yeraltı suyu basıncı arasındaki farktır.

Bu net sıvı basıncı, kazı yüzeyi üzerinde dengeleyici bir etki sağlar. Yeraltı suyu seviyesinin üzerindeki düz suyun net basıncı dengeleyici bir etki sağlayabilir. Bununla birlikte, zemin yüksek geçirgenliğe sahipse, su tipik olarak çevredeki zemine doğru hareket edecek ve stabilize edici kısımdan fazla yük kaybolacaktır. Suya bentonit veya polimer katkılarının eklenmesi, Bölüm 2.3 'te açıklandığı gibi

kazıdan formasyona doğru gelişebilecek sıvı kaybını kontrol ederek dengeleyici bir yanal kuvvetin oluşmasını kolaylaştırır.

Kazı alanı içerisine doğru herhangi bir yer altı suyu akışı, çökmeye neden olabilecek istikrarsızlaştırıcı bir etki yapacaktır ve bu riski en aza indirmek için destek sıvısı direnci ve kalitesinin dikkatli bir şekilde bakımı şarttır. Yüksek kohezyona sahip zeminler (killer veya çimentolu zeminler) doğal olarak stabil görünebilir, ancak granüler veya zayıf çimentolu tabakalardan yeraltı suyunun akışı, uygun destek sıvıları kullanılmadığı takdirde stabilite kaybına neden olabilir.

Stabilize edici bir akışkan kafa basıncını sürdürmek için inşaat sürecini planlarken, çevredeki zemindeki yeraltı suyu yükünün güvenle bilinmesi kritik öneme sahiptir. Bazen farklı katmanlar, artezyen koşulları veya tünemiş su tablaları nedeniyle farklı derinliklerde yeraltı suyu seviyeleri içerebilir. Zemin profili içindeki her koşul, destek sıvısının kazı içinde dengeleyici bir yük basıncı sağlaması gereken bir durumu temsil etmektedir. Destek sıvısı, kazı yan duvarında etkili bir membranla ve/veya çevredeki zemine minimum penetrasyonla kazı içinde tutulursa, tam hidrostatik basınç Şekil 2.4 'te gösterildiği gibi yüzeye etki eder. Bentonit akışkanı kazı yüzeyinde bentonit keki ile bir membran oluşturur. Polimer akışkanı içeriği, kazı çeperine kısa mesafede yüksek bir sızıntı gradyanı oluşturmak için yeterli ise veya bu akışkan, ince bir polimer keki oluşturarak zemin ince danelerini sarmalar ise, yüzey membranı etkili bir şekilde oluşturulabilir.



Şekil 2.4 Tam membran etkili hidrolik destek sağlanması durumu şematik gösterimi

Yetersiz membran oluşumu veya yüksek sıvı kaybı varsa, destek sıvısı kazı/delgi yüzeyine doğru kaçacaktır. Bu durumda, destekleme kuvvetinin sadece bir kısmı ilgili göçme yüzeyi içinde aktarılır ve etkili destekleme kuvveti önemli ölçüde azalır. Limit durumda, sıvının çevredeki zemine nüfuz etmesi, zeminlerin teorik göçme değerini aşabilir.

Bu durumda ne mükemmel bir membran oluşumu ne de sadece reolojik özellikler tarafından yönetilen maksimum bir penetrasyon gözlenir. Yüksek geçirgenliğe sahip kaba taneli zeminler veya çakıllarda kazı/delgi yapılırken destek sıvısında asılı kalan veya zemindeki boşlukların tıkanmasına yardımcı olmak için bilinçli olarak destek sıvısına eklenen parçacıklar genellikle formasyon içinde bir bentonit keki oluşturabilir. Bu, penetrasyon oranlarının düşmesine neden olur ve destek kuvvetlerini kazı duvarına yaklaştırır.

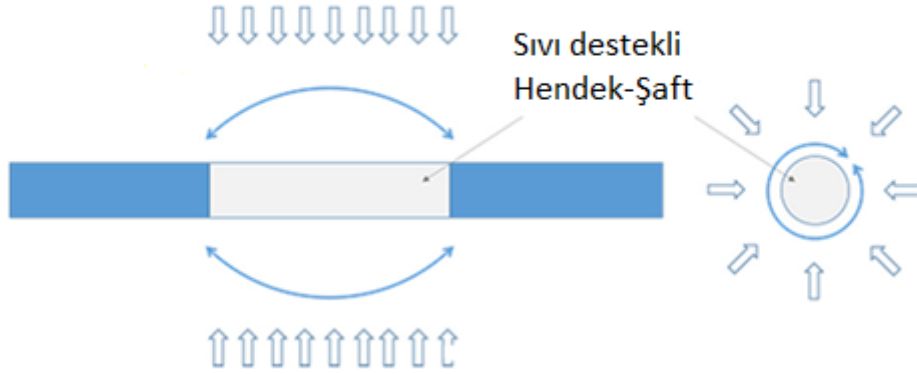
Destek sıvısı dolu bir kazıya çevredeki zemin tarafından uygulanan teorik dengesizleştirmeye çalışan basınçları değerlendirmeye yönelik bir dizi hesaplama yöntemi geliştirilmiştir. Bu tür hesaplama yöntemleri faydalıdır ancak dikkatli kullanılmalıdır ve ilgili deneyimlerin ve bazı temel kuralların yerine geçmediği unutulmamalıdır. Tipik inşaat koşullarında, yer altı su seviyesinden 2 m ila 3 m daha yüksek destek sıvısı seviyesi oluşturulması, kazı sırasında stabiliteyi korumak için genellikle yeterlidir. ICE SPERWALL (Specification for Piling and Embedded Retaining Walls) destek sıvı seviyesi ile yeraltı suyu seviyesi arasında minimum 2 m fark olmasını önerir.

Kemerlenme Etkisi

Zeminde oluşan kemerlenme etkisi, açık kazı çevresinde gerilmenin aktarılmasında önemli bir rol oynar, dolayısı ile destek sıvısı tarafından sağlanan yanal gerilme, ağırlıklı olarak kazı açıklığına yakın zeminde oluşabilecek bölgesel göçmeyi önlemek için gereklidir. Bu sadece nispeten kısa panel boyları için geçerli olsa da çoğu diyafram duvar panelinin uzunluğu bu durum dahilindedir.

Kemerlenme etkisi, kazı stabilitesini ve yukarıda açıklanan tekniklerin inşaatта nasıl etkili bir şekilde kullanılabileceğini anlamak için önemli bir kavramdır. Dairesel düşey bir şaft veya dikdörtgen bir diyafram duvar paneli kazıldığında, kemerlenme etkisi, zeminde oluşacak yanal gerilmelerin, kazının stabilitesinin muhafaza edilebilmesi için kazının etrafına aktarılmasına izin verir (Şekil 2.5). Destek için

muhafaza veya sondaj sıvılarının kullanılmasıyla zemindeki yanal gerilmelerin çoğu şaftın etrafına aktarılmalıdır.



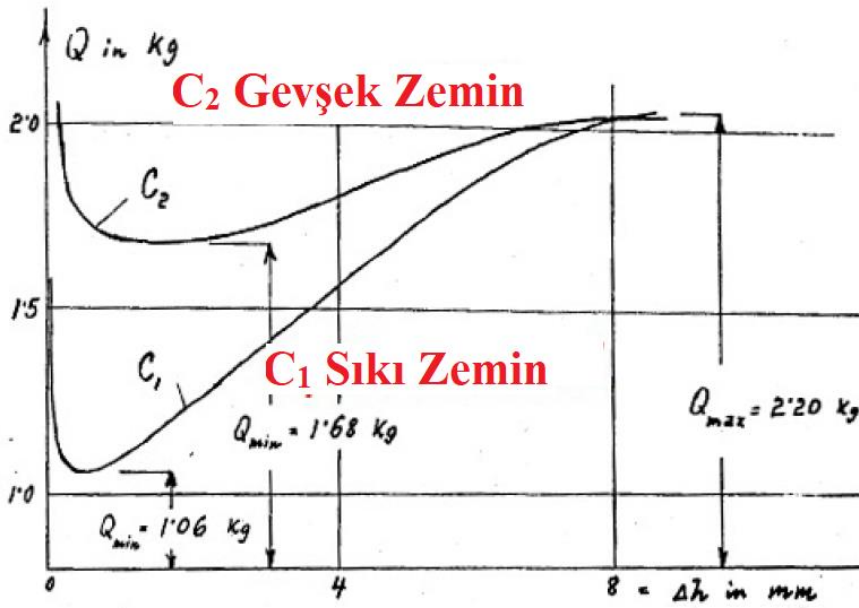
Şekil 2.5 Dikdörtgen panel üzerinde kemer etkisi ve dairesel düşey şaft

Kazı/delgi ilerledikçe, kazının etrafındaki zemin hafifçe içe doğru hareket eder, böylece Şekil 2.5 'te sağda gösterildiği gibi yanal gerilmenin deliğin etrafındaki yaylanma yoluyla aktarılmasına izin verir. Deliğin etrafında oluşan bu radyal gerilmenin teğetsel gerilmeye dönüşmesi, kazıyı stabil tutmak için az miktarda sıvı basıncına veya muhafaza desteği kullanılmasını sağlar. Bu etki, Terzaghi (1936) tarafından açıklanan ve kumla dolu bir kutunun altındaki bir kapağı desteklemek için gereken kuvveti ölçtüğü ünlü 'döşeme kapağı (trap-door)' deneyinde gösterilmiştir. Ölçümleri, kapağın etrafındaki gerilimi yeniden dağıtmak için hareket eden birbirine kenetlenen zemin parçacıklarının bir sonucu olarak kapı hafifçe açıldığında, kapağı desteklemek için gereken kuvvetin azaldığını göstermiştir. Oluşan bu kuvvetin, sıkı kum için, gevşek kuma göre çok daha küçük bir büyüklüğe düştüğü gözlemlenmiştir (Şekil 2.6). Bu etkinin, daha mukavemetli bir zeminde daha etkili bir yaylanma oluşturacağı kabul edilmiştir. Kapı, kademeli olarak daha fazla açıldıkça kemer çökmüş ve kapı üzerindeki kuvvet orijinal değerlere yakın seviyelere geri dönmüştür.

Benzer prensipler, fore kazık veya diyafram duvar panelinin delgisi/kazısı sırasında da geçerlidir. 3 m destek sıvısı basıncı tarafından sağlanan stabilize edici radyal gerilme, yanal zemin basınçlarına kıyasla nispeten düşüktür (yaklaşık 30 kPa), ancak stabilitenin korunmasında etkili olduğu gözlemlenmiştir. Çünkü bu gerilme tipik olarak zeminin kemerlenme etkisini sürdürme noktasına kadar desteklemek için yeterlidir. (Washbourne 1985).

Deneyimli inşaatçılar, daha sıkı zeminlerin gevşek zeminlere göre daha kolay stabilize edildiğini bilirler ve bu gözlemin nedeni kısmen kemerlenme etkisi ile açıklanabilir.

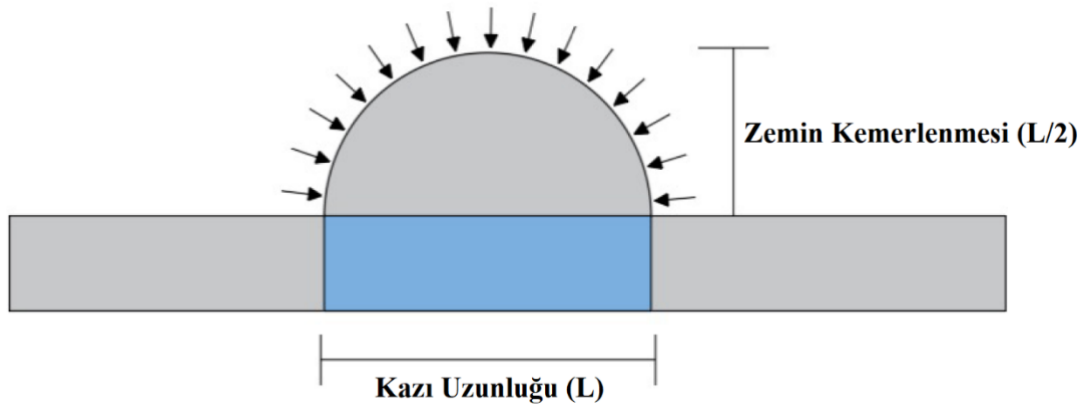
Daha gevşek zeminler ayrıca kemer oluşturmak için daha fazla içe doğru yer değiştirmeyi gerektirecektir. Küçük çaplı bir shaft, daha büyük çaplı bir shafta göre daha güvenlidir, çünkü yaylanma daha kolay gerçekleştirilir. Aynı nedenle, fore kazık delgileri ve diyafram duvar kazı çukurlarına göre daha az problemlidir. Terzaghi'nin kapak deneyinin gösterdiği gibi, radyal destek yetersizse veya çok fazla içe doğru hareket olursa, zeminin göçmesi meydana gelebilir.



Şekil 2.6 Zemin tipinin kazı stabilizasyonuna etkisi (Terzaghi, 1936)

Burada Q = üst kapağı tutmak için gereken kuvvet

Δh =kapak kapağının açılma yer değiştirmesi (mm)



Şekil 2.7 Panel etrafında oluşan zemin kemerlenme etkisi

Kapalı sistemlerde son elemanın stabilitesi (örneğin giriş şaftı) geçirgen tabakalardan birinde kazı yapıldığında, piyezometrik basıncı düşürmek ve imalat sırasında gerçekleştirilecek son panel kazısının stabilitesini korumak için şaft içinde bir pompalama kuyusunun gerekli olması muhtemeldir. Bu tür zeminlerin doygun olduğu durumlarda, sıvıdan zemine süzülen maddenin yalnızca küçük bir akışı, zemin boşluk basıncının yükselmesine neden olur. Bu artış, geçirgen tabakanın üstte ve altta geçirimsiz tabakalarla kapatıldığı yerde daha kolay gerçekleşir. Herhangi bir aşırı boşluk basıncının pompalama yoluyla tahliye edilmesi, yeterli bir destek sıvısı diferansiyel yüksekliği sağlar ve kapamış paneli kazısının kararlı koşullarda yürütülmesine izin verir (Puller, 2003).

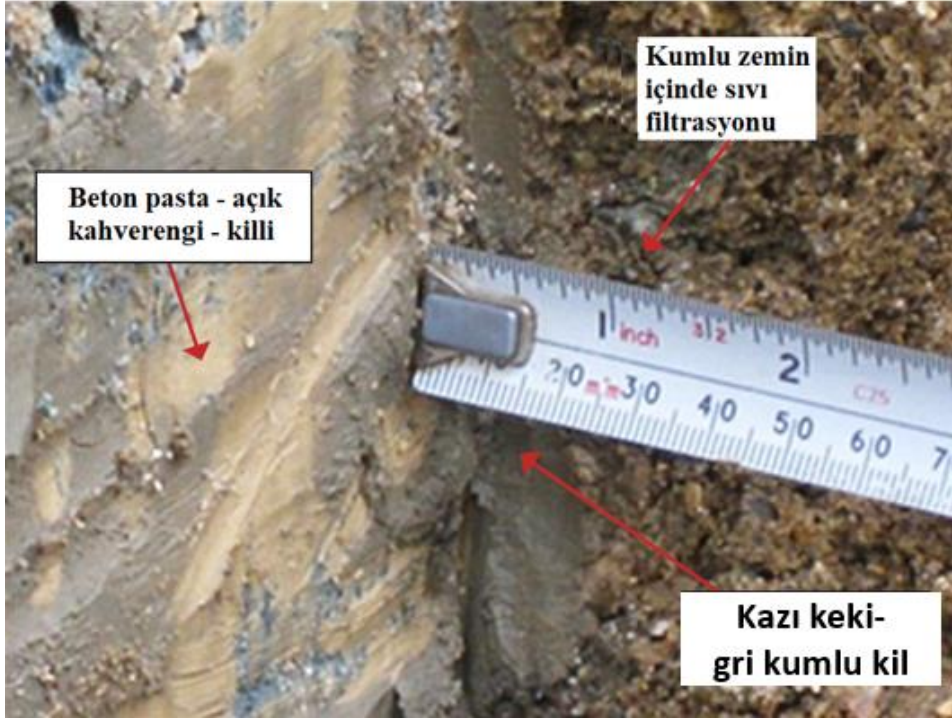
2.5 Şaft Direnci ve Taban Direnci

Avrupa veya Kuzey Amerika standartlarında, destek sıvısının kazıkların ve diyafram duvarların Geoteknik kapasitesi üzerindeki potansiyel etkisinin nasıl dikkate alınacağını öneren özel bir kılavuz yoktur, ancak bunun tasarım sürecinin bir parçası olarak düşünülmesi esastır. Bölüm 6 'da tartışıldığı gibi, kapasite değerlendirmesi için tam ölçekli saha deneyleri kullanılabilir.

Kazıklar ve/veya baretlerle, kazıkların gerçek kapasitesini kontrol etmek için tam ölçekli kazık yükleme testleri yapmak iyi bir uygulamadır. Diyafram duvarlarda yükleme testi yapmak normalde mümkün değildir. Tam ölçekli deneylerin yapıldığı durumlarda, deneyler için uygun yöntemlerin ve kontrol parametrelerinin kullanılması ve belgelenmesi ve bu metotların, deneylerin geçerliliğini sağlamak için derin temel elemanlarının inşası boyunca muhafaza edilmesi esastır.

Bentonit bulamacının, kazık ve diyafram duvarları şaft direnci ve taban (uç) direnci üzerindeki etkisi oldukça iyi bilinmektedir (Fleming ve Sliwinski 1991). Şekil 2.8, bir bentonit keki örneğini göstermektedir. Beton panelin yüzündeki bentonit kekinin ince açık kahverengi bölümü, destek sıvısı katı içeriği düşük olduğunda ve ürettiği kek düşük geçirgenliğe sahip olduğunda, betonlamadan önce oluşturulmuştur. Kek geçirgenliği ve sıvı katı madde içeriği daha yüksek olduğunda kazı işlemi sırasında daha kalın gri bentonit keki oluşmuştur. Bu bentonit keki, grab kullanılarak kazılan bir diyafram duvar paneli sırasında oluşmuştur. Hidromill (cutter) ile benzer kekler

oluşturulmuştur. Bentonit bulamacından gelen sıvının bitişikteki kumlu zemine sızdığı görülebilir. Polimer sıvıların kazı shaftı ve taban direnci üzerindeki etkisi giderek daha iyi anlaşılmaktadır ve ilk araştırmalar geçirgen zeminlerde kazı shaft direnci üzerindeki olumsuz etkilerin bentonite kıyasla daha az şiddetli olduğunu göstermektedir (Lam ve diğerleri, 2010).



Şekil 2.8 Diyafram duvar paneli içerisinde oluşan bentonit kekinin fotoğrafı, 1 mm killi, açık kahverengi, beton kekini ve 19 mm gri kili kazı kekini göstermektedir

Mineral veya polimer destek sıvılarının kullanılmasından bağımsız olarak, iyi bir taban direnci sağlamak için yeterli taban temizliği şarttır. Kazıkların ve diyafram duvar panellerinin uç taşıma kapasitesi, inşaat sürecinin bir parçası olarak kazı dibinde kalan zemin kırıntıları ve destek sıvısının varlığından etkilenebilir. Uygun taban temizliği seviyeleri, proje tasarım aşamasında tartışılarak kararlaştırılmalı ve sahada buna göre doğrulama testleri yapılmalıdır. Taban temizliğini kontrol etmek için bir dizi yöntem mevcuttur ve bazı örnekler FHWA #10 ve ICE SPERWALL 'da verilmiştir. Bölüm 6.2 'sinde daha fazla ayrıntı verilmektedir.

2.6 Yapısal Tasarım

Destek sıvısı kullanılarak inşa edilen kazık ve diyafram duvarların yapısal tasarımında, destek sıvısının kullanılması nedeniyle donatı ile beton arasındaki etki

(aderans) göz önünde bulundurulmalıdır. (Jones, 2004; Jones, 2005; Bowen, 2014, Costello, 2018; Costello ve diğeri, 2019).

Destek sıvısı ile ilgili tasarım alanı, Bölüm 8.4 'te 'bağ durumunun kalitesine' dayalı faktörlü bağ kapasitesinin kullanılmasının tavsiye edildiği EN 1992-1' de geçici olarak ele alınmaktadır.

Donatı kafesinde kullanılan donatıların birbirlerine olan mesafeleri azaldıkça zayıf beton akışına neden olurlar. Dolayısı ile donatı sıklığının en aza indirilmesi en aza indirilmesi önemlidir. Minimum donatı aralığı ve maksimum donatı yoğunluğu, geçerli Standartlara (örn. EN 1536, EN 1538, ACI 318 ve ACI 336) göre kesinlikle korunmalıdır.

3. BÖLÜM / DESTEK SIVILARININ ÖZELLİKLERİ

Destek sıvısının özellikleri, hem işin yürütülmesi sırasında bu sıvının yönetimi hem de kalite kontrol protokolüne uygun olarak bir dizi test yapılması sonucunda karakterize edilir.

Önem ve vurgu sırası, dikkate alınan destek sıvısının türüne göre değişecektir. Üç farklı destek sıvısı sınıfı (bkz. Bölüm 4), özelliklerinin ayrı bir analizini ve ardından bunlara eklenecek değer aralığını gerektirir. Bu üç sınıf şunlardır:

- Mineral (örn. bentonit).
- Doğal (örn. reçine) ve modifiye edilmiş doğal polimer (örn. CMC ve PAC) tek başına veya bentonit ile karıştırılarak kullanılır.
- Sentetik polimer ile harmanlanmış olarak kullanılır. (örn. PHPA) – genellikle tek başına kullanılır.

3.1 Reoloji

Reoloji, uygulanan gerilmelerin etkisi altında malzemelerin deformasyonu ve akışının incelenmesidir. Destek sıvılarının reolojisi, aşağıdakiler de dahil olmak üzere davranışlarının birçok yönünü etkiler:

- Akışkanın kazı içerisine ve kazıdan dışarıya pompalanması,
- Delgi ataşmanı kuyuya indirilip çıkartılırken meydana gelen dalgalanma basınçları,
- Kazıdan çıkartılırken akışkanın kazı ataşmanından boşaltması
- Destek sıvısının bitişik zemine nüfuz etmesi,
- Kazılan zeminin destek sıvısında çökmesi
- Betonlama sırasında betonun yükselmesiyle destek sıvısının donatıları arasında ve kazı çeperlerinde yer değiştirmesi,
- Eleme tesisinde zeminin ayrıştırılması.

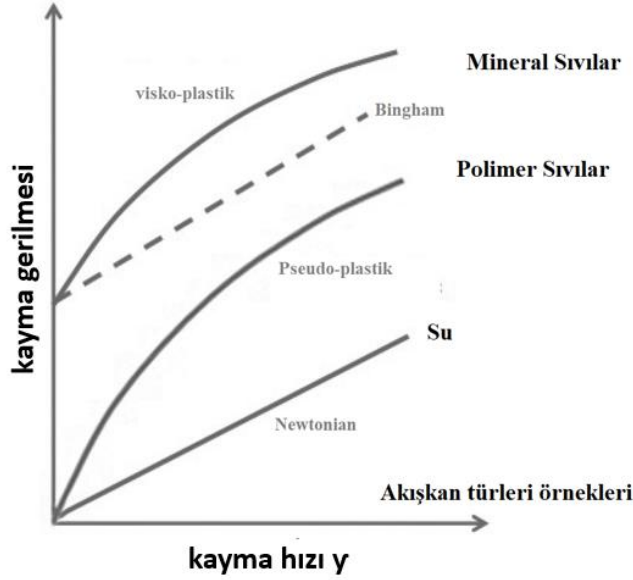
Akışkan reolojisinin ikincil etkileri olabilir:

- Bentonit keki kalınlığı ve şaft direnci üzerindeki olası zararlı etkiler,

- Kazı stabilitesi,
- İşlerin tamamlanmasından sonra atık sıvının bertaraf edilmesi.

Destek sıvılarının akış davranışı, kayma geriliminin kayma hızının bir fonksiyonu olarak çizilmesiyle incelenebilir. Şekil 3.1, bu reolojileri gösterebilecek sıvı örnekleriyle birlikte bazı ideal akış türleri için kayma gerilmesi-kayma hızı grafiklerini göstermektedir.

Standart uygulamaya göre, Görünür Viskozite, Plastik Viskozite ve Akma Gerilmesi değerleri, 300 ve 600 rpm 'de, iki hız reometresi kullanılarak ISO 10414-1:2008, Bölüm 1 'e göre ölçülür ve sağlanır.



Şekil 3.1: Akışkan reolojisi

Reolojik Modeller

Şekil 3.1 'de gösterilen profiller gibi reolojik verilere uyacak modeller geliştirmek faydalıdır. Aşağıdaki bölümlerde en temelden en karmaşığa doğru çalışan bazı temel modeller ele alınmaktadır.

Newton Akışkanları

Newton akışkanlarının laminer akıştaki davranışı, basit tek bir parametrelili modelle açıklanabilir:

$$\tau = \mu \dot{\gamma}$$

τ : Kayma gerilmesi

$\dot{\gamma}$: Kayma hızı

μ : sıvının viskozitesi

Su, mineral ve yağlar, Newton sıvılarına örnektir.

Bingham Sıvıları

Bazı sıvılar hem sıvı hem de katı benzeri davranışlar gösterir. Bu tür sıvılar için en temel model Bingham modelidir:

$$\tau = \tau_0 + \mu_p x \dot{\gamma}$$

$\dot{\gamma}$: Kayma hızı

μ_p : plastik viskozite

Bingham modeli genellikle bentonit sıvılarını tanımlamak için kullanılır, ancak bunlar aslında aşağıda açıklandığı gibi zamana bağlı etkiler de dahil olmak üzere daha karmaşık akış davranışı gösterir.

Güç Kanunu Modeli

Pek çok polimerin çözeltileri dahil olmak üzere bazı akışkanlar için, kayma gerilimi-kayma hızı ilişkisi, bir güç kanunu modeli ile açıklanabilir:

$$\tau = m x \dot{\gamma}^n$$

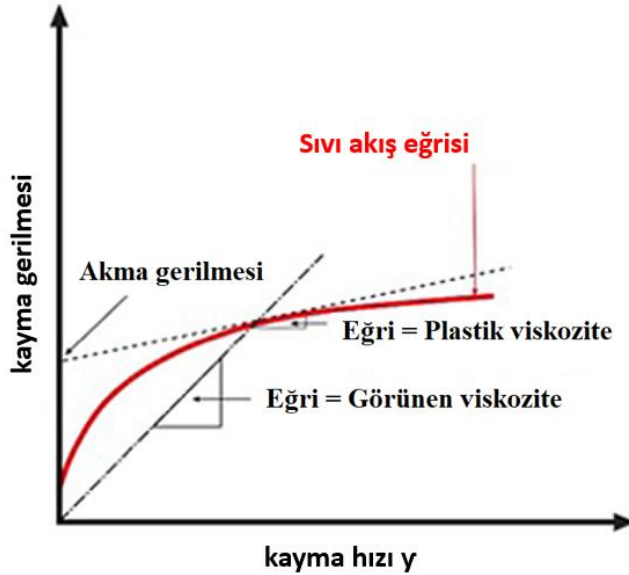
Burada m ve n, eğri kıvrım parametresidir. m, akışkan tutarlılık katsayısı ve akış davranış indeksi olarak bilinir.

Bir Newton sıvısı için n = 1 ve m viskozite olur. Psödoplastik polimer çözeltileri için n, 1 'den küçüktür. Ayrıntılı olarak, n > 1 için kayma kalınlaşma davranışı verir.

n < 1 olan kuvvet yasası akışkanları için kayma gerilimi-kayma hızı grafiğinin dış bükey eğriliği nedeniyle, görünür bir akma gerilimine sahiptirler - herhangi bir sonlu kayma hızında, çizime bir teğet orijinden geçmeyecektir (bkz. Şekil 3.2). Bu nedenle, bu sıvılar psödoplastik sıvılar olarak bilinirler. Model çok düşük veya çok yüksek kayma hızları için uygun olmasa da tipik olarak PHPA çözümlerine ilişkin veriler bir güç kanunu modeline uydurulabilir. Moleküler etkileşimlerin akış tarafından bozulmadığı çok düşük kayma hızlarında, sıvı viskozitesi sabit bir değere yönelir. Kaymanın moleküler etkileşimlere hâkim olduğu çok yüksek kayma hızlarında, çözelti viskozitesi çözücününkine (PHPA destek sıvıları için su) doğru eğilim

gösterir. Çok düşük ve çok yüksek kayma hızları arasındaki viskozite farkı, birkaç yüzde bir milyonun üzerine kadar, çok önemli olabilir.

Şekil 3.2, Newton olmayan sıvıların genelleştirilmiş bir reolojik akış eğrisi için akma gerilmesi ve plastik viskoziteyi göstermektedir.



Şekil 3.2 Genelleştirilmiş Newton olmayan bir sıvı için reolojik parametreler

Şekil 3.2 'den:

- Plastik viskozite, herhangi bir kesme hızında kesme gerilmesi-kesme hızı grafiğinde bir teğetin eğimidir. Genel olarak mineral sıvılar, polimer sıvılar ve Newton olmayan sıvılar için bu eğim, kayma hızının bir fonksiyonu olacaktır ve bu nedenle plastik viskozite değerleri belirtilirken kayma hızı belirtilmelidir.
- Akma gerilmesi, kayma gerilmesi- kayma hızı grafiğine teğetin kayma gerilmesi eksenindeki kesişme noktasıdır. Plastik viskoziteye gelince, modellenen akma gerilmesi, kayma hızına bağlı olacaktır.
- Görünen viskozite, sıvının Newton olduğu varsayılırsa, elde edilen viskozitedir. Bu nedenle, orijinden kayma gerilmesi-kayma hızı grafiğine doğru bir çizginin eğimidir. Newton sıvıları dışında, görünen viskozite kayma hızıyla değişecektir ve bu nedenle görünen viskozite değerleri belirtilirken kayma hızı belirtilmelidir.

- Görünen viskozitenin bir sıvının Newton tipi olduğu varsayılarak elde edilen viskozite olması gibi, görünen viskozite, μ_p ve akma gerilimi de sıvının Bingham modelini takip ettiği varsayılırsa τ_0 Bingham modeli parametreleridir.

Zamana Bağlı Etkiler

Bazı akışkanlar zamanla reolojik özelliklerde değişiklik gösterirler, basmakalıp bir örnek olarak taze beton zamanla yarı akışkandan katıya dönüşür. Bentonit destek sıvıları zamanla sertleşme eğilimi gösterebilir. Bununla birlikte, bu etki tersine çevrilebilir, sıvı hareketsiz bırakıldığında jel yeniden oluşur, ancak kayma sırasında akışkanlık geri yüklenir. Bu etki tiksotropi olarak bilinir.

Bentonit destek sıvıları için tiksotropik etkiler, jel kuvveti ölçülerek gösterilebilir. Bu kılavuzun amaçları doğrultusunda jel kuvveti, durduktan sonra bir sıvıda akışı başlatmak için gereken gerilmedir. Destek sıvılarının tiksotropisinin değerlendirilmesi için, Fann tipi bir viskozimetre gibi doğrudan göstergeli bir viskozimetre kullanılarak 10 saniye ve 10 dakikalık dinlenme sürelerinden sonra jel kuvveti belirlenir. Akma gerilmesinin, hareket halindeki sıvıların davranışını modellemek için kullanılan kavramsal bir gerilme olduğu ve durgun bir sıvıda akışı başlatmak için gereken gerilme olmadığı belirtilmelidir.

Derin temel elemanlarında kullanılan mineral sıvılar genellikle orta derecede viskoziteye ve düşük jel kuvvetine sahiptir. Mineral sıvılara selülozik polimerin eklenmesi, viskoziteyi artırabilir ancak jel kuvvetini artırmaz. Atapulgit gibi tuzlu su killeri, benzer konsantrasyonlarda bentonitten daha yüksek jel kuvvetine sahip olabilir. Kaba zeminlerde kazı stabilizesi için faydalı olmasına rağmen, jel mukavemeti değerleri, katıları askıya alacak bir sıvıya karşılık gelen, ancak sıvı yoğunluğunda önemli bir artışla birlikte 5 N/m^2 'nin üzerinde önemli hale gelir. Kayda değer bir jel kuvveti olmayan polimer sıvılar için, katı yönetimine yönelik diğer yaklaşımlar benimsenmelidir.

Jel kuvvetinin ideal değeri, donatı üzerindeki çökmeyi önlemek için daha ince parçacıklar süspansiyon halinde kalırken, kum ve daha büyük parçacıkların serbestçe çökmesine izin veren değerdir. Parçacık boyutunun büyük ölçüde değiştiği göz önüne alındığında, ideal bir jel kuvveti değeri yoktur. Düşük jel mukavemetli sıvılar bu nedenle en sık kullanılanlardır. Jel kuvveti bir kontrol kriteri olarak

değerlendirilmemelidir. Bununla birlikte, sıvı yönetimi prosedürlerinde yararlıdır ve sıvıya ne olduğu konusunda ek gösterge sağlar.

Reolojik Verilerin Kullanımı

Akışkan reolojisinin, destek akışkanlarının performansı üzerinde büyük bir etkisi olmasına rağmen, tasarım hesaplamalarında reolojik parametrelerin kullanılması nadirdir (tipik olarak en kötü durum parametreleri varsayılır, örneğin bir tesis tedarikçisi şunu belirtebilir: "Bu pompa ...'a kadar viskoziteye sahip sıvıları işleyebilir" veya "bu zemin-çamur ayırma tesisi Marsh huni süreleri saniyeye kadar olan sıvıları işleyebilir"). Viskozite, akma gerilmesi ve jel kuvveti gibi reolojik parametreler, standart cihazlarla değerlendirilir ve sonuçlar, kontrol spesifikasyonlarına göre değerlendirilir. Reolojik parametreler tipik olarak kontrol parametreleridir, ekipman tasarım parametreleri değildir (Pompalama ile ilgili Bölüm 5.2 'ye bkz.).

Destek sıvılarında sedimentasyon bir destek sıvısında çökme hızı, partikül çökmesinin boyutuna ve destek sıvısının özelliklerine bağlı olacaktır. Çizelge 3.1, parçacık çökme hızlarını vermektedir.

Çizelge 3.1 M/HR cinsinden tahmini küresel parçacık çökme hızları (İtalik değerler Reynolds sayısının \geq temsil etmektedir.)

Zemin tipi	Dane boyutu	Dane boyutu	Suda yerleşme hızı, viskozite 1 cP	15 cP viskoziteye sahip bir Newton destek sıvısında çökme hızı	PHPA polimer destek sıvısında çökme hızı
	Mikron	mm	m/saat	m/saat	m/saat
KİL	2	0.002	<0.1	<0.1	<0.1
SİLT	6	0.006	0.12	<0.1	<0.1
	10	0.01	0.32	<0.1	<0.1
	20	0.02	1.29	<0.1	<0.1
	60	0.06	12	0.8	<0.1
KUM	100	0.1	32	2.2	<0.1
	200	0.2	95	8.6	<0.1
	600	0.6	>200	78	4
	1000	1	>200	170	40
	2000	2	>200	>200	>200
ÇAKIL	6000	6	>200	>200	>200
	10000	10	>200	>200	>200
	20000	20	>200	>200	>200

Not: 0,1 m/saat'in altındaki çökelme hızları <0,1 olarak gösterilmiştir, çünkü 0,1 m/saat ve daha düşük hızlarda çöken parçacıkların bir kazı tabanında önemli miktarda malzeme biriktirmesi olası değildir.

Benzer şekilde >200 m/saat hızlar, >200 olarak gösterilmiştir çünkü bu tür hızlara sahip tüm parçacıklar normal taban temizleme işlemlerinde çıkarılacak kadar yeterince hızlı çökerler.

Tüm çaplar Stokes çaplarıdır, yani küresel olmayan parçacıklar için çaplar, aynı çökelme hızına sahip eşdeğer küresel parçacığın çaplarıdır.

3.2 Destek Sıvısı Testleri

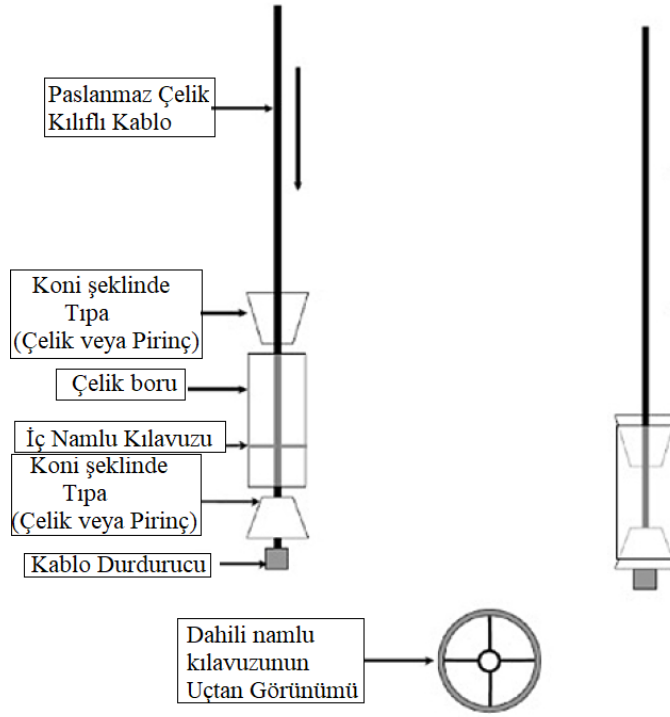
Destek sıvılarının kontrolü, sıvıyı tek başına yeterince tanımlayamayan bir dizi testin yapılmasını gerektirir. Çeşitli sıvı özellikleri birbirine bağlıdır.

Reolojik özellikler nadiren doğrudan sahada ölçülür. Çizelge 3.2 'de özetlendiği gibi reolojik parametreleri yansıtan bir dizi basit test gerçekleştirilir. Bu testler için gereken parametre aralığı genellikle EN 1536, EN 1538, ICE SPERWALL, ACI 336.1, FHWA ve Caltrans gibi spesifikasyonlarda tanımlanır. Şu anda kullanılan kabul değerleri Bölüm 8.3 'te sunulmaktadır. Test yöntemleri, Ek B 'de ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Çizelge 3.2 Destek sıvısı testleri

Ölçülen Özellik	Test Metodu
Yoğunluk (g/ml)	Çamur terazisi veya hassas tartı
Viskozite (s/qt)	Marsh Hunisi
Kum içeriği (% hacim)	Kum içeriği testi
Filtrasyon kaybı (30 dakika sonra ml)	API sıvı kaybı testi
Bentonit Kek Kalınlığı (30 dakikada mm)	API sıvı kaybı testi
pH testi*	Elektrikli pH ölçer veya pH kağıtları

Tıplar ve çelik boru arasındaki contalar sıvı kaybını önlemek için sıkı olmalıdır. Bu, özellikle polimer sıvılarından numune alırken önemlidir.



Şekil 3.4 Destek sıvısı numune alıcı

3.4 Destek Sıvılarının Özellikleri

Taban bölümü gerekli derinliğe indirilir ve tambur yerine kilitlenir. Merkez bölümün daha sonra tel halattan aşağı düşmesine izin verilir. Üst kapağın daha sonra orta bölümün üzerine düşmesine izin verilir. Tertibat vinçle yüzeye çıkarılır ve numune geri alınır.

Taban bölümünün ağırlığı nedeniyle (5 kg veya 11 lbs aralığında), kazı tabanında yüksek yoğunluklu sıvılardan numune almak mümkündür.

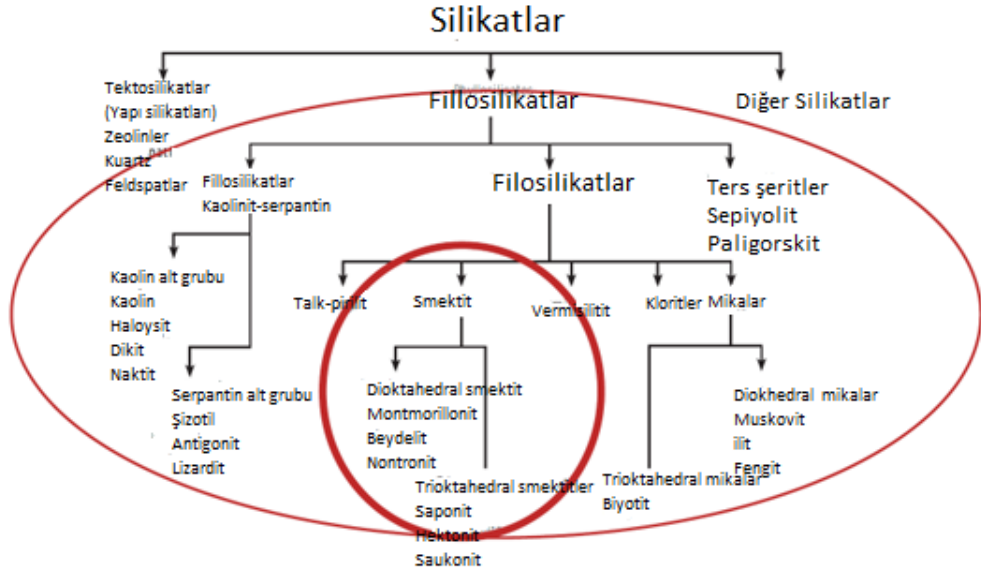
Destek sıvısından numune alınması gereken derinlik, tüm sıvı sütununa bakılmaksızın kum içeriğinin en büyük değerinin altında olup olmadığının belirlenmesi için kazının dibine doğru, diğer özelliklerinin belirlenmesi için herhangi derinlikten olabilmektedir.

4. BÖLÜM / İŞLENMEMİŞ POLİMERLER

4.1 Bentonit

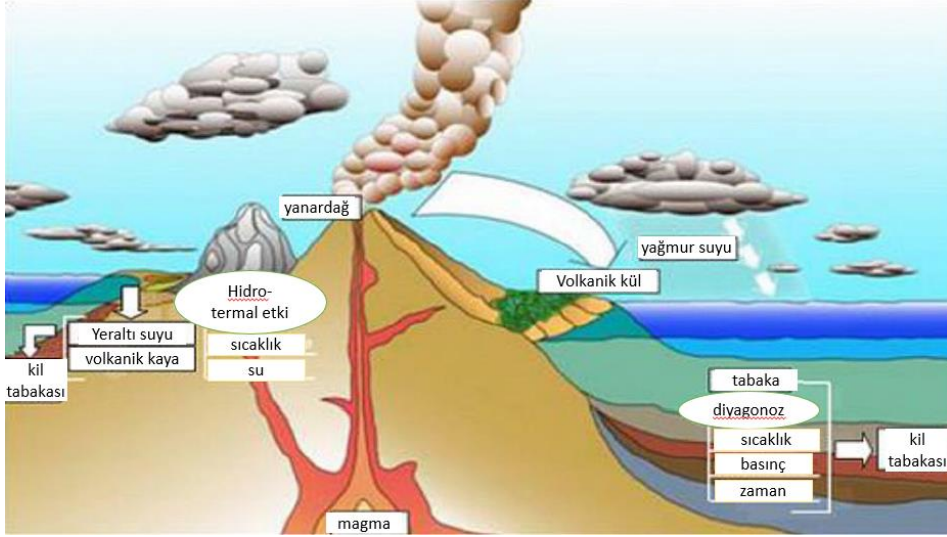
Yapı ve Bileşim

Ticari bentonit, ağırlıklı olarak (smektit grubuna ait) kil minerali montmorillonit ile diğer smektit türleri ve diğer minerallerden (feldspat, kuvars vb.) oluşur. Sınıflandırma Şekil 4.1' de özetlenmiştir.



Şekil 4.1 Silikat ve bentonitlerin sınıflandırılması

Bentonitin fiziksel özellikleri montmorillonit tarafından belirlenir (Wright, 1968). Çoğu durumda bentonitler, suyla yoğun temastan sonra volkanik kül ve kayaların bozulmasıyla oluşur (Şekil 4.2 ve 4.3).



Şekil 4.2 Kil ve bentonit oluşumu

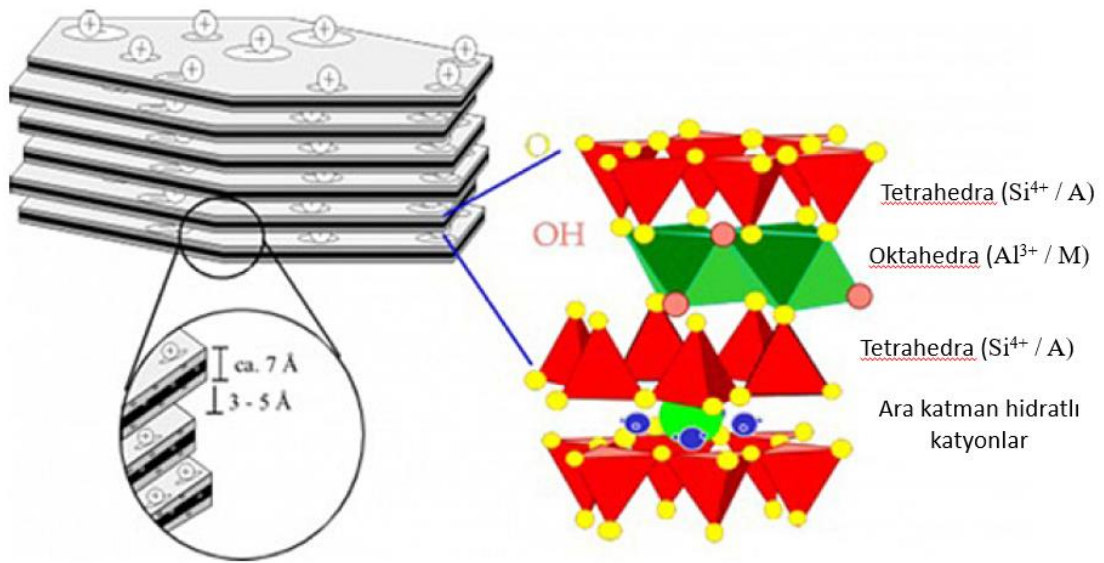


Şekil 4.3 Bentonit madeni örneği

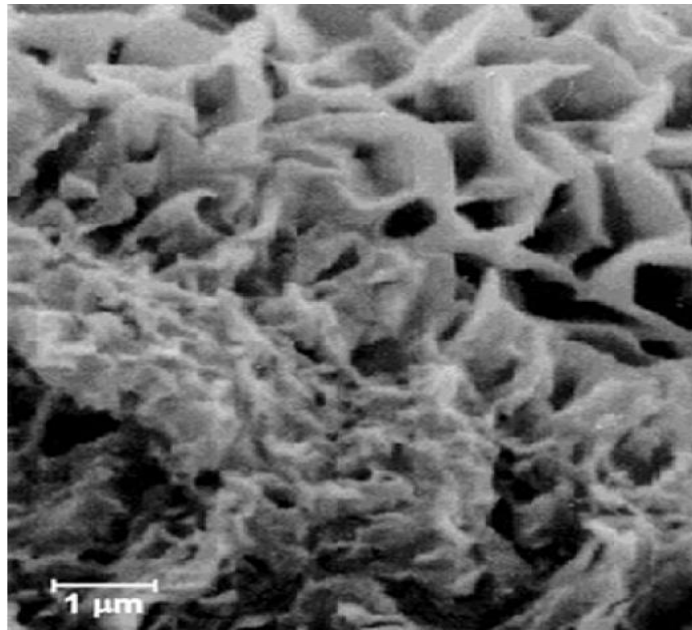
Smektit grubunun mineralleri, Şekil 4.4 ve 4.5 'te gösterildiği gibi, yanal boyutlarda birkaç mikron, ancak kalınlık olarak yalnızca birkaç Angstrom olan parçacıklardan oluşur. Bireysel parçacıklar, Al, Mg, Fe, O 'dan oluşan bir oktahedral katman olmak üzere üç katmandan oluşur. Si-O₄ tetrahedronları ile iki tetrahedral tabaka arasında sıkıştırılmış OH 'dan oluşur. Oktahedral katmanda iki değerlikli katyonların tek değerlikli katyonlarla (üç-oktahedral smektit) veya üç değerlikli katyonların iki değerli katyonlarla (di-oktahedral smektit) ve ayrıca tetrahedral katmanda Si 'nin Al ile izomorfik ikamesi yoluyla, bir katman yükü üretilir. Bu katman yükü, tek tek katmanları birbirine bağlayan ara boşluktaki tek veya çift değerlikli katyonlar tarafından dengelenir.

Kristal tabakaların zayıf yükü nedeniyle, ara tabaka katyonları, ağırlıklı olarak Na, Mg ve Ca ile yer değiştirebilir. En bol bulunan smektit minerallerinden biri, oktahedral tabakalarda bulunan Al'ın bir kısmının Mg ve Fe ile yer değiştirdiği ve Si 'nin Al ile

yer değiştirmesiyle tetrahedral tabakada daha fazla elektrik yükünün olduğu di-oktahedral montmorillonittir.



Şekil 4.4 Smektit parçacıklarının yapısı



Şekil 4.5 Elektronik mikroskop altında smektit

Doğal durumda, baskın değişebilir iyon olarak kalsiyum (ve bazen magnezyum) içeren bentonitler, doğada en bol bulunanlardır. Doğal olarak oluşan sodyum bentonitler nadirdir ve örneğin; bazı ticari bentonitler Şunlardır:

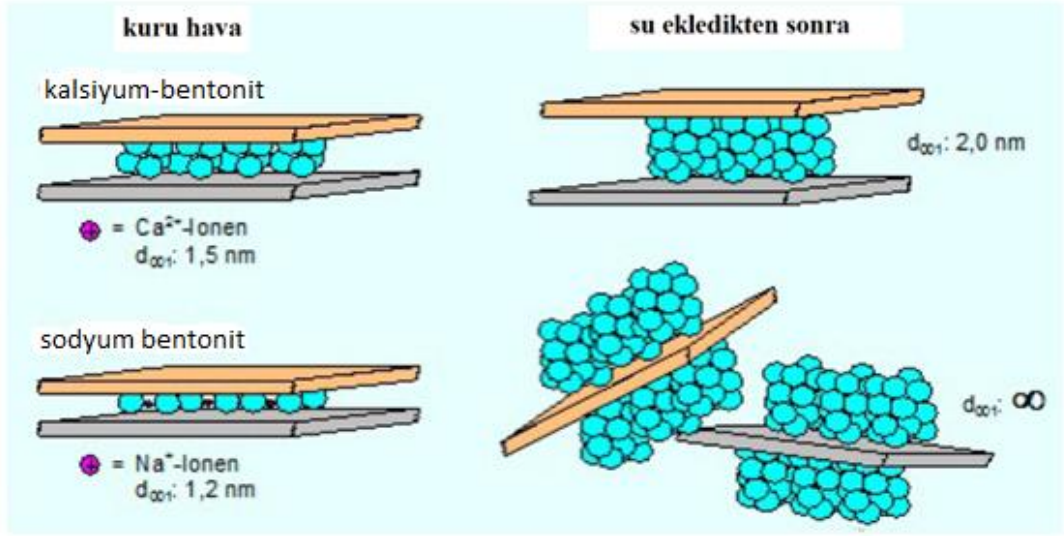
- Destek sıvılarında kullanılan sodyum bentonitler (doğal veya aktive edilmiş) temelde aynı özelliklere sahip yerel mevcudiyete dayanmaktadır. Aktif

sodyum bentonitler, soda külü (sodyum karbonat) ile muamele edilerek iki değerli Ca veya Mg kationlarının Na- iyonları ile değiştirilmesi için endüstriyel olarak işlenmiş Ca veya Mg bentonitlerdir. İşlem sırasında Ca ve Mg, kolayca çözünebilen Na-karbonattan Na- iyonları ile yer değiştirdikten sonra çökeltir. Modifikasyondan sonra bu bentonitler yüksek şişme ve jelleşme davranışına sahip sodyum bentonitler gibi davranır.

- Polimerlerle modifiye edilmiş bentonit: Birçok bentonit, belirli uygulamalar veya projeler için daha iyi reolojik ve filtrasyon davranışı veya kirlenmiş zemin koşullarında daha yüksek stabilite sağlamak amacıyla selüloz türevleri, poliakrilamidler veya reçineler gibi farklı polimerlerle işlenir.

Ticari Bentonitlerin Koloidal Özellikleri

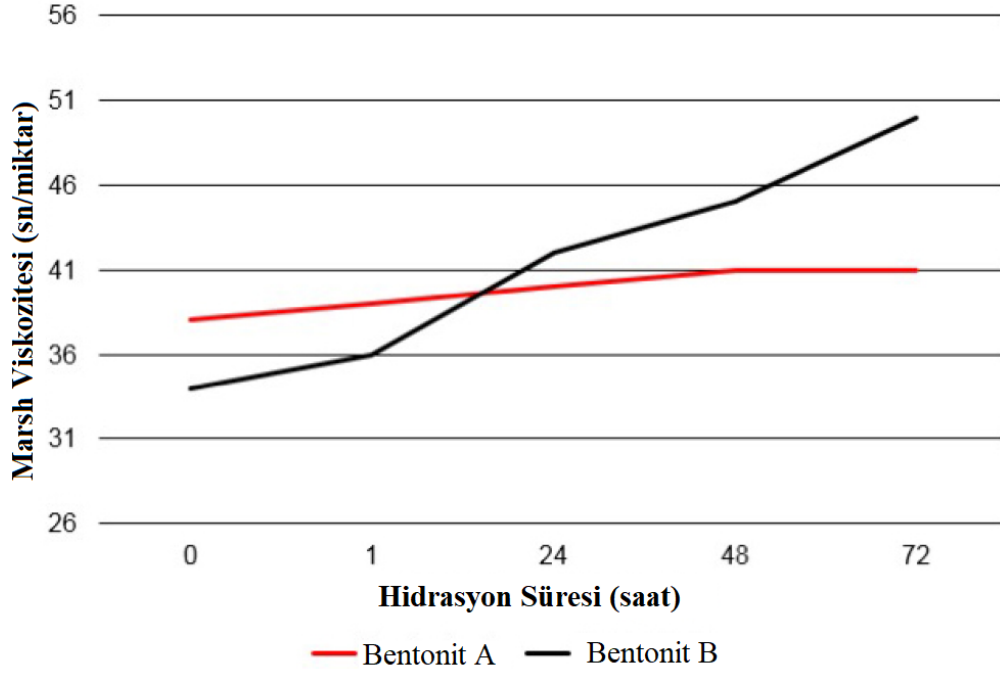
Smektit kil minerallerinin derin temel inşaatı için en önemli özelliği su ile temas ettiğinde şişmesi ve stabil bir koloidal süspansiyon oluşturmasıdır. Smektit kil minerallerinin derin temel inşası için en önemli özelliği suyla temas ettiğinde şişmesi ve stabil bir koloidal süspansiyon oluşturmasıdır. Bu, suyun artan mevcudiyeti, smektit ara katmanlarındaki iyonların hidrasyonu ile katmanlar arası boşluğun kademeli olarak genişlemesi ve mevcut su miktarına bağlı olarak silika katmanları arasına nüfuz edebilen iki, üç veya dört moleküler su katmanı ile gerçekleşir (Şekil 4.6). Spesifik olarak Na⁺ varlığında, izole tabakalara (silika-alümina-silika birimleri) veya birkaç katmandan oluşan ince paketlere tam bir dağılım meydana gelebilir, böylece suda veya elektrolit bakımından fakir çözeltilerde (sonsuz dispersiyona doğru şişme) meydana gelebilir, böylece koloidal boyutlu parçacıklar ve bir koloidal süspansiyon üretilir.



Şekil 4.6 Kalsiyum ve sodyum montmorillonit tabakaları arasındaki aralık

Bu iç-kristal şişmesi, kil minerallerinin hacminde orijinal hacmin birçok katı olabilen bir artışla gözlemlenebilir. Sodyum montmorillonitler ara katmanlarda ve kil minerali yüzeylerinde büyük miktarlarda su depolayabilir. Buna bağlı olarak, büyük bir şişme hacmi gözlenir. Bu tür bentonit dispersiyonlarının koloidal özellikleri, kil minerali parçacıkları içinde oluşan elektriksel kuvvetler ve $750 \text{ m}^2/\text{g}$ [$260 \text{ ft}^2/\text{oz}$] gibi çok geniş bir spesifik yüzey alanı ile sonuçlanan çözünmüş ve adsorbe edilmiş elektrolitler tarafından kontrol edilir. Serbest şişme, ortaya çıkan yüksek yüzey alanı ve negatif katman yükü, istenen jelleşme ve sızdırmazlık özelliklerini, bağlanma davranışını ve katyonik moleküllerin tercih edilen adsorpsiyonunu sağlar.

Yüksek katı içerikli kil mineral dispersiyonları Newton davranışı göstermezler, aksine plastik akış davranışı gösterirler (bkz. Şekil 4.7). Plastik akış davranışı, bir akma geriliminin ortaya çıkmasıyla karakterize edilir (Kelessidis, 2017). Bentonit süspansiyonları, kayma gerilmesi ve kayma hızı arasındaki orantıya tipik olarak yalnızca yüksek kayma hızlarında ulaşılır veya hiç ulaşılmaz.



Şekil 4.7 Marsh bentonit süspansiyonunun 40 sn/miktar zamanlı hidrasyon süreci

Bu özellikler ayrıca katkı sıvısının bileşenlerinden de güçlü bir şekilde etkilenir (bkz. Bölüm 4.6).

Tedarikçi Belgeleri

Bentonit tedarikçileri tedarik ettikleri ürünün Teknik Bilgi Föyünü ve Malzeme Güvenlik Bilgi Formunu müşterilerine vermek zorundadır. Teknik veri sayfası, ürün ve performansı hakkında bilgi sağlar. Test koşulları, özellikle olağan API standartlarından farklıysa açıkça tanımlanmalıdır. Tedarikçinin takviye suyunun türünü, önlemler için dikkate alınan karıştırma ve hidrasyon süresini ve süspansiyonu hazırlamak için kullanılan karıştırma cihazını tanımlaması önemlidir. Süspansiyon parametreleri, Bölüm 4.6 ve 5.1 'de gösterildiği gibi bentonit süspansiyonunun genel özelliklerini etkiler.

Sahada elde edilen performanslar Teknik veri sayfasında verilenlerden çok farklı olabileceğinden, son kullanıcının bu belgeleri dikkatlice okuması gerekir. Bu durum, değerler API prosedürlerine göre hazırlanan bir süspansiyonda, yani takviye suyu olarak damıtılmış suyla, uzun hidrasyon süresinden (örn. 16 saat) ve yüksek kayma koşullarından (20.000 rpm'de Hamilton Beach cihazı kullanılarak 20 dakika) sonra ölçüldüğünde özellikle geçerlidir.

Bentonit seçimi sadece Teknik Veri Föyüne göre yapılamaz. Bu belge, bentonit performansının gelişimi hakkında nadiren kesin bilgi sağlar: Örneğin Marsh viskozitesi, filtre kaybı değeri ve farklı konsantrasyonlarda ve farklı katkı sularıyla veya çimento kontaminasyonu gibi tipik kimyasal kontaminasyona maruz kalan akma noktası. Gerekirse, ürünün gerçek saha koşulları altındaki performansına ilişkin eksiksiz bir genel bakış geliştirmek için tedarikçi ile birlikte ve/veya paralel olarak tamamlayıcı laboratuvar testleri yapılmalı ve böylece destek sıvısının tasarlanmasında daha güvenli bir yaklaşım benimsenmelidir.

Destek sıvıları için bentonitler, Amerikan Petrol Endüstrisi (API) tarafından önerildiği gibi hacim verimlerine ve kimyasal türlerine göre sınıflandırılabilir; doğal sodyum bentonit, aktifleştirilmiş sodyum bentonit veya işlenmemiş bentonit.

Derin temel işleri söz konusu olduğunda, bu tür bir sınıflandırma yüklenicinin doğru bentonit kalitesini seçmesine yardımcı olmaz, bunun başlıca nedeni temsili saha koşullarında ölçülen özelliklerin olmamasıdır (örneğin, üretimde kullanılan suyun (takviye suyu) özellikleri ve karıştırma süresi).

Bazı bentonit üreticileri, dokümantasyonun daha kapsamlı olmasını ve teknik veri sayfasını belirli müşteriler için uyarlamasını sağlayan daha temsili laboratuvar test koşulları tanımlamak için yüklenicilerle yakın iş birliği içinde çalışmaktadır. Bentonit süspansiyonları daha sonra, ortalama elektrik iletkenliği 500 ila 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olan şebeke suyu kullanılarak hazırlanır.

Bentonitin dağıtılması ve karıştırılması, 1500 rpm'de dönen 80 mm çapında bir sönümleyici türbin ile donatılmış Raynery tipi bir karıştırıcı vasıtasıyla gerçekleştirilir.

Şantiye koşullarını yansıtabilecek şekilde karıştırma süresi 3 dakikayı geçmemelidir. Viskozitenin ölçülmesi, yani Marsh viskozitesi ve/veya doğrudan gösterge, rotasyonel viskozimetre ve ayrıca filtre kaybı, bentonit keki kalınlığı veya sızma gibi diğer performans kriterleri, ürünün olgunlaşma ile davranışını vurgulamak için karıştırmadan hemen sonra, 1 saat veya 24 saat sonra yapılabilir. Bu, yavaş şişen bentonit durumunda kullanımdan önce bentonit sıvısının depolanması için herhangi bir gerekliliği tanımlar.

Bentonitin çimento veya tuz gibi kirleticilerin varlığındaki davranışını göstermek için ek performans testleri eklenebilir. Gerçek saha koşulları altında sıvı kabul kriterlerini

elde etmek için gereken minimum bentonit konsantrasyonu hakkında bilgi sağlamak, Petrol ve Gaz Endüstrisinde kullanılan hacim veriminin kullanımına tercih edilmelidir.



Şekil 4.8 Hamilton mikseri (sol) ve Rayneri mikseri (sağ), yalnızca laboratuvar kullanımı için

4.2 Polimer

Petrol ve Gaz Endüstrisinde kullanımı onaylanmış yüzlerce farklı polimer ürünü bulunmaktadır. Bu bölümde yalnızca derin temel yapımında yaygın olarak kullanılan tipler ele alınmaktadır.

Doğal, modifiye edilmiş doğal veya sentetik polimerler, sıvı kaybını azaltma ve killerdeki şişmeyi en aza indirme yetenekleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır.

Polimer sıvılarında, tek tip bir polimer kullanabilir, ancak polimer karışımları, sıvı kapasitelerini geliştirmek için etkili katkılardır. Zemin koşullarına bağlı olarak ek

performans özellikleri sağlayabilen çoklu polimer sistemleri (anyonik, iyonik olmayan ve katyonik) mevcuttur.

Polimerler kuru toz formunda mevcuttur, sıcaklığa ve takviye su kalitesine bağlı olarak tamamen hidratlaşması 30 dakika ila bir saat sürer. Polimerler ayrıca su/yağ emülsiyonu veya tuzlu su emülsiyonu halinde de mevcuttur. Sıvı polimerlerin hızlı viskozite gelişimi ile hazırlık seviyesinde kullanımı daha kolaydır ancak polimer ağırlığı bazında daha pahalıdır. Ayrıca su/yağ emülsiyonu durumunda, emülsiyon ağırlığının bir kısmı bazı yüzey aktif maddelerle birlikte mineral yağdır. Bu durum ortadan kaldırma sırasında bir sorun teşkil edebilir.

Doğal Polimer (Zamk)

Guar zamkı(sakızı), burgu delgi makinelerinin ortaya çıkışından bu yana su kuyusu delgisinde kullanılmaktadır. Hidroksipropil guar (HPG) gibi guar zamkı türevleri de düzenli olarak kullanılmaktadır. Guar ve HPG, sıvıyı kalın bir jele dönüştüren kolay çapraz bağlanmaya izin verdiği için büyük destek sıvısı kaybı riskinin olduğu her yerde iyi ürünlerdir.

Ksantan zamkı (katkı maddesi) bakteri kültürlerine dayalı olarak üretilen bir zamktır ve ilk olarak petrol sahası için geliştirilen (örneğin Diutan Zamkı) bir dizi zamkın öncüsüdür (Rogers, 1963) ancak hazır beton endüstrisinde özellikle su altında çalışma ve tesviye şapı için yıkama önleyici maddeler (AWA) olarak uygulama alanı bulmuştur. Bu polimerlerden bazıları pahalıdır ancak güçlü bir görünüşte plastik davranışla ve daha ağır polimer akışkanlara sahip olmak için bir fırsat olan kum ve ince taneleri taşıma kabiliyetiyle bentonit alternatifi olarak hareket edebilir. Moleküler ağırlığın düşük aralıkta kalması bu destek sıvılarını geleneksel katı madde ayırma tesisleriyle uyumlu hale getirmektedir. Ksantan zamkı biyolojik olarak kolayca parçalanabilir ve bir koruyucu ile birlikte kullanılması gerekebilir. Ksantan zamkı kalsiyum ile kirlendiğinde bir jele dönüşebilir.

Modifiye Doğal Polimer (CMC VE PAC)

Polisakkarit polimerler selülozik polimerler grubunda yer alır. Bu polimerler iyonik olmayan veya anyonik olabilir. Karboksimetilselüloz (CMC) çeşitli endüstrilerde kullanılan ana polimer türüdür ve esasen çeşitli derecelerde molekül ağırlıkları, yer değiştirme dereceleri ve viskoziteleri ile sıvı kaybı kontrolünü de iyileştirebilen iyi bir viskozlaştırıcıdır. Bir veya daha fazla yer değiştirme derecesine sahip CMC'ler

poli-anyonik selüloz (PAC) olarak adlandırılır, anyonik bir yüke sahiptir ve çeşitli moleküler ağırlıklarda da mevcuttur.

Tüm bu polimerler biyolojik olarak parçalanabilir olarak kabul edilir, ancak çok daha az şeker içeriği ile bakteriyel bozulma bir guar zambına kıyasla çok daha ertelenir ve bu nedenle destek sıvıları için güvenli bileşenlerdir. Geçmişte CMC'ler sıvı kaybını azaltmak için sadece mineral sıvılara katkı maddesi olarak kullanılmaktaydı.

CMC ve HEC (hidroksietil selüloz) gibi selülozikler, iyi kayganlık sunmalarına rağmen önemli bir jel gücü olmayan viskoz akışkanlar sağlar. Mineral partiküllerle (bentonit, zemin vb.) birleşerek homojen bir sıvı oluştururken diğer tüm partikül boyutlarının çökmesine izin verirler. Bu tür destek sıvıları çok ince bentonit kekleri üretir ve askıda kalan ince parçacıkların bentonit keki oluşumuna katılmasına izin vererek iyi sıvı kaybı kontrolü sağlar.

Selülozik türevli saf polimer destek sıvıları hidromillerle başarılı bir şekilde kullanılmış, delgi için uygun bir sıvı sunmuş, kazıyı desteklemiş, bentonit kekini ve formasyondaki sıvı kaybını kontrol etmiş, polimerin santrifüj pompalara, hidrosiklonlamaya ve elek sarsıcılarından geçmeye dayanma kabiliyeti nedeniyle katı kontrollerini yönetmiştir. Hidromil ile selülozik polimer kullanıldığında, metodoloji ters sirkülasyon süreci tarafından yönlendirilir ve kazı sırasında, yeniden kullanım için ve betonlama öncesinde (viskozite, yoğunluk, kum içeriği, filtrasyon/kek) bentonit sistemine benzer sıvı performansı gereklidir. PHPA ve doğal modifiye polimerler arasındaki önemli bir fark olduğu için bu hususa dikkat edilmesi önemlidir.

Sentetik Polimer (PHPA)

Endüstrisinde kullanılan en yaygın polimer türü haline gelmiştir. Bunlar bazen HPAM olarak da adlandırılır. Günümüzde çok çeşitli moleküler ağırlıklar mevcut olsa da, çoğu kullanıcı yüksek viskozite üretme kabiliyeti nedeniyle en yüksek moleküler ağırlığa ilgi duymaktadır. Moleküler ağırlık ne kadar yüksek olursa, killerin kapsüllenmesi o kadar iyi ve destek sıvısı o kadar temiz olur. Bu polimerler, moleküler ağırlıktan bağımsız değişken bir yük seviyesine sahip anyoniktir. Bu yük, kil partiküllerinin dağılmasını önlemede de önemli bir role sahiptir. Yüksek moleküler ağırlıklı PHPA'lar grab ile kazılan fore kazıklarda ve diyafram duvarlarda iyi işlev görürken, hidromiller (cutter) de iyi işlev görmezler. Yüksek moleküler

ağırlıklı PHPA'lar hidromiller (cutter) ile ilişkili katı madde ayırma ekipmanını " tıkayacaktır". Bu da katı madde ayırma ekipmanının katı maddeleri ayırma kabiliyetinin azalmasına neden olur.

Vinil veya akrilat ile ko-polimerizasyon ve polimer zincirleri üzerindeki diğer bağlar polimer düzenine ve dallanmasına karmaşıklık katar ve özellikle katyonik malzemelerle birlikte kullanıldığında akışkanın temel özelliklerini değiştirebilir. Akışkan kaybı kontrolü, ince dane kontrolü, kayma stabilitesi ve tuz, VOC, hidrokarbonlar ve ağır metaller gibi çevresel kirleticilere önemli ölçüde karşı direnç geliştirilebilir.

Viskoz yüksek moleküler ağırlıklı PHPA suya yakın bir özgül ağırlığa sahip hafif bir sıvıdır ve askıda katı madde olmadan tek başına sıvı kaybı kontrolü için bir bentonit keki oluşturmaz, ancak katkı maddelerine ve gerekli özelliklere bağlı olarak çeşitli jel kuvvetleri verebilir. Başlangıçta, polimer akışkanın "uzun zincirli" iplikleri, çalkalayıcı eleklerle sahip geleneksel bir katı madde ayırma tesisi kullanan ters sirkülasyon sistemlerinin kullanımına izin vermezdi. Artık daha düşük moleküler ağırlıklı, kaymaya karşı daha kararlı ve geleneksel katı madde ayırma ekipmanlarıyla birlikte kullanılabilen polimerler mevcut olduğundan bu durum artık geçerli değildir.

4.3 Katkılı Destek Sıvısı

Mineral partikülleri polimer ile karıştırma konsepti 1960 'ların sonlarına kadar uzanmaktadır. Buradaki fikir, belirli bir çalışma sahasında beklenen koşullar için daha fazla tasarım esnekliği sağlayan her iki malzemedenden de faydalanan bir destek sıvısı oluşturmak için bir karışım gerçekleştirmektir.

Bir kil sıvısının daha düşük molekül ağırlıklı bir polimer sıvısı ile karıştırılması, bu polimerlerin avantajlarını gerçekleştirirken, düşük geçirgenliğe sahip bir bentonit kekinin oluşturulmasıyla ilişkili doğal riskleri en aza indirmenin bir yoludur. Askıdaki ince taneciklerle birleşen hidratlı bentonit partiküllerinin varlığı bir filtre kekinin oluşmasını sağlar. Bu durumda, topaklanmanın sınırlı olması için polimer daha düşük moleküler ağırlıklı bir polimer olmalıdır. Sürekli faz polimer sıvısıdır ve askıda bentonit veya diğer kil partikülleri, bentonit keki oluşum sürecinde sadece tıkayıcı maddeler olarak görev yapar.

Akışkan yoğunluğunu artırmak veya zemine doğru akışkan kaybını önlemeye yardımcı olmak için yüksek moleküler ağırlıklı sentetik polimer ile mineral parçacıkların (örneğin killeri ve kireçtaşı dolgu maddeleri) bir karışımı kullanılabilir.

Bir başka olası seçenek de bentonitin sürekli faz olarak kaldığı ve polimerin reolojik özellikleri, sıvı kaybı özelliklerini ve/veya kimyasal kirliliğe karşı direnci iyileştirmeye yardımcı olduğu bir bentonit polimer karışımı oluşturmak için bir polimerin ticari bir bentonitle birleştirilmesidir. Ön karıştırma tedarikçi tarafından gerçekleştirilebilir veya karıştırma tesisinde sahada uygulanabilir. Sunulan bentonit malzemelerinin çoğunun halihazırda "karışım" olduğuna dikkat etmek önemlidir. Bazı bentonitlerin reolojik özelliklerini iyileştirmek ve API spesifikasyonu 13A bölüm 5'i karşılamak için zenginleştirilmiştir. 'Zenginleştirilmiş' bentonitler paketlendiklerine ağırlıkça % 5'e kadar polimer eklenir. Bu nedenle polimer, ayrı bir polimer ilavesi olmaksızın normal kullanım seviyelerinde sistemde zaten mevcuttur.

Hem mineral partiküllerin hem de polimerin karıştırılması, polimer sıvısının aktif bir polimer çözeltisinden aktif polimer içermeyen bir killi su süspansiyonuna dönüşmesini önlemek için sıvının tasarımında deneyim gerektirir- bu durum geleneksel testlerin hiçbirisiyle tanımlanamaz. Bunun gerçekleşmesine izin verilirse, zemin kesitleri serbestçe parçalanabilir, yoğunluk ve viskozite artar ve formasyon suya duyarlıysa yan duvar zeminlerinin kayması ve şişmesi söz konusu olabilir.

4.4 Çevresel Hususlar

Destek sıvısının kullanımı, uygulanacağı ortamın dikkatle değerlendirilmesini gerektirir. Herhangi bir projeden önce, aşağıdakilerin çevresel değerlendirmesinin yapılması zorunludur:

- Malzemelerin işlenmesinde, taşınmasında ve depolanmasında iş sağlığı ve güvenliği,
- Destek sıvısının zemin ve yeraltı suyu üzerindeki çevresel etkisi,
- Destek sıvısının ve kazılan malzemelerin taşınması, depolanması ve ortadan kaldırılması.

Bir projenin ön aşamasında, imalatı yapılacak derin temel in cinsi, sahanın geometrisi, zemin koşulları (zeminin fiziksel ve kimyasal parametreleri), yeraltı ve yerüstü sularının kimyası, çevresel etkilere karşı duyarlılık (su üretimi, nehirler, deniz vb.) ve zeminin önceden veya ön işlemden geçirilme potansiyeli (örneğin insan kaynaklı kirlilik, ön enjeksiyon veya zemin karıştırma gibi zemin iyileştirmeler) göz önünde bulundurularak durumun analiz edilmesi önemlidir.

Çevresel düzenleme ve saha koşullarının analizi yoluyla, delgi sıvısı malzemeleri ve katkı maddelerinin seçimi göz önünde bulundurularak yapılabilir:

- Sıvının teknik performansı,
- Sıvı hacimlerinin en aza indirilmesi (zemine sıvı kayıpları),
- Seçilen akışkanın ve katkı maddelerinin yerel düzenlemeler yoluyla çevresel etkisi,
- Zeminin destek sıvısına etkisi ve tepkisi,
- Kazı veya delgiden çıkan atık destek sıvısının yanı sıra sahada üretilen drenajlı ve kirli suyun atılması için en uygun yol,

İşçilere yönelik riski sınırlamak için sağlık ve güvenlik hususları, Sağlık ve Güvenlik Planının bir parçası olmalıdır. Risk değerlendirmeleri, uygulamadan önce, destek sıvısının tüm bileşenleri için Malzeme Güvenlik Veri Formlarına dayanarak yapılmalıdır. Kirlenmiş zemin de Sağlık ve Güvenlik Planına entegre edilmelidir, çünkü bu kontaminasyon işçiler için risk taşıyan destek sıvısına geçecektir.

Destek sıvısının kullanımı, oluşan atık sıvısının ve kazıdan çıkan malzemenin taşınması ve depolanmasının yanı sıra bertaraf edilmesi gibi konularda, 2000/60/EC sayılı Su Çerçeve Direktifi ve yerel atık su arıtma yönetmelikleri gibi yerel çevre düzenlemelerine uygun olmalıdır.

Zemin ve yeraltı suyunun destek sıvısı özellikleri üzerindeki etkisi, malzeme ve katkı maddesi seçiminin yanı sıra delgi sıvısının kullanım oranını da büyük ölçüde etkileyecektir. Sonuç olarak bu durum, atık sıvının çevresel etkisi ve tasfiyesi üzerinde de etkili olacaktır. Zemin ve yeraltı suyunun etkisi şu şekilde değerlendirilebilir:

- Destek sıvısı özelliklerini (kalsiyum, magnezyum, asitler, tuzlar ve organikler) etkileyebilecek izin verilen eşiklerin üzerinde kimyasallar içeren zemin ve yeraltı suları,
- Yerel çevre yönetmeliklerine göre kirlenmiş olarak sınıflandırılan zemin ve yeraltı suları.

Destek sıvısının çevredeki zemine çevresel etkisi göz önüne alındığında, sadece destek sıvısının bileşimine giren malzemelerle ilişkili riski değil, aynı zamanda bu malzemelerin, zeminin ve yeraltı suyunun fiziksel kimyasını nasıl değiştirebileceğini de göz önünde bulundurmak önemlidir. Kazı veya delgi yapılan formasyona içerisine sıvı kaybının en aza indirilmesi, potansiyel çevresel etkiyi azaltmak için önemli bir parametredir. Değerlendirilecek riskler, kazara dökülmelerden, "kirli" suların taşınması ve yönlendirilmesinden ve yeraltı suyu kimyası üzerindeki geçici ve uzun vadeli etkilerden oluşacaktır.

Hem yeraltı suyu hem de yerüstü suyu alıcıları hassasiyet açısından sınıflandırılacaktır. Bu, yeraltı suyu çıkarma bölgelerinin içi veya yakını gibi oldukça hassas konumlardan farklılık gösterecek ve su çıkarma noktasından uzaklaştıkça azalacaktır. Buna ek olarak, hassas yerüstü sularına yakın zeminlerde akışkanların kullanımı, akışkanların zemin içerisine nüfuz etmesini önleyebilecek killi zeminlere kıyasla doğrudan yollar varsa daha zordur. Tipik olarak, yerel mevzuatlar, içme suyu çıkarma noktalarının etrafında çeşitli bölgeler belirleyecektir ve bazı faaliyetler en yakın koruma bölgeleri içinde yasaklanmış veya çok kısıtlanmış olabilir. Daha hassas yerlerde gerekli olan değerlendirme miktarının daha fazla olması ve nitel veriler yerine nicel veriler gerektirmesi muhtemeldir.

İnşaat süreci mevcut kirliliğin hassas alıcılara taşınması için yeni yollar oluşturabileceğinden, destek sıvılarının kullanılacağı alandaki mevcut zemin ve suyun kirlilik durumunun da dikkate alınması gerekecektir.

Bazı durumlarda, son derece hassas ortamlarda kullanılacak bazı türlerdeki destek sıvılarının ortamda önemli bir etki (tehlikeli olmayan kirleticiler için) veya fark edilebilir bir değişkenlik (tehlikeli maddeler) yaratmadığını göstermek için bir yeraltı suyu izleme programı uygulamak gerekebilir.

Bentonit, polimerler ve katkı maddelerinin çevresel etkisi sadece Malzeme Güvenlik Bilgi Formunda verilen bilgilere veya eko-toksikolojik verilere dayanmamaktadır.

Çevresel etki, yerel çevre standartlarından elde edilen maksimum kabul edilebilir konsantrasyon seviyelerine kıyasla hem kısa hem de uzun vadede sızıntı suyu potansiyellerine ve yeraltı suyundaki konsantrasyon değişikliklerine dayalı olarak değerlendirilmelidir. Maksimum konsantrasyon seviyeleri reseptör sahasının hassasiyetine bağlı olarak değişecektir.

Aynı yaklaşım kazı veya delgiden malzemelerinin ve atık sıvının atılması için de geçerlidir. Hem malzemenin doğası hem de kimyasal bileşimi (organik içerik, toplam organik karbon, ağır metaller, hidrokarbonlar gibi) dikkate alınmalıdır. Kısa vadede etkisiz olarak kabul edilmeyebilecek biyolojik olarak parçalanabilen malzemelere dikkat edilmelidir. Yüksek katı madde içeriğine sahip atık sıvı ve yüksek nem içeriğine sahip kazılmış zemin, yüksek maliyetli özel arıtma tesislerinde yok edilmeyi gerektirebilir. Kirleticilerin malzemelerden salınıp salınmayacağını belirlemek için filtreleme testleri gereklidir.

4.5 Akışkan Tipi Seçimi ve Maliyet Değerlendirmesi

Destek sıvısı seçimi sadece zemin koşullarına göre değil, aynı zamanda sıvı sisteminin pratikliğine, personelin teknik düzeyine, çevre sorunlarına ve ortadan kaldırma koşullarına da bağlıdır. Tercih edilen destek sıvısını seçerken, asgari olarak aşağıdakiler dikkate alınmalıdır:

- Proje ve saha boyutları: inşa edilecek temel elemanlarının çapı, genişliği, uzunluğu ve derinliği,
- Ekipman (kazı, pompalama, arıtma vb.) ve muhafaza borusu uzunluğu (kullanılıyorsa)
- Kazı yöntemi (statik delgi veya ters sirkülasyonlu kazı veya delgi)
- Zemin koşulları: geoteknik profil (örneğin zemin türü, geçirgenlik, kohezyon ve kimya), yeraltı suyu seviyesi ve kimyası
- Takviye suyu kalitesi
- Sıvı gereksinimleri: kullanım kolaylığı ve zemin koşullarında kanıtlanmış verimlilik
- Çevresel sorunlar (bilinen kirleticiler ve engeller)

- Ortadan kaldırma gereklilikleri/kısıtlamaları
- Tedarik zinciri,
- Ekonomi.

Çizelge 4.1 ve 4.2, inşaat yöntemi ve zemin türüne bağlı olarak uygun delgi sıvılarına ilişkin göstergeleri sunmaktadır.

Çizelge 4.1 Ekipman tipine göre destek sıvısı seçimi

AKIŞKAN TİPİ	YAYGIN ÖRNEKLER	KAZI YÖNTEMİ				
		Grab	Hidromill(Cutter)	Burgu / Kova	Ters veya Doğrudan Sirkülasyon	Kazı Çukuru Drenajları
Su		X	X	X	✓✓✓	X
Mineral	Doğal Sodyum Bentonit Aktif Sodyum Bentonit	✓✓ ✓	✓✓✓	✓✓	✓	X
Doğal Polimer	Zamk(sakız) Polisakkarit	X	X	X	X	✓✓✓
Modifiye Doğal Polimer	CMC PAC	✓	✓✓	✓	✓	✓✓
Sentetik Polimer	PHPA	✓✓ ✓	-	✓✓✓	✓	✓
✓✓✓ ideal ✓✓ kabul edilebilir ✓ mümkün X önerilmez						

Tüm projeler için tanımlanabilecek genel geçer bir destek sıvısı yoktur ve doğru ürün ya da ürünlerin seçimi yukarıdaki tüm parametreler göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Örnek olarak, bentonit destek sıvıları kimyasal olarak agresif zeminlerde veya daha fazla sıvı yönetimine ihtiyaç duyulan killi zeminlerde ideal değildir. Polimer akışkanlar bu tür koşullarda daha iyi performans gösterebilir. Diğer taraftan, polimerler jel mukavemeti eksikliğinden dolayı kaba daneli zeminlerde (dolgu, çatlaklı zemin, açık çakıllar) optimum olmayabilir. Bu durum, suda şişebilen (ancak çözünmeyen) polimerler gibi tıkayıcı maddelerle giderilebilir.

Her durum için doğru destek sıvısının seçilmesi, sadece jeolojik koşullarla ilgili değil (örneğin kireçtaşı çatlaklarında sıvı kaybı veya killerde sıvı yüklemesi) aynı zamanda tüm üretim döngüsüyle ilgili çok çeşitli zorlukları çözebildiği kanıtlanmış esnek ve

geniş bir çözüm sağlar. Çizelge 4.2 'de zemin türüne bağlı olarak uygun destek sıvılarına örnekler verilmektedir. Çizelge 4.2, sıvının tüm formasyonlar için yeterli basıncını korumak, kayalar/kayaçlar/çakıllar/iri daneli kumlar için formasyondaki sıvı kaybını sınırlamak ve ince zeminlerde ve şişen killerde hidrasyonu veya kaymayı sınırlamak gibi stabilite sorunlarını yönetebilmesini sağlamayı amaçlamaktadır..

Çizelge 4.2 Zemin türüne göre destek sıvısı seçimi

Zemin Tipi	Bentonit		CMC/PAC		PHPA		Yorumlar
	Statik	Ters Sirkülasyon	Statik	Ters Sirkülasyon	Statik	Ters Sirkülasyon	
Kaya	✓	✓	✓	✓	X	X	Stabilite sorunu yok
Çakıllar/Bloklar	?	✓	X	X	X	X	Sıvı kaybı / yük kaybı
Çakıllar	✓	✓	X	?	X	X	Sıvı kaybı / yük kaybı
Kaba Kum/Çakıl	✓	✓	?	?	?	X	Sıvı kaybı / yük kaybı
Orta/İnce Kum	✓	✓	✓	✓	?	X	Yük kaybı / düşük kohezyon
Siltli/Killi Kum	✓	✓	✓	✓	✓	X	Yük kaybı/ düşük kohezyon
Kil	✓	?	✓	✓	✓	X	Yük kaybı / düşük kohezyon
Sert Kil/Kireçtaşı	?	?	✓	✓	✓	X	Stabilite sorunu yok
Şişen Kil	?	?	✓	✓	✓	X	Yük kaybı / zemin hidrasyonu
✓ uygulanabilir X uygulanamaz ? değerlendirilmek üzere							

Not: Katkı maddeleri kullanmak, farklı zemin türlerinde (özellikle '?' ile işaretli olanlar) uygulanmasını genişletmek için listelenen her bir sıvı türünü geliştirmenin bir yoludur.

Konsantrasyonlar

Bentonit destek sıvısı için konsantrasyon, taze sıvı kriterlerine ulaşmak için tipik olarak 20 ila 60 kg bentonit [35 ila 100 lbs/cy] 1 m³ su oranı ile (%2 ila %6) yapılabilir. Bu durumda bentonitin suya oranı %2 ila %5 arasında kalmaktadır (bkz.

Bölüm 8.3). Destek sıvısı hazırlama tesisi, yüksek hızlı karıştırıcı (lar), hidrasyon tankları ve bir sıvı sirkülasyon sistemi içerir. Bir bentonit sıvısı su ile temas ettiğinde özelliklerini hemen geliştirmez, bu nedenle karıştırma ile kullanım arasında hidrasyon için zaman (4 ila 24 saat arasında) bırakılmalıdır. Hidrasyon süresi bentonitin türüne ve viskoziteye bağlı olacaktır.

Delgi bentonitleri, Amerikan Petrol Endüstrisi tarafından önerildiği gibi hacim verimlerine ve kimyasal türlerine göre sınıflandırılabilir; örneğin doğal sodyum bentonit, aktifleştirilmiş sodyum bentonit veya işlenmemiş bentonit. Derin temel işleri için bu tür bir sınıflandırma, temsili saha koşullarında ölçülen özelliklerin olmaması nedeniyle yüklenicinin doğru bentonit kalitesini seçmesine yardımcı olmaz, örneğin takviye suyu kalitesi şantiyede nadiren damıtılmış sudur ve karıştırma süresi birkaç dakikayı geçmez.

Bazı bentonit üreticileri, müşterileri için daha kapsamlı ve uyarlanmış teknik veri sayfalarının belgelendirilmesini ve daha temsili laboratuvar test koşullarını tanımlamak için özel yüklenicilerle yakın bir şekilde çalışmıştır:

- Böylece bentonit süspansiyonları, ortalama elektrik iletkenliği 500 ila 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olan takviye suyu olarak şebeke suyu kullanılarak hazırlanır,
- Bentonitin dispersiyonu ve karıştırılması, 1500 rpm'de dönen 80 mm çapında bir defloküle edici türbin ile donatılmış Raynery tipi bir karıştırıcı aracılığıyla gerçekleştirilir,
- Şantiye koşullarını yansıtmak için karıştırma süresi 3 dakikayı geçmemelidir,
- Viskozitenin, yani Marsh viskozitesi ve/veya Fann viskozitesinin yanı sıra filtre kaybı, bentonit keki veya sızma gibi diğer performans kriterlerinin ölçülmesi, ürünün olgunlaşma sürecindeki davranışını vurgulamak için karıştırmadan hemen sonra, 1 saat ve 24 saat sonra yapılabilir. Aslında yavaş şişen bentonit kalitesi durumunda bentonit sıvısının kullanımdan önce depolanması ihtiyacının öngörülmesine yardımcı olur,
- Bentonitin çimento veya tuz kirliliği varlığındaki davranışını göstermek için ek performans testleri eklenebilir,
- Gerçek saha koşullarında uygulanabilir bir Marsh viskozite değerine ulaşmak için gereken minimum bentonit konsantrasyonu hakkında bilgi sağlamak,

daha sonra Petrol ve Gaz Endüstrisi için tanımlanan hacim veriminin kullanımına tercih edilmelidir,

Modifiye doğal polimer, bentonit sıvısı ile aynı şekilde hazırlanan ancak hidrasyon için daha hızlı bir süreye sahip olan 1,5 ila 5 kg/m³ [2,5 ila 8,5 lbs/cy] (%0,1 ila %0,5) konsantrasyonda kullanılır.

PHPA polimer sıvıları tipik olarak 0,5 ila 2 kg/m³ [0,8 ila 3,5 lbs/cy] (%0,05 ila %0,2), yani bentonitten yaklaşık 25 ila 50 kat daha az konsantrasyonda kullanılır. Kazı işlerinde kullanılan polimerler yüksek moleküler ağırlığa sahip olduğundan ve kolayca zarar görebileceğinden, yüksek kayma karıştırması gerekli değildir ve bundan kaçınılmalıdır (Lam vd., 2010).

Kimyasal Düzenleyiciler

Kimyasal düzenleyiciler, karışımın arıtılması veya pH'nın yükseltilmesi için takviye suyuna eklenenler (sodyum karbonat, alkali hidroksitler) veya destek sıvısı özelliklerini eski haline getirmek için tüm kazı süreci boyunca kullanılanlar (akışkanlaştırıcı, dağıtıcı, ilave işlenmemiş bentonit vb.) olabilir. Ortadan kaldırma işlemi oksitleyici maddeler, ağartıcı vb. gibi başka ürünler de gerektirebilir.

Kullanım Oranı

Kullanım oranı, destek sıvısının uygun şekilde karıştırıldığında ve işlendiğinde birçok kez kullanılabilme özelliğidir. Bu oran zemin koşulları, kazı yöntemi ve operasyonların verimliliği gibi birçok faktöre bağlıdır. Tipik olarak, 1 m³ destek sıvısı 1 m³ ile 3 m³ arasında zemin delgi/kazı için kullanılabilir. Zemin katyonlarla kirlendiğinde veya killer içerdiğinde ya da zeminde önemli miktarda hacimsel sıvı kaybı olduğunda (örneğin çatlaklı kireçtaşlarında) kullanım oranı birden daha aza düşebilir.

Bu kullanım oranı, sahanın üretmesi ve yönetmesi gereken toplam destek sıvısı hacminin hesaplanmasını sağlar.

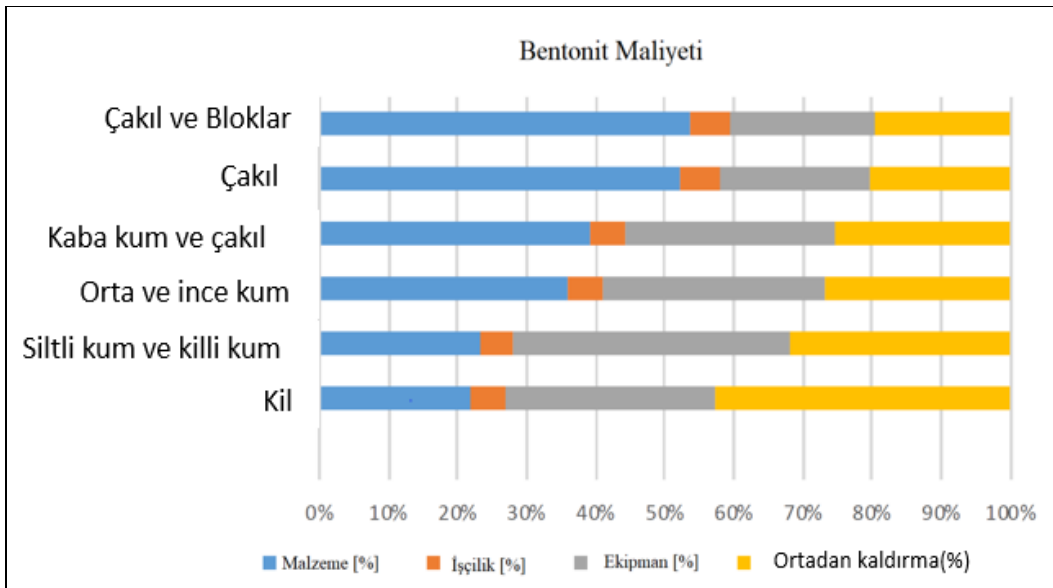
Maliyetler

Bir destek sıvısının nihai kullanım maliyeti sadece işlenmemiş polimer maliyetlerinden ibaret değildir. Bir projenin başlangıcından itibaren aşağıdakiler

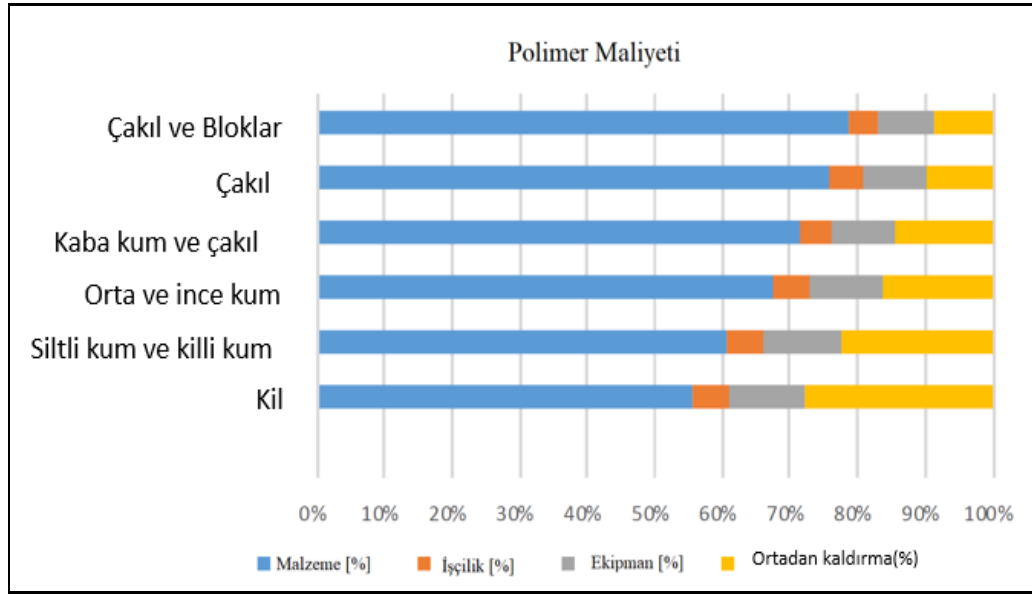
dahil (ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere) birçok parametrenin dikkate alınması gerekir:

- İşlenmemiş polimer maliyeti (ton veya metreküp başına),
- İşlenmemiş polimerin hacimsel verimi (uygun özelliklere sahip sıvının metreküp başına işlenmemiş polimer miktarı)
- Kimyasal düzenleyiciler (ön arıtma, kullanım sırasında arıtma ve yok etme için)
- Takviye suyu maliyeti (şebeke suyu, yeraltı suyu, deniz suyu)
- Destek sıvısının kullanım oranı (zemindeki kayıplar, kazılan zeminle birlikte kayıplar, zemin sertliği veya zeminde bulunan kirlilik)
- Özel ekipman maliyetleri (pompalar, desanderler, desilterler, santrifüjler, filtre presleri, depolama tankları vb.)
- Kazı malzemeleri ve atık sıvı için bertaraf etme maliyetleri (spesifikasyon dışı sıvı ve proje sonunda)
- Ekipman ve ürünler için lojistik gereksinimler
- Üretken döngü hızı
- Kurulum sonrası iyileştirme çalışmaları ve ilgili maliyetler

Malzeme, işçilik, ekipman ve yok etme için görece maliyetlerin bir göstergesi, çeşitli zemin koşulları için Şekil 4.8 (bentonit) ve Şekil 4.9 'da (polimer) verilmiştir.



Şekil 4.9 Bentonit akışkanlarının zemin türüne göre bağlı maliyetleri



Şekil 4.10 Polimer akışkanların zemin türüne göre bağlı maliyetleri

4.6 Takviye Suyu

Takviye suyu, destek sıvısının kalitesi ve performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Takviye suyunun kalitesi değerlendirilirken aşağıdakiler göz önünde bulundurulmalıdır:

- Kaynak: hidrant, nehir, gölet, kuyu pompası, deniz suyu
- Sürekli bir kaynak mı ve kimyasal bileşimi tutarlı sertlikte mi?
- Tuz içeriği: tuzlu su, şebeke suyu, acı su (10 ila 15.000 ppm), deniz suyu (36.000 ppm'e kadar)
- pH: 6,5 'in altında veya 11,5 'in üzerinde su arıtma veya artırılmış polimer dozajı gerektirir
- Kirleticiler: hidrokarbonlar, ağır metaller, klor ve bakteriler
- Geri kazanılmış su
- Artık flokülant içeren işlenmiş su

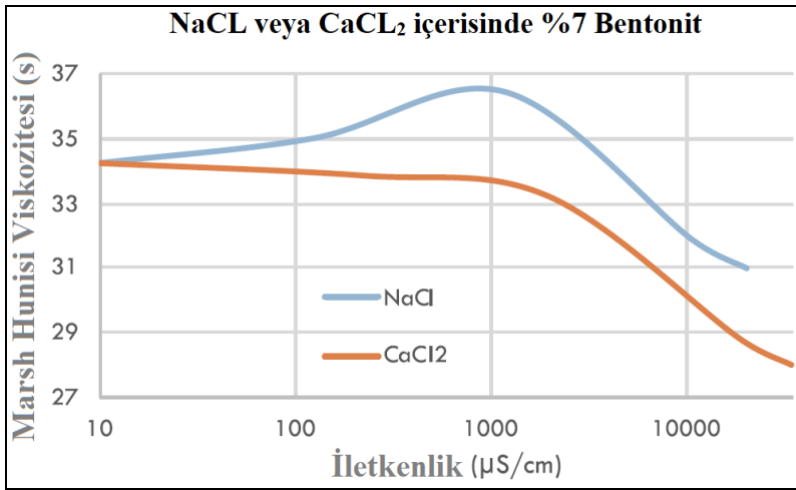
Kaynak suyunun kullanılmadan önce test edilmesi her zaman tavsiye edilir. Bu, pH, iletkenlik (toplam tuz içeriği), klorür, kalsiyum, magnezyum, kor, koliform, ağır metaller ve hidrokarbonları test etmesi gereken çoğu yerel laboratuvar tarafından

gerçekleştirilebilir. Eğer kaynak bir belediye ise, yakın zamanda yapılmış test sonuçlarına sahip olacaklardır.

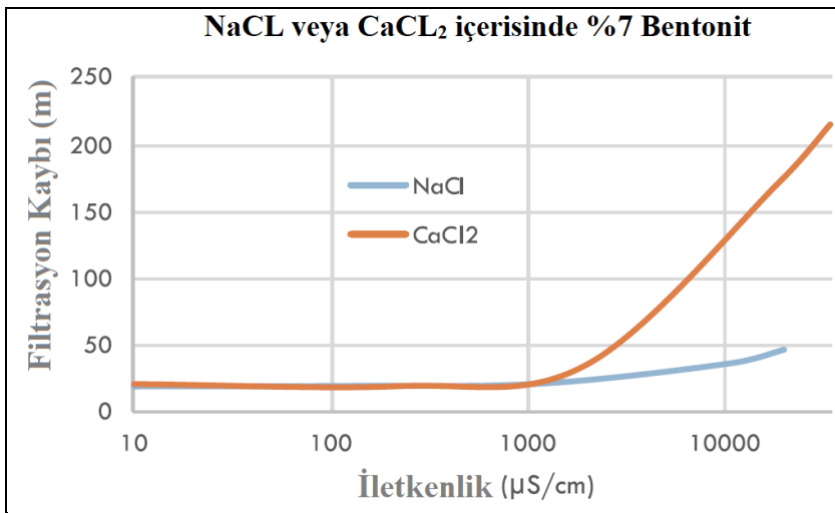
Bentonit

Bir bentonit süspansiyonunun özellikleri, takviye suyunun bileşenlerinden ve özellikle elektrolit içeriğinden ve bir dereceye kadar organik maddelerin varlığından güçlü bir şekilde etkilenir (Permien & Lagaly, 1995).

Şekil 4.11 ve 4.12 'de gösterildiği gibi, viskozite ve filtre kaybı değeri ile takviye suyunun iletkenliği arasında doğrudan bir ilişki vardır.



Şekil 4.11 Farklı takviye suyu kalitelerinin Marsh viskozitesi üzerindeki etkisine örnek



Şekil 4.12 Su kalitesinin filtre kaybı üzerindeki etkisine örnek

Düşük ila orta elektrolit içeriğine sahip su tercih edilerek takviye suyu seçimine özellikle dikkat edilmelidir. Bu genellikle mevcut olduğunda şebeke suyu için geçerlidir.

Elektrik iletkenliğinin 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'nin altında kalması koşuluyla yeraltı suyu, nehir veya göl suyu gibi alternatif sular da kullanılabilir, aksi takdirde ilgili bentonitin çeşitli konsantrasyonlarıyla bir dizi test yapılması şiddetle tavsiye edilir. pH ve sertlik (kalsiyum ve magnezyum içeriği) bentonitin dağılma ve şişme özellikleri üzerindeki etkisini tahmin etmek için test edilmelidir.

Saha koşullarına bağlı olarak, bentonitin kullanımını ve hacim verimini optimize etmek için özelleştirilmiş çözümler bulunabilir; örneğin, yeraltı suyundan gelen elektrolitlerin etkisini en aza indirmek için yeraltı suyuyla seyreltilmiş şebeke suyunda yüksek konsantrasyonlu bentonit sıvısının hazırlanması veya pH ve/veya su sertliği gerektirdiğinde bir pH tamponu kullanılarak kimyasal işlem yapılması.

Polimer

Takviye suyu kalitesi, belirtilen akışkan viskozitesini elde etmek için gereken nihai polimer dozajlarını her zaman etkileyecektir. Su ne kadar yumuşak olursa, daha düşük dozajlarla daha yüksek viskoziteler elde edilir ve su ne kadar sert olursa, belirtilen viskoziteyi elde etmek için daha fazla polimer gerekir. Su, dere veya gölet gibi doğal bir kaynaktan geliyorsa, organik ve kirletici maddelerin seviyesi dikkate alınmalıdır. Bazı bölgelerde hidrant sistemine tatlı su deniz suyuyla karıştırılarak acı su verilir. Bazı hidrant suları hala eski borulardan temin edilmektedir ve süspansiyon halinde yüksek seviyelerde demir içerebilir.

Kimyasal bir analizle bile bir suyun karışım suyu olarak kullanıma uygun olup olmadığını değerlendirmek zor olabilir. Çoğu polimer tedarikçisi, herhangi bir sorun olmayacağından emin olmak için sistemlerini önceden inşa etmek üzere bir su numunesini kabul edecektir. Tedarikçi daha sonra taze destek sıvısının belirtilen viskozitesini elde etmek için gereken polimer konsantrasyonunu tavsiye edebilir.

PHPA akışkanlarının özellikleri hem karışım suyundaki hem de zemindeki tuz varlığından etkilenebilir. Tuzlar hidrasyon sırasında ilk aşamada etkili olabilir ve sonrasında viskozite üzerinde çok az etkiye sahip olabilir veya başlangıçta hidrasyon gelişimini etkileyebilir ve zaman içinde zincire zarar vermeye devam edebilir. Bazen

bazı iyonlar zaman içinde viskozite stabilizasyonunu artırabilir ve akışkan viskozitesinin korunması için faydalı olabilir.

Bir PHPA'nın kısmi hidroliz derecesi polimerler arasında değişebilir. Üreticiler polimer çözeltilerinin spesifik özelliklerini ayarlamak için dereceyi seçecektir. Hidroliz derecesi çok büyükse, özellikleri tuzluluk ve sertliğe karşı aşırı duyarlıdır. Viskozite artırıcı özellik, polimer molekülleri ile aynı molekülün segmentleri arasındaki itme kuvvetinden kaynaklanır. Bu itme, molekülün uzamasına ve diğer moleküllere takılmasına neden olur.

Moleküler ağırlık ve anyoniklik veya kationiklik derecesi, zincirle etkileşime girdikçe tuz etkisini belirler. Bazı iyonlar ilk viskozite gelişimi üzerinde ani bir etkiye sahiptir ve daha sonra polimer zincirine nötr hale geldikten sonra daha fazla engel olmaz veya hidrasyon veya viskozite bakımını etkilemez. Diğer bazı tuzlar viskoziteyi zaman içinde gecikmeli olarak etkiler. Tuz içeriği ne kadar büyükse viskozite o kadar düşük olur. Spesifik tuzlar genel olarak akışkanın viskozitesini geliştirmek ve korumak için gereken ürün miktarını etkileyecektir. Bu aralıkların üzerinde akışkan, tuz etkileşimiyle başa çıkmak ve özelliklerini korumak için m³ başına kg cinsinden daha yüksek bir karıştırma oranı gerektirir.

Tuzlar dengeli miktarda polimer ile dengelendikten sonra, tuzlara döngüsel olarak maruz kalındığı durumlar haricinde viskozite normal olarak korunur. Akışkanın döngüsel tuz ilavelerine maruz kalması akışkan viskozitesini ve pH değişikliklerini artırır. Bu döngüsel ilaveler normalde takviye suyunda, tuzlu zeminde veya beton kontaminasyonunda bulunur.

Doğal ve modifiye edilmiş doğal (örneğin CMC ve PAC) polimerler genellikle tuzlara karşı toleranslıdır. Tuzlara karşı toleranslı olan bazı sentetik polimerler de mevcuttur. Bunlar, daha iyi tuz toleransı performansı sağlayan hacimsel molekül yapısının düzenliliğini geliştiren belirli alan düzenlemeleri ağlarını ve omurga gücü bileşenlerini birleştirir. Bunlar PHPA'nın omurgasına hidrofobik gruplar eklenmiş modifiye versiyonları olabilir. Polimer performansı üzerindeki tuz etkisini engellemek veya azaltmak için işlenmemiş ürün veya karışım olarak başka modifikasyonlar da mevcuttur.

Sonuç olarak, takviye suyunun seçimi akışkanların karışım oranı üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir, ancak oran polimeri etkileyen tuz içeriğine göre ayarlandığı sürece performansı mutlaka etkilemez.

4.7 Bentonit veya Polimer Katkısız Su

Su, bazı özel koşullarda bentonit veya polimer eklenmeden de uygun olabilir. Diyafram duvarlardan ziyade fore kazıklar için daha sık kullanılır.

Suyun temini diğer destek sıvılarına göre daha ucuz olsa da, kullanımı delgi sırasında kaymayacak kadar stabil olan zemin oluşumlarıyla sınırlıdır. Bunun nedeni, temiz suyun kazı yüzeyinde düşük geçirgenliğe sahip bir filtre keki oluşturmamasıdır. Bu nedenle kazıda net bir sıvı basıncını korumak zordur. Bu, zemindeki su basınçlarının muhafazadaki su seviyesine benzer olduğu anlamına gelir. Kemerleme etkileri olsa bile, zemindeki efektif gerilme sıfıra düşer ve zemin kazıya doğru kayabilir. Bu nedenle ilavesiz su sadece sert killerde, kaya oluşumlarında veya geçici/kalıcı muhafazalarda kullanılmalıdır.

Muhafaza boruları kısmi veya delginin tüm uzunluğu boyunca olabilir. Kazı sırasında zeminin muhafaza ucunun arkasından kazıya doğru çözülmemesini sağlamak için muhafazalar alttaki sağlam zemine veya kayaya iyice kapatılmalıdır. Bu çözülme, muhafazanın arkasında boşlukların oluşmasına ve muhafazanın çıkarılması sırasında zemin ve suyun betonla karışmasına neden olabilir. Bu sorunlarla, muhafaza borusu dengesiz zemin katmanları boyunca ilerletildiğinde de karşılaşılabilir. Muhafaza içinde bir zemin tıkaçı gerekebilir ve/veya kazı, muhafaza ucunun altında yapılmaz.

Bitişik binaların veya tesislerin bulunduğu yerlerde, derin temel kurulumu sırasında oturmaların izlenmesi önemlidir.

Su ile delgi yapılırken betonlama aşaması da göz önünde bulundurulmalıdır. Çizelge 2.1'de tartışıldığı gibi, su Newtonian bir sıvıdır, yani jel gücü yoktur. Düşük viskozitesi, kum ve kaba silt parçacıklarını uzun süre süspansiyonda tutamayacağı anlamına gelir ve bunlar temel temizliği, kafes montajı ve betonlama işlemleri sırasında çökebilir.

Zemin koşullarına bağlı olarak kil partikülleri delgi suyuna dağılabilir. Bu partiküller delgi suyu sütununda hızla çökelmez ve bentonit keki oluşumunu teşvik etmeye

yardımcı olabilir. Ayrıca kil partikülleri delgi suyu viskozitesini artırarak kaba partiküllerin çökmesini de yavaşlatır. Bu partiküller betonlama sırasında arayüz tabakasının gelişmesine yardımcı olur.

Yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı, kazı sonunda delgi suyunun tamamen temiz su ile değiştirilmesi veya ince parçacıkların çökmesini artırmak için çöktürme yardımcılarının kullanılması gerekebilir.

5. BÖLÜM / UYGULAMA

5.1 Karıştırma ve Depolama

Genel

Etkili bir karıştırma sisteminin tüm işlenmemiş bentoniti (veya polimeri) uygun bir süre içinde aktive etmesi beklenmektedir. Etkili karıştırma, işlenmemiş bentonit veya polimer ile karışım suyu arasındaki ilk temasa bağlıdır. Hızlı hareket eden veya çalkalanan suya yavaşça eklenen polimer(veya bentonit), torbaların büyük karıştırma tamburlarına doğrudan boşaltılmasından daha iyidir. Doğrudan boşaltılması kısmen hidratlanabilmiş bir kabuk içinde büyük kuru toz kümeleri ile sonuçlanabilir. Destek sıvısının özelliklerini iyileştirmek için karıştırma sonrasında ilave bentonit (veya polimer) eklenebilirken, önceden hazırlanmış sıvıya daha fazla bentonit (veya polimer) eklemek yerine ilk karıştırma sırasında doğru karışım oranını (konsantrasyon) elde etmek çok daha etkilidir. Polimer akışkanlar için, genellikle her kullanımdan sonra polimer konsantrasyonunu artırmak gerekir ve bu nedenle kullanılmış akışkana daha fazla polimer eklemek düzenli bir uygulamadır. Kötü dağılmış/hidratlanmış bir akışkan hiçbir zaman daha iyi karıştırılmış akışkanlar kadar iyi akışkan özellikleri geliştirmez.

Destek sıvıları hazırlanışı genelde üç aşama içerir;

- Dispersiyon (dağıtım) (ilk ıslatma)
- Hidrasyon (yüksek parçalayıcı karıştırma ile veya olmadan)
- Homojenizasyon (kontrollü sirkülasyon ile tüm hacmin birleştirilmesi)

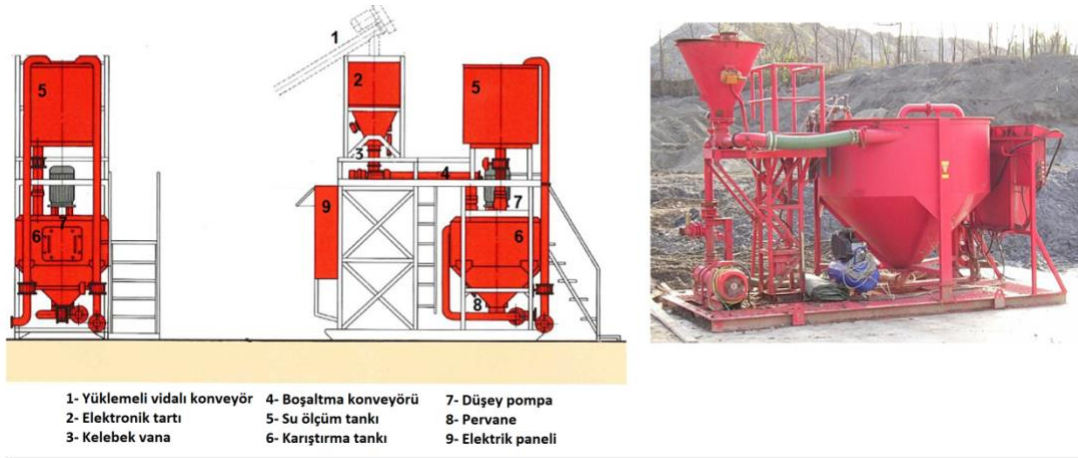
Bentonit

Bentonit sıvısı normalde yüksek hızlı karıştırıcı, hidrasyon tankları ve sıvı devirdaim sistemi içeren özel tesislerde hazırlanır. Kil tabakalarının ayrılabilmesi ve dağılabilmesi için kilin şişmesi gerektiğinden, bentonit sıvısı su ile temas ettiğinde özelliklerini geliştirmek için zamana ihtiyaç duyar. Karıştırma ve kullanım arasında hidrasyon için biraz zaman bırakılmalıdır. Hidrasyon süresi, bentonit tipine ve karıştırıcıdaki kesme seviyesine bağlı olacaktır. Bentonit sıvısının kullanımdan önce birkaç saat (genellikle 4 – 24 saat) hidrasyon tepkimesine izin verilmesi gerektiğinden, hidrasyon tankları bentonit kullanımında önemli yer tutar.

Bir bentonit sıvısı karıştırılırken dikkate alınması gereken temel parametreler şunlardır:

- su kalitesi (pH, çözülmüş tuzlar)
- karıştırma süresi (kil parçacıklarının dağılımını etkileyerek ilk hidrasyonu ve özelliklerin gelişimini etkiler)
- kesme enerjisi (parçacık dağılımını sağlamak)
- depolama sırasında sıvı sirkülasyonu (özellikle erken hidrasyon aşamasında)

Yüksek devirli (kesmeli) karıştırıcıların birçok tasarımı mevcuttur. Bunların çoğu, karıştırma tamburuna bağlı bir santrifüjlü sirkülasyon pompası görevi de gören yüksek kesmeli karışım başlığıyla aynı prensibi içerir. Genellikle tamburdaki sıvı istenen süre boyunca karıştırıldıktan sonra, pompa yardımıyla karıştırılmış sıvı hidrasyon tanklarına gönderilir. Mevcut mikserler arasındaki asıl fark, tambura (su ve bentonit) ekleme yöntemindeki değişik ve karmaşık yöntemlerdir. Silodan bentonit alan ve tamburun üstünde su ölçümü yapan yarı otomatik bir mikser, Şekil 5.1 'de gösterilmektedir. Karıştırma tamburu ayrıca dönen paletler de içerebilir.



Şekil 5.1 Yüksek kesmeli karıştırıcının bir fotoğrafı ve şematik gösterimi

Çoğu bentonit sıvısı yüksek devirli (kesmeli) karıştırıcılar kullanılarak karıştırılır ancak başka yöntemler de mevcuttur. Bunlar aşağıdaki Polimer bölümünde açıklanmaktadır.

Polimer

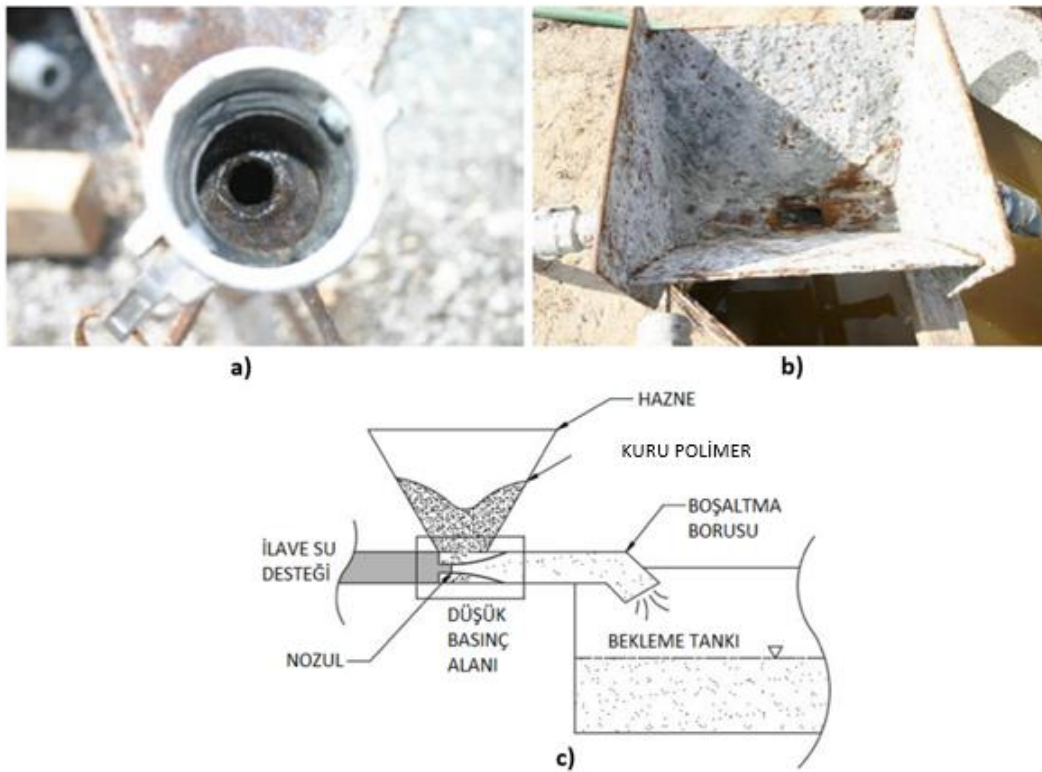
Polimer sıvılarının karıştırılmasında genel olarak bentonit sıvılarına göre çok daha farklı çeşit karıştırıcılar kullanılır. Uygun olmayan karıştırma teknikleri, aglomerat oluşumu dahil olmak üzere bazı sorunlara neden olurken, sıvı polimerlerde ek olarak çözücü emisyon olasılığına da yol açabilmektedir. Katı-sıvı maddelerin basit bir şekilde karıştırılması, yapılan karışımlar arasındaki kalite farklarını veya işlenmemiş polimer israfını tamamen ortadan kaldırmayacağına garanti edemez. Mevcut çok çeşitli polimer türleri göz önüne alındığında, tedarikçi, ürünleri için hangi tür karıştırma ekipmanının uygun olduğunu iyi belirlemelidir. İnce polimeri ıslatmaya yönelik en basit yaklaşım, polimeri bir hortumdan çıkan su akışına yavaşça eklemek/dökmektir. Akış düz bir plaka (sıçrama plakası olarak adlandırılır) içinden geçirilirse, ıslatma akışının yüzey alanı artar. Kullanıcı, yüzeyde herhangi bir malzeme bulunmamasına dikkat ederek, polimeri dikkatli bir şekilde plaka üzerinden serpmelidir. Alternatif olarak kullanıcı, polimeri plakanın kenarında oluşan suya serpebilir. Bu yöntemler, büyük hacimlerde toz için elverişli değildir. Dolayısıyla bentonit sıvıları için bu yöntem kullanılamazken, bentonit sıvılarının yaklaşık 1/50' si oranında kuru malzeme gerektiren polimerler için kullanılabilirler.

Şekil 5.2 her iki yöntemi de göstermektedir: polimerin doğrudan bir hortum tahliyesine dökülmesi ve kullanıcı polimeri verirken bir plaka boyunca akan takviye suyu.



Şekil 5.2 Yeniden kullanılan polimer sıvısına kendi ağırlığıyla akan polimer eklenmesi

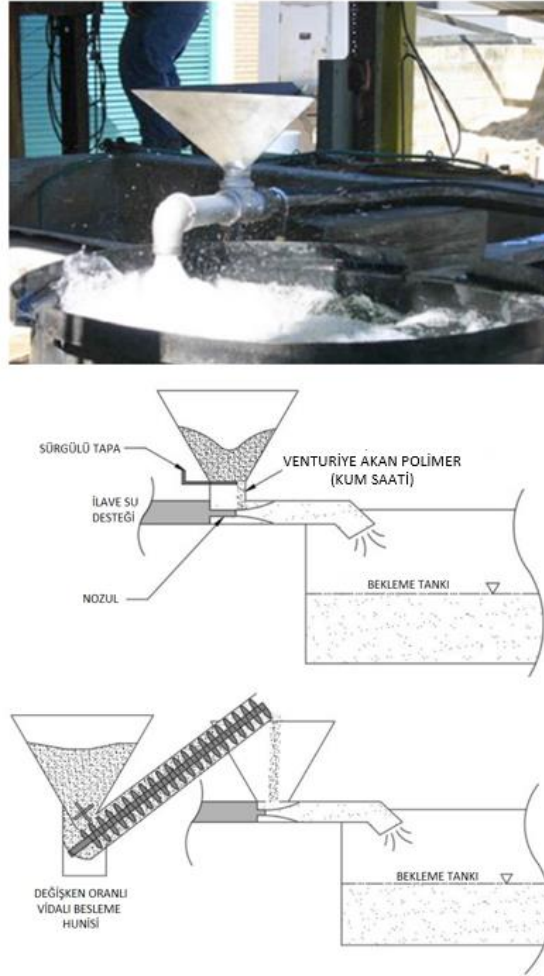
Büyük hacimli sıvılar için venturi hunisi de tercih edilebilir (hazne edüktörü, venturi edüktörü veya çamur tabancası olarak da adlandırılır). Bu cihazların tasarımı kabaca yapılabildiği gibi probleme uygun olarak da özelleştirilebilmektedir. En ilkel versiyonları yalnızca ekleme hattı kesitlerini azaltarak su hızını önemli ölçüde artırır ve böylece nozul etrafındaki havada düşük bir basınç bölgesi oluşturur. Nozul, içine kuru polimerin verildiği ve düşük basıncın çıkan polimeri akıntının içine çektiği bir besleme hunisinin (huni) tabanına dahil edilmiştir. Nozul akışının etrafındaki boşaltma borusu, sıvı boşaltılırken ilk ıslanma ile birlikte bir miktar ilk karıştırma için koridor sağlar. Şekil 5.3, bir venturi besleme hunisinin özelliklerini göstermektedir.



Şekil 5.3 Basit bir venturi haznesi montajı: a) 50 mm beslenme hattı, 19 mm'ye azaltılarak nozul oluşturulur b) tabanda nozul girişi olan hazne c) basit bir venturi haznesinin ve karıştırıcısının şematik gösterimi

Nozul içindeki polimer akış hızının ayarlanabilmesini sağlayan yöntemler, polimer akışının su akış hızına uygun olarak belirlenmesine olanak tanıdığı için tercih edilir.

Bu yöntemler manuel ekleme, hazne tabanındaki vana veya sürgüyle kontrol, (Şekil 5.1, kelebek vana), veya bir Arşimet - vidalı ekleme sistemi gibi yöntemlerden biri olabilir. Şekil 5.4, nozulun aşırı doldurulmasını/aşırı yüklenmesini önlemek için haznenin dikkatli bir şekilde doldurulmasını göstermektedir. Yöntem kullanılırken dikkatli olunmazsa, haznenin tabanında tıkanmalar oluşabilir (Şekil 5.5) ve karıştırılmamış polimer kütleleri, deşarj borularına çekilip itilerek tamamen çözülmemeyen "balık gözleri" oluşturabilir.



Şekil 5.4 Manuel beslemeli ventüri hazne sistemi (üstteki) Sürgülü tapa (ortadaki) vidalı ekleme (alttaki)



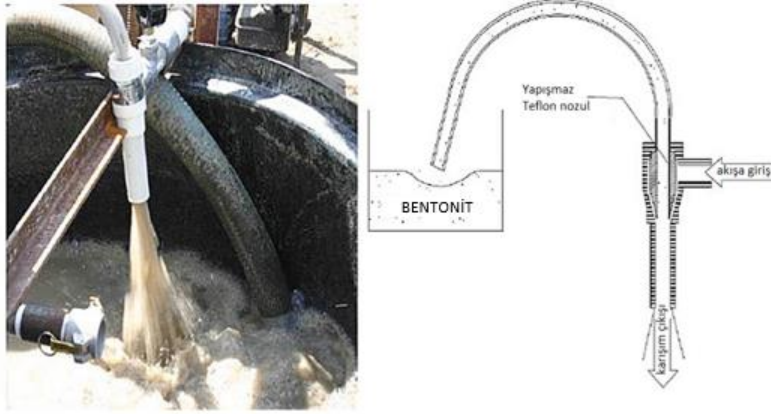
Şekil 5.5 Islanmış polimerle tıkanmış hazne (sol); kısmen ıslanmış mineral ürün oluşumu (sağ)

Tipik ventüri hunileri genelde 50- 75 mm [2- 3 inç] ekleme hatları kullanır, ancak çapı 150 mm'ye [6 inç] kadar olan azaltılmış kesitli (100 mm [4 inç] çaplı nozullar) besleme hatları da kullanılabilir. Daha büyük hatlar, kullanılabilir destek sıvısına dönüştürülmesi daha da zor olan daha büyük malzeme yığınları üretir. Daha büyük hacimlere ihtiyaç duyulduğunda büyük ölçekli büyük hatlara ve haznelere sahip sistemler cazip gelse de, daha küçük hazne ünitelerini uzun süre kullanmak daha etkilidir ve sıvıyı daha hızlı hazırlar. Bernoulli'nin ventüri ilkesini kullanan vakumlu edüktör karıştırma sistemleri, aynı ilkeyi kullanan ventüri tipi sistemlerin bir alt kümesidir. Bununla birlikte, bu cihazların edüktör hunilerden önemli farklılıkları vardır:

(1) bir ventüri hunisinde, polimer su jeti etrafındaki ıslak bir odaya düşer ve bu da hızlıca birikmeye ve tıkanmaya zemin hazırlar; vakumlu edüktörlerde, kuru polimer dairesel bir su sütununun merkezine çekilir ve asla ıslanan cihaz yüzeyine temas etmez, böylece birikme ve tıkanma en aza indirilir.

(2) Polimer malzeme, vakumlu ekleme yoluyla eklenen suyun akış hızıyla orantılı olarak verilir ve serbest ağırlığıyla düşüş hızına bağlı değildir (kırılan kum saati etkileri).

(3) Arayüz deliği cihazın herhangi bir yerinde birikmeyi daha da azaltmak için teflon, yapışmaz malzemedan yapılmıştır. Şekil 5.6, tozu akan suya çeken vakum hortumlu bir vakum edüktör sistemini göstermektedir.



Şekil 5.6 Vakum edüktörü ile bentonit ıslatılması/karıştırılması (sol), iç düzenek (sağ)

Ventüri hunileri gibi, ıslatma yüzey alanı kuru polimer hacmindeki artışla orantılı olarak artmadığı için daha büyük çaplı üniteler daha iyi değildir. Bu üniteler, doğru sayıda ünitenin yan yana getirilerek karışım akış hızının arzu edilen değere ulaşması için paralel olarak kullanıldığı durumlar için uygundur. Kuru polimerler, sıvı polimerlere göre dikkatli bir ilk ıslatma ve daha uzun süreler (tipik olarak 30 ila 60 dakika) hidrasyona uğrama süresi gerektirir. Sıvı polimerler, seyreltme sırasında homojenliğe ulaşmak için daha uzun ilk karıştırma gerektirebilir, ancak hidrasyona uğraması için çok daha kısa süreler gerekebilir. Karıştırıcı tipinin ve homojenizasyon prosedürünün polimer tipine uygun olması gerektiği söylenebilir. Mümkünse, sentetik polimer destek sıvılarının homojenleştirilmesi ve yeniden sirkülasyonu işlemleri için sıvının yüksek devirli karıştırmaya (kesmeye) maruz kaldığı santrifüj tipi pompaların kullanımından kaçınılmalıdır. Hava fiskiyeleri veya diyaframlı pompalar gibi alternatif devirdaim yöntemleri tercih edilebilir. Eğimli tabanlı tanklar, yeniden sirkülasyonda daha etkili olmaya müsaittir.

Selüloz bazlı doğal polimerler (CMC, PAC), sentetik polimerler gibi zarar görmezler ve yüksek devirli karıştırıcılar ve santrifüjlü devirdaim pompalarında kullanılabilir.

Depolama

Depolama ekipmanı, destek sıvısı özelliklerini geliştirirken veya kullanıma/yeniden kullanıma hazır durumdayken destek sıvısını depolamak için kullanılır. Aşağıdakiler de dahil olmak üzere, tüm sıvı türlerini depolamaya uygun birçok depo çeşidi mevcuttur:

- kare/dikdörtgen tanklar
- dairesel tanklar
- şişme tanklar
- dikey silolar
- geliştirilmiş konteynırlar
- püskürtme betonlu zemin çukurları
- kaplamalı zemin çukurları
- yapım aşamasında olan kazık/panel

Şekil ve geometri, sahada sıvı depolama için mevcut olan alana bağlı olarak seçim kriteri olabilir. Gereken depolama kapasitesi, temel elemanlarının hacmine, inşaat yöntemine ve hızına bağlı olacağı için sahaya özgüdür. Mineral sıvı için depolama tankları, askıda bulunan ve çözünmemiş mineral ürünlerin (sentetik polimerler gibi) çökmesini kontrol etmek için depolama tanklarında hareketli pervaneler veya karıştırıcılar içermelidir. Ek olarak, tortu malzemesini devirdaim pompası toplama konumuna yönlendirmek için eğimli tank tabanları tercih edilir. Depolama tankları, homojen sıvıyı korumak için tankın tabanına eklenmiş çelik ya da kauçuk boruları içerebilir. Devirdaim pompaları (kullanılıyorsa) diyafram tipi pompalar gibi düşük enerjili olmalıdır. Polimer depolama tankları da besleme hatlarına boşaltmayı desteklemek için genelde eğimli bir tank tabanı veya kendisi eğimli olarak üretilir.



Şekil 5.7 Dikdörtgen depolama tankı



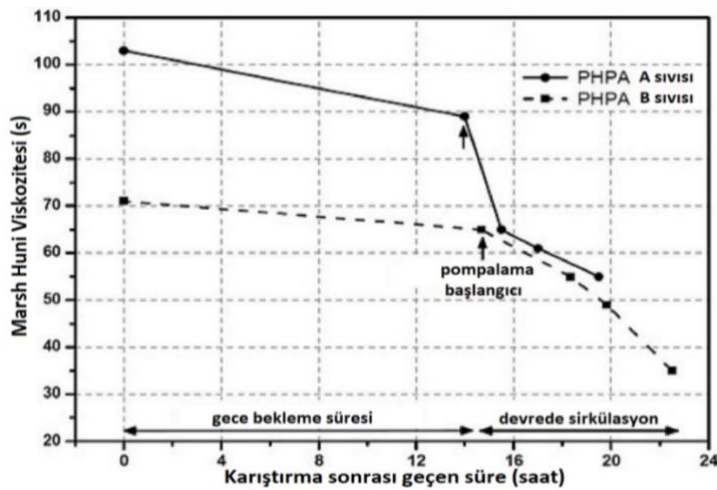
Şekil 5.8 Dikey depolama silosu

5.2 Pompalama

Genel

Pompalar, sıvıları çalkalama veya sürekli olarak karıştırma yöntemiyle onları hareket halinde tutmak veya aktarmak için kullanılır. Yaygın olarak kullanılan pompalar santrifüjlü veya pozitif deplasmanlı pompalardır (PD). Bentonit sıvıları tipik olarak karıştırma, depolama, kazık/panel ve ayırma tesisi arasında santrifüj pompalarla (hem yüzeye monteli hem de dalgıç) aktarılır. Dağıtım gerekmediğinde pompalar sıvıyı yeniden sirküle ederek çalışır durumda tutabilir.

Yüksek moleküler ağırlıklı sentetik polimer sıvılar için viskozite kaybı en aza indirilmeli ve devridaimden kaçınılmalıdır.



Şekil 5.9 Yeniden dolaşımın neden olduğu PHPA polimer sıvılarının viskozitenin azalması

Lam ve diğeri (Lam vd., 2010), sürekli yüksek hızda karıştırmanın (kesmenin) polimer sıvılarının üzerindeki etkilerine ilişkin bir araştırmanın sonuçlarını rapor etmiş ve bir santrifüj pompa aracılığıyla sürekli sirkülasyonun bir sonucu olarak polimer sıvı özelliklerinde önemli ölçüde bozulma olduğunu ortaya koymuştur (Şekil 5.9). Söz konusu çalışma, tipik bir bentonit sıvı boru tesisatı konfigürasyonu kullanılarak sahada gerçekleştirilmiştir. Santrifüj pompa, bentonit sıvılarında normal uygulamalarda olduğu gibi sürekli olarak çalıştırılmış ve kazı sırasında pompanın tekrar tekrar açılıp kapanmasına gerek kalmaması için kazıya giden besleme hattındaki vana kapatıldığında sıvı depolama tankına geri sirküle edilmiştir. Sürekli sirkülasyon, enerji israfı olmasına rağmen, çökelmeyi önlediği ve hidrasyonu iyileştirdiği için genellikle bentonit sıvıları için faydalı olarak kabul edilir.

Şekil 5.9 'da, PHPA polimer sıvıları için, pompalama başladıktan sonra, her iki sıvı için de Marsh süresinin azaldığı ve testin sonuna kadar bu azalmanın devam ettiği görülebilir. Her iki PHPA da yüksek moleküler ağırlığa sahipken (uzun zincirli moleküller –zincir uzunluğu viskoziteyle doğru orantılıdır-), santrifüj pompada ve boru tesisatında devam eden yüksek hızda karıştırmanın (kesmenin) bir sonucu olarak zincirlerin kırıldığı ve böylece sıvı viskozitesinin düştüğü görülmektedir. Sıvı B için hasar o kadar şiddetliydi ki, ilk 65 Marsh için gereken süre (bir gece bekletmeden sonra) 22.5 saatte (yaklaşık 8 saat devirdaimden sonra) 35 saniyeye düştü. Bu, sıvının neredeyse saf su ile aynı değerlere sahip olduğu anlamına gelmektedir (1 litre boşaltma için 28 saniye, 1 qt için 26 saniye).

PHPA sıvı transferinde, santrifüj pompalarında meydana gelen uzun süreli hızlı karıştırma (kesme) nedeniyle viskozite düşüşünden kaçınmak için, daha az karıştırma (kesmeye) neden olacak ve basınç yükseldiğinde otomatik olarak duracak (böylece enerji tasarrufu sağlayacak) şekilde diyaframlı pompaların kullanımı önerilir. Diyaframlı pompalar mevcut olmadığı durumlarda ise sıvı devirdaimi en aza indirilmelidir (Jefferis & Lam, 2013).

Akış hızları yüksek olduğundan ve sıklıkla sıvıya daldırılabilmeğe müsait pompalar kullanıldığından santrifüj pompaları genellikle beton dökümü sırasında kazı veya delgiden polimer sıvılarını ayırmak için kullanılır.

Akışkan Transfer ve Besleme Pompaları

Bir kazıya destek sıvısı sağlamak için pompayı seçerken, verilen zemin koşullarında saat başına kazı oranını dikkate almak gerekir. Genel bir kural olarak, kazı ne kadar derin olursa ilerleme o kadar yavaş olur. Bu nedenle, ilk 10 ila 20 m [30 ila 60 ft] kazı normalde çok daha hızlıdır. Zemin ne kadar sert ve daha sıkı ise ve/veya kazının enine kesiti ne kadar büyükse, kazı hızı o kadar yavaş olur. Pompa seçiminde dikkate alınması gereken diğer bir husus, sahanın en uzak bölgelerine kadar tam tasarım akış hızına ulaşmak ve herhangi bir statik kaldırma gereksiniminin üstesinden gelmek için gereken basma yüksekliği kapasitesidir (örneğin, pompa kazı alanından daha alçak bir seviyede bulunuyorsa). Pompa kapasitesi normalde üretimden ödün vermeyecek şekilde seçilmeli ve beklenen en yüksek kazı hızına uygun olmalıdır. Genel olarak, doğrudan sirkülasyon yöntemleri kullanılırken, besleme oranı yalnızca kazılan malzemenin hacmini değiştirmelidir. Ters sirkülasyon sistemlerinde, kazı parçaları, içinde olduğu sıvının kazı tabanından pompalanmasıyla çıkarılır. Bu nedenle gerekli pompalama hızları, doğrudan sirkülasyon yöntemlerinde gerekenden çok daha yüksektir. Tipik besleme pompalarının kapasiteleri 100 ila 150 m³/sa [400 ila 650 gpm] aralığındadır. Bu genellikle doğrudan sirkülasyon yöntemleri için yeterlidir. Ters sirkülasyon için, genellikle 200 ila 300 m³/sa [900 ila 1.300 gpm] aralığında daha yüksek besleme pompası kapasitesi gerekir.

Sıvı Geri Alma Pompaları

Dökümün başlatılması dışında, geri alma pompasının akış kapasitesi beton dökme hızına (tipik olarak 80 m³/saatten [100 cy/sa] fazla değildir) basma yüksekliğine ve sıvının gitmesi gereken mesafeye göre belirlenir. Sıvı geri kazanım oranını beton döküm hızıyla eşleştirmek için değişken debili bir pompa büyük bir avantaj olabilir. Sıvıya daldırılabilen (dalgiç) santrifüj pompalar iyi bir seçimdir. Pozitif deplasmanlı pompalar da kullanılabilir. Pozitif deplasmanlı bir pompa, sabit bir miktarı hapsederek ve bu hapsedilmiş hacmi boşaltma borusuna zorlayarak (yerini değiştirerek) bir sıvı hareketini sağlar. İlk beton boşaltma hızı, genellikle pompa akış hızını belirleyen orandır. Tremi dökümünü başlatma, yapı elemanın bütünlüğünü sağlamak için sabit hacimde betonun kesintisiz olarak dökülmesini gerektirir. Dökülecek kesit ne kadar büyükse, maksimum beton boşaltma oranını karşılamak için gereken pompa o kadar büyük olur. Bu, birden fazla tremi borusu kullanıldığında çok daha fazla olacaktır.

5.3 Kazı ve Temizlik

Kazı/delgi sırasında herhangi bir destek sıvısının ana amacı, kazı/delgi çeperinin stabil (kararlı-değişmez) tutulmasıdır (bkz. Bölüm 2.4). Diyafram duvar panelleri, köşelerde artan gerilme seviyeleri nedeniyle çevredeki zeminde kemer yapma kabiliyetini azaltan dikdörtgen şekilleri nedeniyle kazı sırasında fore kazıklara göre daha fazla stabiliteye ihtiyaç duyar. Bazı polimer sıvıları, bu tür dikdörtgen kazıları yeterince destekleyemeyebilir, ancak aynı zemin türünde büyük çaplı dairesel kazıları destekleyebilir.

Kuru veya gevşek kum katmanları, sıvı kaybını azaltacak ve kazı/delgiyi stabilize edecek yeterli bir bentonit keki oluşana kadar düşük yoğunluklu mineral sıvıları kolayca emecektir. Bazı destek sıvılarının geniş gözenek boşluklarını (çakıl tabakaları) tıkama kabiliyeti, kazı stabilitesini sağlamak için önemli olabilir. Destek sıvısının düzgün çalışması için büyük çaplı fore kazık ya da geniş diyafram duvar elemanlarının mümkün olandan daha yavaş kazılması gerekebilir. Hangi zemin veya kaya türünün kazıldığına bağlı olarak, destek sıvısı ayrıca sıvı ile temas ettiğinde doğal malzemenin bozulmasını veya yumuşamasını önlemelidir. Bazı çamur taşı (şist) malzemeleri suyla delmeye karşı çok hassas olsa da mineral ve polimer sıvıdan fazla etkilenmezler. Çoğu destek sıvısı, doğal zeminlerden gelen ince daneleri bünyesine aldıkça, kazının ilerlemesiyle özelliklerini de değiştirecektir. Kazı sırasında (özellikle büyük ve derin elemanlar için) bu değişikliklerin izlenmesi ve sıvının buna göre ayarlanması, yapı elemanın (fore kazık delgisi ya da diyafram kazısı) stabilitesini korumak ve bentonit keki oluşumunun etkisini en aza indirmek için gereklidir. Ayrıca, beton dökülmeden önce gerekli temizlik veya sıvı değişim prosedürlerine de yardımcı olacaktır. Destek sıvıları, kazıyı stabilize etme temel gerekliliklerine ek olarak, çeşitli kazı tekniklerine özgü çeşitli özellikler de sağlamalıdır. Çizelge 5.1 bazı temel gereklilikleri vurgulamaktadır.

Çizelge 5.1 Tipik kazı yöntemleri ve destek sıvısı gereklilikleri

KAZI YÖNTEMİ	DESTEK SIVISI GEREKLİ ÖZELLİĞİ
Burgu	Burgudan malzemenin “kaymaması” için malzeme yeterli seviyede bağlanmalıdır
Kova / Grab	Sedimentasyona izin verilerek çoğu katı parçacığın kazı tabanında kalmasına ve tüm kazı boyunca dağılması sağlanmalı
RCD/Hidromil	Yüze ya da ayırma tesisine taşıma sırasında katıların askıda kalmasına yardımcı olmalı
Darbeli Sondaj	Çekiçler yağlanmalı
Dip Tarama / Havadan Taşıma	Hafriyat borusunun tıkanmaması için düşük viskozite korunmalı

Kazıda geçici veya kalıcı tam boy muhafaza borusu kullanılıyorsa, sıvının amacı kazıyı desteklemekten çok yeraltı suyu basıncını dengelemektir. Muhafaza borusu kazı/delgi ile paralel ya da hemen delgi tabanından delgi ucu kadar yukarıda kalacağından, destek sıvısının hala kazı stabilitesini sağlaması gerekecektir. Kazı sırasında geleneksel araçlarla (burgu/kova/grab) destek sıvısının temizlenmesi, kesintileri önlemek için normalde kazı işleminin sonuna bırakılır. Ancak bazı durumlarda kazı ilerledikçe süreç başlatılabilir. Topaklaştırıcıların eklenmesi temizleme işine yardımcı olabilir. Topaklayıcıların belirli bir oranda dikkatli kullanılması ve destek sıvısına uygun şekilde karıştırılması esastır. Kazı için ters sirkülasyon yöntemleri kullanıldığında, kazı sıvıları çamur pompaları ile desander-desilter (elekler) e gönderildiğinden ve kazıya tekrar geri gönderilmeden önce elendiğinden dolayı söz konusu kazı sıvılarının temizlenmesi, kazı sırasında olmaktadır. Çeşitli temizleme veya ayırma yöntemleri Bölüm 5.5 'te açıklanmıştır.

Tipik taban temizleme yöntemleri arasında, dişleri olmayan ve kazının en altından ince taneleri ve yumuşak döküntüleri toplayabilmeleri için uygun şekilde kapatılmış temizleme kovalarının, büyük ve güçlü dalgiç pompaların ve hava ikmal cihazlarının kullanımı yer alır. Kazı içindeki yerçekimi çökeltmesi veya topaklaştırıcıların kullanımı yine temizleme işlemine yardımcı olabilir ve çoğu ince tanenin çökmesi için gereken süreyi azaltabilir. Bu topaklaştırıcı maddelerin yığına veya panele düzgün bir şekilde karıştırılması önemlidir, aksi takdirde tabanda yapışkan bir çamur

oluşumuna yol açabilirler. Bu çamurun kazı tabanından çıkarılmasının zor olduğu bilinmektedir. Gerekirse, askıdaki ince tanelerin aşırı çökmesini önlemek için tüm destek sıvısının değiştirilmesi gerekebilir.

Ters sirkülasyon yöntemleri için alet basitçe kazıda tutulur ve yeterli temizlik sağlanana kadar sıvı yüzeye pompalanır. Taze ve/veya geri dönüştürülmüş destek sıvısı kazıya pompalanır. Kazının son temizliği ile beton dökümünün başlaması arasında geçen süre mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Ana yük taşıma kapasiteleri uç dirençleri olan ve bu nedenle kazı tabanında çok temiz bir destek sıvısı gerektiren büyük ve çok derin elemanlar monte edildiğinde, inşaat demiri kafesi kurulumdan sonra tekrar bir ek temizleme prosedürleri gerekebilir. Bunlar tipik olarak tremi borusundan çalıştırılan hava kaldırma veya emme pompalarını içerir. Mineral veya polimer destek sıvılarının kullanılmasından bağımsız olarak, iyi bir taban direnci sağlamak için yeterli taban temizliği şarttır. Kazıkların ve diyafram duvar panellerinin uç taşıma kapasitesi, inşaat sürecinin bir parçası olarak geride kalan moloz ve destek sıvısının varlığından etkilenir. Uygun taban temizliği seviyeleri, proje tasarım aşamasında tartışılarak kararlaştırılmalı ve sahada buna göre yapılmalıdır. Tabanın temizliğini değerlendirmek için ticari olarak temin edilebilen bir dizi ürün bulunmaktadır.

5.4 Zeminle Reaksiyonlar

Destek sıvılarının performansı, kazı sırasında düşmektedir. Özellikle destek sıvısı bir projede kullanılırken sıvının içine ince taneli malzeme dağılıyorsa bu etki daha da artar. Ayrıca, sıvının içinde dağılmış olan zeminle bağlantılı olarak bir miktar seyrelme ve sıvının yeraltı suyu tarafından olası kirletilmesi de söz konusu olabilecektir. Bu nedenle, kazı sırasında çukurdan alınan numuneler üzerinde sıvı yoğunluğu, viskozite ve kum içeriğinin ölçülmesi gerekmektedir - tüm bu parametrelerin değerleri, zeminin sıvıya dağılmasıyla artacaktır. Zemin kontaminasyonu esas olarak mineral sıvılarında daha fazla hissedilmektedir.

Fiziksel Yükleme

Akışkan viskozitesi makul bir aralıkta tutulduğunda yüksek üretim oranları elde edilir. Yüksek kil veya silt içeriğine sahip kohezyonlu zeminlerde askıda kalan ince tanelerin eklenmesi, akışkanın viskozitesini ve özgül ağırlığını artırır. Ağır sıvı,

kazıcı veya delici makinayı aleti delgide/kazıda yavaşlatır ve dişler (elmaslar-tırnaklar) üzerindeki temas basıncını azaltır. Aşırı katı içeriği, aletin yukarı ve aşağı hareketini etkileyebilecek bentonit keki kalınlığını artırır. Kum tarafından oluşan fiziksel yüklemeyi, kum içerik testi ile ölçmek daha kolaydır. Bazı polimer sıvılar, çok az askıda katı madde taşıma veya zemin killerin şişme kapasitesini sınırlama avantajına sahiptir ve bu durum ekipman aşınması açısından faydalıdır. Alet yüzeylerinin iyi yağlanması, madeni sıvılarda bulunabilen killi topraklarda yapışkanlıktan dolayı zaman kaybı olmadan aletin delik içinde hareketini ve kovadan veya helezondan boşaltımını kolaylaştırır. Ancak polimer, zemin parçacıkları tarafından emilebilir ve aktif polimer konsantrasyonunu azaltabilir. PHPA sıvılarının her kullanımından sonra polimer konsantrasyonunun artırılması gerektiği iyi bilinmektedir. Devam eden sıvı testleri taze polimerin eklenmesi, ayarlayıcı katkı maddelerinin kullanılması veya kullanılmış polimerin beton dökümünden önce tamamen yenisiyle değiştirilmesi gerekliliği hakkında karar verilmesini sağlar. Polimer kil karışımı sıvılar, fiziksel yükleme açısından saf polimer sıvılarıyla aynı avantajları sunar. **Taze sıvının düşük** viskozitesi, yükleme etkisini azaltmak ve özelliklerin değişmesini kontrol etmek için iyi bir çözüm olabilir. Fiziksel yüklemeyi azaltmanın birincil yöntemi, Bölüm 5.5 'te ayrıntıları verilen katı madde kontrol ekipmanıdır.

Kimyasal Reaksiyonlar

Destek sıvıları, zemindeki veya yer altı sularındaki kimyasallardan olumsuz etkilenebilir, ancak pratikte, makul önlemler alınması ve çalışma uygulamalarının benimsenmesi koşuluyla, etkiler genellikle oldukça küçüktür.

Çizelge 5.2 Fiziksel yükleme ve kimyasal kirleticilerin destek sıvı özellikleri üzerindeki etkisi (S: sistematik etki, P: olası etki)

	FİZİKSEL YÜKLEME	KİMYASAL REAKSİYONLAR
Viskozite	P	P
Yoğunluk	S	
Süzülmüş sıvı kaybı	P	P

Bentonit keki kalınlığı	S	P
pH		P
Kum içeriği	S	
Kirletici	Kum, Silt, Kil	pH (turba, harçlı toprak, beton), tuzlar, alçıtaşı, deniz suyu
Arıtma (önce ya da sonra arıtma)	Düşük moleküler ağırlıklı poliakrilat (kil/silt) Kum giderme Silt giderme Taze sıvı	Sodyum karbonat Sodyum bikarbonat polimer CMC Düşük moleküler ağırlıklı poliakrilat

Kirleticilerin bazı etkilerini dengelemek için sisteme kimyasal düzenleyiciler eklenebilir. Bunlar arasında alkali hidroksitler ve sodyum karbonat (su arıtımı), sodyum bikarbonat (çimento kirliliği), veya davranışını sürdürmek için sisteme işlenmemiş bentonit veya polimer eklenmesi yer alır. Tipik çözümler Çizelge 5.3 'de gösterilmektedir. Aşırı durumlarda, destek sıvısının türünün değiştirilmesi gerekebilir.

Çizelge 5.3 Mineral sıvıları için sıklıkla kullanılan iyileştirmeler

KİRLİTİCİ YA DA ZEMİN TÜRÜ	MİNERAL SIVISI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	OLASI İYİLEŞTİRME				
		Kimyasal iyileştiriciler				
İnce Daneli Zeminler		Sodyum karbonat	Sodyum bikarbonat	Dispersant	Selüloz Polimer	
İnce Daneli Zeminler	Viskozite Yoğunluk			✓		✓
Kireçtaşı	Viskozite Yoğunluk			✓		✓
Alçıtaşı (Kirliliği kontrol etmesi zor)	Viskozite Filtrasyon				✓	

Organik madde	Viskozite Filtrasyon Ph	✓ ✓			✓	
Çimento	Viskozite Filtrasyon Ph		✓ ✓ ✓	✓		
Yeraltı suyu seyrelmesi	Viskozite Filtrasyon				✓	
Deniz suyu ya da tuzlu su	Viskozite Filtrasyon Ph	✓ ✓			✓	

Destek Sıvısı Kaybı

Destek sıvısı seviyesi bazen kazı sırasında veya sonrasında aniden veya sürekli olarak düşebilir. Bunun nedeni yer altı çatlaklarının, karstların, boşlukların vb. varlığı olabilir ve kazı/delgi çeperlerinin göçme riskine neden olabilir.

EN 1538 Madde 8.4.3, “Kazı sırasında destek sıvısında ani ve önemli bir kayıp meydana geldiğinde, kazı, sızdırmazlık malzemeleri içeren ilave hacimde destek sıvısı ile derhal doldurulmalıdır” ifadesini kullanır. Saha koşulları, bu amaç için yeterince büyük miktarlarda değiştirme sıvısının stoklanmasına izin vermelidir.

Destek sıvısının kaybı, zemindeki sıvı kaybının önemine ve zeminin özelliklerine bağlı olarak ek önlemler gerektirebilir. Saha incelemesinin bir sıvı kaybı riski belirlediği durumlarda, proje sırasında sıvı kaybını önlemek için ön enjeksiyon işlemi bir seçenektir. Destek sıvısının kaybını azaltmaya yardımcı olmak için "kayıp azaltma malzemeleri" adı verilen çeşitli malzemeler de kullanılabilir. Dört kategoriye ayrılabilirler:

- Cüruf lifleri ve selüloz lifleri gibi lifli malzemeler (mineral veya organik)
- Kıyılmış ağaç kabuklar, mısır gevrekleri gibi taneler
- Çakıl, kum, mineral dolgu maddeleri, ceviz kabukları, zemin ve çapraz bağlı poliakrilamid (suda şişen fakat çözünmeyen polimerler) gibi tanecikli malzemeler

- Yüksek konsantrasyonlu polianiyonik selüloz gibi viskozite değiştirici katkı maddeleri;

buradaki ana fikir, yarı katı bir kütle oluşturmak için sıvının viskozitesini lokal olarak arttırmak ve çevredeki zeminde kayba neden olan boşlukları tıkmaktır.

Önemli bir ani kayıp yaşandığında, kazının çimento veya düşük dayanımlı dolgu malzemesi (örn. grobeton) ile işlenmiş taneli zemin ile doldurulması yaygın bir uygulamadır. Zemin sıvı kaybını önlemek veya azaltmak için farklı yaklaşımlar mümkündür. Seçilen destek sıvısının uygulanan yöntemden olumsuz etkilenmemesini sağlamak önemlidir. Örneğin, çimento ile işlenmiş malzemelerle ön enjeksiyon ve dolgu kullanıldığında, destek sıvısı kirlenmesinin kontrol edilebilmesi önemlidir.

5.5 Arıtma ve Geri Dönüşüm

Bentonit, Doğal Polimer ve Modifiye Doğal Polimer

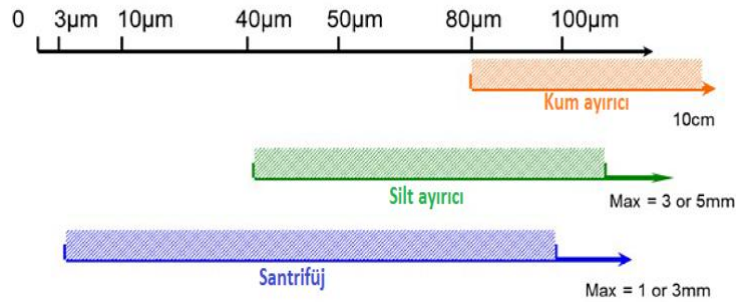
Bölüm 5.4, destek sıvısının özelliklerini eski haline getirmek için kullanılacak kimyasal reaksiyonları ve kimyasal düzenleyicileri detaylandırır. Fiziksel yükleme durumunda, mekanik ekipman zemin parçacıklarının destek sıvısından çıkarılmasına yardımcı olabilir. Çok çeşitli eleme ekipmanı mevcuttur. Yaygın olarak kullanılan ekipman türleri Çizelge 5.4 'de verilmiştir.

Çizelge 5.4 Ayırma ekipmanı için tipik D50 sınır değerleri

EKİPMAN TİPİ	TİPİK D ₅₀ SINIR DEĞERİ	TİPİK MAKSİMUM KAPASİTE
Birincil Çalkalayıcı Elekler	<3 mm	1,000 m ³ /saat
İkincil Çalkalayıcı Elekler	0.2 mm – 0.4 mm	500 m ³ /saat
Kum ayırıcı siklon	80 µm	250 m ³ /saat
Silt ayırıcı siklon	20 µm	

		150 m ³ /saat
Santrifüjler	>5 µm	25 m ³ /saat
Pres filtresi	>5 µm	25 m ³ /saat

Her tür eleme tesisinin verimliliği, artan sıvı yoğunluğuyla birlikte önemli ölçüde azalır. Bu nedenle, gerekli eleme ekipmanını değerlendirmek için kazılan malzemeyi karakterize etmek ve destek sıvısından çıkarılması gereken malzemenin türü ve miktarını tahmin etmek önemlidir. Ters sirkülasyon yöntemlerinde eleme tesisi, özellikle daha zayıf ve/veya daha ince tabakalarda verimliliği belirleyen kritik faktör haline gelebilir. Hidromill(Cutter)' lar eleklerin eleme hızına göre destek sıvısını aşırı yüklemeyen bir kazı hızıyla sınırlandırılmalıdır. 20-30 µm'nin altında, destek sıvısını bozmadan partikülleri çıkarmak neredeyse imkansızdır. Bu nedenle santrifüjler ve filtre presleri genellikle sıvıyı atmadan önce arıtmak veya hidromill (cutter) kullanırken sıvı yoğunluğunu kontrol etmek için kullanılır.



Şekil 5.10 Mekanik ayrıştırma aralıkları



Şekil 5.11 Kum ayrıştırma siklonu (sol üst), silt ayrıştırma siklonu (sağ üst), santrifüj(alt)

Sentetik Polimer (PHPA)

PHPA polimer sıvıları, atıkları (tortuları) süspansiyon halinde tutma eğiliminde değildir. Sonuç olarak, sıvı yeterince temizlenmezse, kazı tamamlandıktan sonra silt gibi ince taneli zeminlerde bile oturma meydana gelebilir. Bentoniti temizlemek için kullanılan elekler (desander-desilter) polimer için uygun değildir. Polimer sıvısı kullanılan elekleri tıkama eğilimindedir ve ekipmanın kesme hareketi de polimerdeki bağları parçalama eğilimindedir. Bir polimeri temizlemenin tipik yöntemi, süspansiyon halindeki katuların süspansiyondan çıkarılmasına yardımcı olmak için topaklaştırıcı maddeler eklemek ve ardından sıvıdaki tortuların çökmesi için zaman sağlamaktır. Bazen, kazı tabanından pompalanarak alınan destek sıvısının taze sıvı

ile tamamen değiştirilmesi ve çökeltmenin meydana gelebileceği dinlendirme tanklarına boşaltılması gerekir.



Şekil 5.12 PHPA polimer sondaj akışkan için sedimentasyon tankları

İşin tamamlanmasından sonra, polimerler bir deaktivasyon maddesi ile parçalanabilir (çoğu polimer türü için işe yarar), bu uygulama, askıda ki katı maddelerin oldukça kolay bir şekilde düşmesine neden olur. Bu özellik, bentonit ile karşılaştırıldığında nispeten daha az maliyet ve çabayla bertaraf edilmesinin genellikle gerçekleştirilebilmesi açısından polimer sıvıların çekici yönlerinden biridir.

5.6 Betonlama

Betonlama işlemleri, EFFC/DFI Tremi Beton Kılavuzunun 6. Bölümünde ayrıntılı olarak ele alınmıştır ve bu Bölüm, EFFC/DFI Tremi Beton Kılavuzunun ilgili Bölümü ile birlikte okunmalıdır.

Destek Sıvısı Sedimentasyonu

Daha önce belirtildiği gibi siltler ve killer mineral sıvılarda asılı kalabilir. Bu süspansiyon temel temizliğinden beton dökümüne kadar geçen süre içinde genel olarak kararlıdır ve herhangi bir ayrılma meydana gelmez. Donatılarda ve nervürlerde bir miktar çökeltme meydana gelebilir. Bununla birlikte, kaba siltler ve kumlar bu süre içinde çökebilir ve bu nedenle, betonlamadan önce kazı veya delgi sıvısının düşük kum/katı içerikli bir sıvı ile değiştirilmesi gerekebilir.

Silt yüklü polimer sıvılar, olası birikme ve sıvı tutulmasıyla birlikte yatay ve düşey donatıların nervürleri ve kazı tabanı üzerinde silt çökmesi riski oluşturabilir. Ayrıca kum yüklü akışkanın viskozitesi artabilir ve bu durum kumun oturma hızını yavaşlatacaktır. Topaklar oluşturmak için ince parçacıkları bir araya getiren topaklaştırıcı maddeler de kullanılır. Betonun yüksek kalsiyum konsantrasyonu ve yüksek pH'ı çoğu polimeri parçalayacak ve bu da çoğu durumda beton döküldükten sonra polimer kalmamasını sağlayacaktır. Bununla birlikte, sıvı içinde mevcut olan herhangi bir tortu, kazıda kalacaktır.

İlk Beton Yerleştirme

Betonun tremi yöntemi ile dökümüne başlanırken, tremi borusundaki destek sıvısı ve beton, bir malzeme tapasıyla veya başka uygun araçlarla ayrı tutulmalıdır (EFFC/DFI Tremie Beton Kılavuzu, bölüm 6.5'e bakın).

Arayüz Tabakası

Yer değiştiren sıvı ile onu değiştiren beton arasında belirgin bir faz sınırı sağlamak için, bu iki malzemenin yoğunlukları arasındaki fark maksimize edilmelidir. Bu aynı zamanda destek sıvısının inşaat demirinden temiz bir şekilde ayrılmasını sağlar, betonda sıvı kalıntılarını önler ve böylece çelik ile beton arasında iyi bir aderans sağlar. Normal çalışmada, betonlama sırasında mineral ve polimer sıvıların yoğunluğu nadiren endişe uyandıracak seviyelerde olacaktır. Panel stabilitesini iyileştirmek için ağırlıklı destek sıvılarının kullanılması gibi yalnızca nadir durumlarda yoğunluk farkı bir sorun olabilir. Destek sıvısı ile beton arasında bir arayüz tabakası birikebilir. Sınırlı bilgilere dayanarak, bu tabaka nispeten yüksek bir viskozite ile 1.400 kg/m³'e [90 lbs/ft³] kadar bir yoğunluğa sahip olabilir. Bu nedenle katman, betonun üzerine oturur ve bu durum bu kılavuzun 7.2. Bölümünde tartışıldığı gibi betonlama işlemlerini etkileyebilir.

Arayüz katmanının aşağıdakilerden oluştuğu düşünülmektedir:

- Bentonit kullanırken, sıvı ile betondaki kalsiyum iyonları arasındaki kimyasal reaksiyona bağlı olarak veya kalsiyum iyonlarının mevcudiyetinde bentonit parçacıklarının topaklaşması nedeniyle sıvının reolojik özelliklerinde değişiklikler
- Düşük yoğunluğa sahip olan ve tremi betonunun üzerinde yükselen, ilk beton yerleşimi ile kazık tabanından temizlenen zemin çökeltisi

- Ayrıışmış betondan malzeme ve beton yerleştirme sırasında beton sızıntısı. (ara yüzey tabakasında çimento ve beton gözlenir)
- Destek sıvısından malzeme çökmesi (betonlama işlemleri yavaşsa destek sıvısından gelen malzeme arayüz katmanına yerleşebilir)

Şu anda bu arayüz katmanı malzemesinin özellikleri hakkında çok az saha verisi bulunmaktadır. CIRIA PG3 (Fleming & Sliwinshi, 1977), destek sıvısının betonla yer değiştirmesi sırasında destek sıvısı akma gerilimi ile beton akma gerilimi arasındaki farkın önemini tanımlar. Özellikle bentonit destek sıvısı için sıvının reolojik profili araştırılmalıdır. Yüksek jel dayanımlı bentonit, betonlama işlemleri sırasında bazı zorluklara neden olabilir.

5.7 Dökülme ve Uzaklaştırma

Tüm destek sıvıları dikkatli bir şekilde ele alınmalı ve karıştırmadan bertaraf edinceye kadar tüm süreç boyunca arıtılmadan yer altı veya yüzey sularına akmasına izin verilmemelidir. Bu genellikle dökülme potansiyelini en aza indirmek için kapalı bir döngü sisteminin kullanılmasını gerektirir. Tipik olarak, mineral sıvılar için, sıvının %33 ila 50 'si kazı sırasında veya kazılan zeminle birlikte kaybolacaktır. Doğal olarak, zeminde önemli kayıplar meydana gelir ve bunun çoğu yüklenicinin kontrolü dışındadır. Kazı işlemleri sırasında kepçe, kova veya buręu kazıya girip çıkarken dökülmelerin sonuçlarını en aza indirmek için yüzey kaplamaları, çukurlar ve bariyerler gibi çevreleme önlemleri kullanılabilir. Az miktarda sıvı rüzgarla uçup gidebilir ve bitişik zemine dökülebilir veya kazılan malzemeye yapışabilir. Kazıdan çıkan malzemeler doğrudan damperli kamyonlara dökülmüyorsa, atık yığınının çevrelenmesi önemlidir (Şekil 5.5).



Şekil 5.13 Çevreleme örnekleri

Çevreyi korumak için iyi bir temizlik uygulaması örneği, sahanın çevresine saman balyaları ile birlikte bir çevreleme bariyeri yerleştirmektir. Akışkan hatlarının kırılması durumu veya tıkanıklıkların giderilmesi için açılması gerektiğinden, aynı zamanda destek sıvısının da kazıya doğru yönlendirilmesi söz konusu olduğundan, kazı seviyesinin üzerindeki sabit çalışma platformları, akışkan sızıntısı kontrolü için gereklidir.



Şekil 5.14 Tipik muhafaza bariyeri

Pompalar genellikle destek sıvısını yerinde muhafaza tanklarına, silolara veya göletlere taşımak için kullanılır. Bu tür kapalı devre sistemler ayrıca malzeme ve bertaraf maliyetini en aza indirmek için sahada yeniden kullanıma olanak tanır.

Kazıdan doğrudan zemin muhafaza havuzlarına yerçekimi akışı, Asya'da bazı ters sirkülasyonlu sondaj yöntemleri için hala kullanılmaktadır. Dökülme riski çok yüksek olduğu için bu tür muhafaza yöntemleri önerilmez.



Şekil 5.15 Muhafaza göleti ve depolama tanklarına örnekler

Tüm sıvı türleri için etkili geri dönüşüm yöntemlerinin mevcudiyetine rağmen, her proje sırasında veya sonunda destek sıvılarının bir miktar atılması gerekecektir. Avrupa ve Kuzey Amerika'daki katı atık yönergeleri, sıvı ve katı atıkların dikkatli bir şekilde yönetilmesini gerektirir. Sıvı atıkların depolama alanlarına atılması birçok ülkede yasaklanmış veya kısıtlanmıştır. Bazı yetkililer, atık sıvının bir atık su arıtma

tesisine taşınmasını şart koşarken, bazıları atık sıvının kanalizasyon sistemine ve hatta kendi yağmur suyu sistemlerine atılmasına izin verir. Tüm bu seçenekler için atık sıvının bileşimi, yerel makamların ve/veya kanalizasyon sahiplerinin gereksinimlerine göre tanımlanmalıdır. Tahliye izinleri tipik olarak, izinlerin verilmesinden önce gerçek atık sıvı numunelerinin kimyasal ve fiziksel analizini gerektirir. Akışkanlar, bentonit veya polimer ve kazılmış zemin karışımı olacağından, bileşim ancak kazı başladıktan sonra bilinir. Sahada yeterli sıvı deposu olduğu sürece, gerekli tüm izinlerin alınması için bertaraf izin süreci yeterince erken başlamalıdır. Yerel makamların, sorumlu oldukları alanlarda düzenli depolama alanına atık bertarafı ile ilgili ek gereksinimleri olabilir.

Genel olarak, tüm deşarj izinleri aşağıdakileri gerektirecektir:

- Atığın tehlikeli veya tehlikesiz olup olmadığına göre sınıflandırma
- Atığın üretildiği tesis türü
- Yaklaşık atık miktarı
- Maddenin veya maddelerin adı
- Atığı üreten süreç
- Kimyasal ve fiziksel analiz
- Atıkla ilgili herhangi bir özel sorun, gereksinim veya bilgi

Tehlikeli atık tanımı tipik olarak "tehlikeli maddelerin" yüzdesi ve ilgili "tehlikeli özellikler" (yani metaller veya hidrokarbonlar) ile bağlantılıdır. Katıların sıvılardan ayrılmasını sağlayan uygun destek sıvısı yönetimi pratik ve ekonomik olmalıdır. Akışkan-zemin karışımının tipine ve bileşimine bağlı olarak, yeterli fizikokimyasal arıtma bertaraf miktarlarını büyük ölçüde azaltacaktır. Bentonit ve polimer tedarikçileri ürüne özel arıtma yöntemleri geliştirmiştir. Kural olarak, bertaraf miktarının en aza indirilmesi, suyun katı bileşenlerden ayrılmasından oluşur ve aşağıdaki genel arıtma yöntemleri mevcuttur:

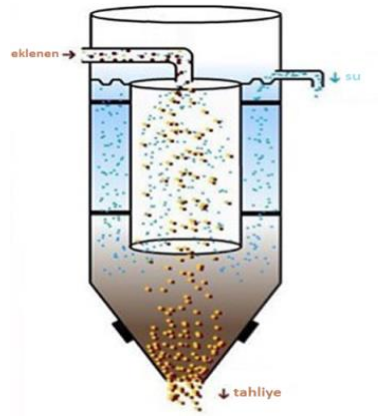
Polimer

- Askıda katı maddelerin yerçekimiyle çökeltilmesi ve katı atık olarak uzaklaştırılması

- Sıvı viskozitesinin kimyasal olarak kırılması ve askıda katıların/ince tanelerin çökmesi ve bunların kazılan zemine eklenebilecek katı atık olarak uzaklaştırılması
- Düşük katı maddeli sıvının kimyasal olarak arıtılması (ağartıcı nötralizasyonu ve pH ayarlaması) ve atık su olarak tahliyesi (onaydan sonra)
- İnce taneleri sudan ayıran santrifüj ve/veya filtre pres ekipmanı kullanılarak kırık polimerin mekanik olarak işlenmesi

Bentonit

- Sıvının çimento ile karıştırılması ve hidrasyondan sonra katı atık olarak uzaklaştırılması
- Sıvının kireçle karıştırılması ve bir filtre presi veya bir bant (filtre kayışı) presi aracılığıyla suyunun alınması
- Topaklaştırma ve çamurun katı atık veya doldurma filtrasyon torbaları olarak uzaklaştırılmasından sonra askıda katı maddelerin yerçekimiyle çökeltilmesi



Şekil 5.16 Yerçekiminden faydalanan düşey silo



Şekil 5.17 Pasif çamur susuzlaştırma için filtreleme torbaları

Bentonitin tehlikeli doğasına ilişkin bazı yanlışlar, sıvı bertarafı için aşırı maliyetlerin doğmasına neden olur. Çoğu polimer sıvısı, inşaat atık suyu olarak deşarj edilmek üzere yeterince arıtılabilirken, atık sıvı bentonit (önemli ölçüde arıtıldıktan sonra bile) çoğunlukla 'özel atık' olarak sınıflandırılır ve tipik olarak özel atık sahalarında bertaraf edilmesi gerekir. Çoğu zaman bentonit, çok az bilimsel temeli olan "bir özel atık" uçucu kül ile karşılaştırılır. Uçucu kül, genellikle ağır metallerle yüklü endüstriyel bir yan üründür, oysa bentonit doğal bir toprak malzemesidir. Bentonit, doğal bir su kütlelerinde yüksek oranda seyreltilmiş ve koloidal formda balık yaşamı için zararlı olabilir. Bentonit sıvı havuzların kurutulmasına izin verilecek bir itiraz olmamalı ve tarımsal açıdan faydalı olan ve çoğu çiftçi tarafından hoş karşılanan bu çökmüş kilin kullanılmasına izin verilmelidir (not: kullanılan bentonit kilin çevreye salınabilmesi için kimyasal katkı maddeleri ve pH uygun olmalıdır). Susuzlaştırılmış atık bentonit sıvısının, genel hafriyat malzemeleriyle birleştiğinde katı olarak bertaraf edilmesi daha kolaydır. Kazılan malzeme zaten kirlenmişse, destek sıvısının da kirlenme potansiyeli vardır. Bu, geri dönüşümü, arıtmayı ve bertarafı daha pahalı ve karmaşık hale getirecektir.

5.8 Güvenlik Hususları

Hem bentonit hem de polimer destek sıvılarında dikkate alınması gereken güvenlikle ilgili belirli sorunlar vardır. Malzeme Güvenliği Dokümanı, bu endişelerin çoğunu tanımlamalıdır. Her iki destek sıvısı da gözü tahriş eder ve göz koruması gerektirir (özellikle karıştırma sırasında).

Göz yıkama istasyonları, 15 dakika boyunca destek sıvılarından biri ile temas eden gözü yıkamak için yeterli miktarda şişelenmiş göz yıkama solüsyonu ile hazır bulundurulmalıdır. Bu ürünlerin her biri ayrıca solunumla ilgili hususlara da sahiptir. ABD'de OSHA yakın zamanda kristal silikanın izin verilen maruz kalma sınırını (PEL) metreüp hava başına 50 mikrograma düşürmüştür. Polimer şu anda ABD'de düzenlenmemiş olsa da Birleşik Krallık'ta polimer işyeri maruziyeti solunabilir metreüp başına 4 ve 10 mikrogramdan azdır. Gelecekte ABD'de polimerler için benzer düzenlemelerin yapılması bekleniyor. Tüm destek sıvıları, bunlara maruz kalan çalışanlarda ciddi reaksiyonlara neden olabilecek katkı maddeleri de içerebilir. Tüm destek sıvıları platformlarda, merdivenlerde ve çalışma alanlarında kayma riski oluşturabilir. Bu, özellikle bazı polimer sıvılar için de geçerlidir.

Bentonit

Bentonit solunumu tahriş edicidir ve karıştırma işlemleri sırasında çalışanlara P-100 partikül filtreli yarım yüz maskeleri veya N-95 kağıt filtreli maskeler takılmalıdır. Bentonit, kanserojen olarak kabul edilen düşük seviyelerde silika içerir. Bentonit, Boyut Ağırlıklı Solunabilir Kesir (SWERF) yöntemiyle belirlendiği üzere % 1 'den daha az solunabilir kristal silika (RCS) içerir. Bentonitin tehlikeli olarak sınıflandırılması için yüzde 10 kristal silikayı geçmesi gerekir. Bentonitin ciltle temasıyla ilgili önemli güvenlik endişeleri yoktur. Bentonit sıvılarında kullanılan ana katkıları ve ilgili güvenlik hususları aşağıda özetlenmiştir.

Soda Külü (Sodyum Karbonat)

- Cilt tahrişi yapabilir
- Solunması sorun teşkil etmez
- Acil göz yıkama mümkün kılınmalıdır.

Sodyum bikarbonat

- Acil göz yıkama mümkün kılınmalıdır.
- Solunabilme sınırı: 15 mg/m³

Sodyum Asit Pirofosfat (SAPP) – nadiren kullanılır

- Gözleri, cildi ve solunum sistemini tahriş edici özelliklere sahiptir.
- Solumaya karşı önlem alınmalıdır.
- Uzun kollu üst, eldiven ve gözlük gereklidir.

Polimer

Polimer solunumu tahriş edicidir ve karıştırma işlemleri sırasında çalışanlara P-100 partikül filtreli yarım yüz maskeleri veya N-95 kağıt filtreli maskeler takılmalıdır. Viskoziteyi artırmak için tek kova ile polimer eklerken çalışanlar da bu solunum cihazlarını takmalıdır. Bir polimer sıvısı için, bu çözeltiler için gereken yüksek pH'ın korunması önemli bir güvenlik sorunudur. pH'ı ayarlamak için kullanılan ana polimer katkıları, pH'ı düşürmek için hidroklorik (muriatik) asit ve pH'ı yükseltmek için yüzde 50 kostik sıvılardan oluşur. Bu iki karışım, tipik olarak 20 lt 'lik [5

galonluk] sıvı kaplarından içerikleri dağıtan bir çalışan tarafından sıvı karışımına manuel olarak iletilir. Bu dağıtım yönteminin, dikkate alınması gereken güvenlikle ilgili birkaç sorunu vardır. Her iki kimyasalın da cilde doğrudan maruz kalması ciddi kimyasal yanıklara neden olur:

- Güvenlik duşları/göz yıkama istasyonları hazır olmalıdır
- İlk Yardım tedavisi olarak on beş dakikalık seyreltme gereklidir
- Bu kimyasalların kullanımında vücudun gövde ve uzuvlarını kapatan geçirimsiz giysiler giyilmeli, kimyasallara dayanıklı eldiven, kimyasal gözlük ve yüz siperi kullanılmalıdır.

Polimer viskozitesini kırmak için başka bir karışım, sodyum hipoklorit veya ağartıcı kullanılabilir. Bu kimyasal, kimyasal yanıklara neden olabilen bir cilt tahriş edicidir ve yukarıda ayrıntıları verilen kişisel koruyucu ekipmanın aynısını gerektirir. İş sahalarında güvenlik duşlarının olması gerekliliği sorunlu olabilir. Pek çok şantiye, güvenlik duşlarını desteklemek için hiçbir altyapıya sahip olmayan sıfırdan alandır. Portatif göz yıkama/güvenlik duşu sistemleri satın alınabilir veya kiralanabilir ancak bunların yeterli şekilde bakımının yapılması gerekir ve tipik olarak tek kullanımlık sistemlerdir. İş sahalarında güvenlik duşlarının kullanımıyla ilgili bazı özel güvenlik hususları şunları içerir:

- Çoklu pozlama olduğunda ne olur?
- Güvenlik duşu bittiğinde, ne kadar çabuk tazelenebilirler?
- Göz yıkama/güvenlik duşu teknesindeki su ılık tutulmalıdır. Bir şantiyede bulunması zor olabilecek şekilde, doğrudan güneş altında olmamalıdır. Kış aylarında havza donabilir ve potansiyel hipotermi sorunları göz önünde bulundurulmalıdır.

Özet

Destek sıvılarının karıştırılması ve kullanılması sırasındaki sağlık tehlikeleri, kimyasal maddelerin solunmasından ve kimyasal dökülmelerden kaynaklanır. Herhangi bir maruz kalma durumunda, tehlikenin yoğunluğunu azaltmak için anında müdahale sağlayan İlk Yardım karşı önlemleri mevcut olmalıdır. Bu tehlikelerin bildirimleri, işverenin HAZCOM/Sağlık ve Güvenlik Politikaları, Tedarikçi Veri Sayfalarına dahil edilmelidir. Denetçiler ayrıca emniyet riskleri ile ilgili olarak tam

olarak eğitilmiş olmalıdır. İlk Yardım karşı önlemlerini içeren lojistik, destek sıvısı karıştırma ve kullanımını içeren görev faaliyetlerine başlamadan önce yerinde ve bir maruz kalma konumuna uygun olmalıdır.

6. BÖLÜM / TAM ÖLÇEKLİ TESTLER

Herhangi bir derin temel elemanın inşaat kalitesi hakkında önemli bilgiler edinmenin ve böylece işlerin başarısını sağlamanın yolu, bir veya daha fazla tam ölçekli deney gerçekleştirmektir. Bunlar sözleşmesinde belirlenen kazık testlerinin yapılması ile gerçekleştirilir.

Örnek olarak;

- Deneme kazık yükü testleri – çeper sürtünme ve uç direncini değerlendirmek bkz. Bölüm 5.3),
- Tamamlanmış panelleri ve stop-end'i ortaya çıkarmak için kazılar- bentonit keki kalınlığını ve beton kusurlarını değerlendirmek (bkz. EFFC/DFI Tremi Beton Kılavuzu Ek D),
- Kazık/panel düşeyliği değerlendirmek,
- Taban temizliğini, tremi betonlama işleminin başlamasını ve yoğunluk profillerini kaydederek arayüz tabakasının gelişimini değerlendirmek için testler de yapılabilir. Betonlama zemin yüzeyine yapıldığında, arayüz tabakası zemin seviyesinde örneklenebilir. En fazla faydayı elde etmek için test elemanları, kalıcı işler için önerilenle aynı kurulum teknikleri, ekipman ve malzemeler kullanılarak inşa edilmelidir. Tam ölçekli denemelerde tespit edilen problemler daha sonra kalıcı işler inşa edilmeden önce ele alınabilir. Ayrıca, inşaat sürecini iyileştirmek ve uygunluğunu geliştirmek için fırsatlar sunarlar. Seçilen destek sıvısının uygunluğu ve performansı, böyle bir testin yalnızca bir parçasını oluşturacaktır. Test çalışmalarının amacı ve kapsamı, projenin büyüklüğü, karmaşıklığı ve riskleri ile orantılı olmalıdır. Destek sıvılarına özel referansla, yapılan testler aşağıdaki kilit alanlar konusunda bilgi vermelidir:

A) Tasarım – Geçici İşler

- Kazı aşaması sırasında kazığin/panelin stabilitesi
- Panelden/kazıktan sıvı kaybı
- Kazık/panel kazısı sırasındaki zemin hareketleri

B) Tasarım – Kalıcı İşler

- Beton/zemin etkileşimi üzerindeki etkisi de dahil olmak üzere bentonit keki boyutu ve kalınlığı (ayrıca laboratuvar testi gerektirebilir)
- Donatı yapışma koşulları

C) Kalite Kontrol

- Kazı/delgi ve beton dökümü sırasında destek sıvısının ve yer hareketlerinin kararlılığı
- Destek sıvısı örnekleme ve test rejiminin uygunluğu
- Destek sıvısı uygunluk testi parametrelerinin teyidi
- Mevcut su kaynağının uygunluğu
- İmha amacıyla kullanılan destek sıvısının parametreleri
- Arayüz tabakasının değerlendirilmesi ve kontrolü, (destek sıvısı/beton sınır bölgesi)
- Yüklenicinin genel deneyimi ve kapasitesi
- Sahaya özgü zemin koşullarındaki deneyim
- Tamamlanan işin kalitesi

Testlerde kullanılacak olan destek sıvısı, asıl işte kullanılacak olan ile aynı olmalıdır. Denemede taze akışkan kullanılacağından, taze akışkanın kazı malzemesi ile yüklenmesi ve bu şekilde kullanılması işin yapılması sırasında kullanılacak destek sıvısını temsil ettiği için önemlidir ve denenmelidir. Bütçe ve/veya zaman kısıtlamaları bu tür tam ölçekli testlere izin vermediğinde, en azından uzman malzeme tedarikçisi ile yakın iş birliği içinde yerinde destek sıvısı deneme testi yapılması önerilir.

7. BÖLÜM / KALİTE KONTROLÜ

7.1 İnşaat Sırasında

Temel inşaatı sırasında, yüklenicinin kalite güvencesi ve kontrolü için belirtilen standartlara uyması esastır. İnşaat sırasında uygulanan destek sıvısı kalite kontrol konuları Bölüm 8 'de listelenmiştir. İnşaat sırasında kayıtların iyi tutulması çok önemlidir. Bu, herhangi bir kusur varsa, inşaat sonrası incelemede yardımcı olacaktır. Bu kayıtlar, eksikliklerin nedenlerinin belirlenmesine yardımcı olur ve iş sırasında inşaat süreçlerinde müteakip iyileştirmeler yapılmasını sağlar. Bu nedenle, Bölüm 6 'da önerilen testler, tamamlanan işlerin kalitesini artırmak için önemlidir.

7.2 İnşaat Sonrasında

Kazı sırasında destek sıvısının kullanımı ve sonrası tremi ile betonlama işlemleri yakından bağlantılıdır. EFFC/DFI Tremi Beton Kılavuzunun 8. Bölümü, tamamlanan işin kalite kontrolü için bir çerçeve ortaya koymaktadır. Bütünlük test yöntemleri hakkında genel bir özet, EFFC/DFI Tremi Beton Kılavuzu Ek C'de verilmiştir. Aşağıda üç kusur kategorisi tanımlanmıştır ve EFFC/DFI Tremi Beton Kılavuzu Ek D'de tartışılmıştır:

- Kalıntılar
- Kanallaşma
- Donatıların açığa çıkması

Kanallaşma ve donatıların açığa çıkması gibi hatalar genellikle betonun stabilitesi, işlenebilirliği ve donatı ile ilişkilendirilir. Ancak, tamamlanmış derin temel elemanlarında karşılaşılan kalıntılar, destek sıvısının zayıf performansı ile ilişkilendirilebilir.

Gelecek Gelişmeler

Destek sıvısı yoğunluk profili, kum ve kil içeriğini değerlendirmek için önemli olabilir. Yüksek kum içerikleri, Bölüm 3 ve 5.3 'te tartışıldığı gibi kalın bentonit keklerinin oluşumuna yol açabilir. Şu anda, bu değerlendirme yalnızca ara sıra bir örnekleyici kullanılarak gerçekleştirilir. Bir kova veya numune alıcıya monte edilebilen doğru elektriksel yoğunluk profilleyicilerin geliştirilmesi, kazı sırasında gerçek zamanlı yoğunluk profilinin değerlendirilmesine yardımcı olacaktır.

8. BÖLÜM / KABUL DEĞERLERİ

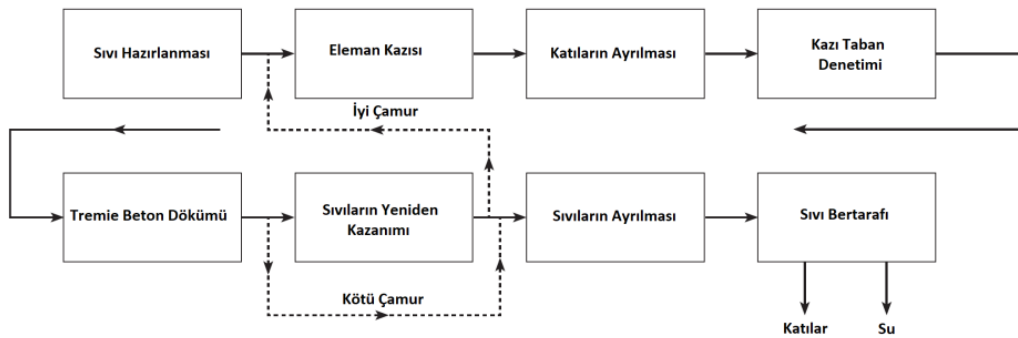
8.1 Giriş

Herhangi bir proje için uygun destek sıvısı, önce kazı stabilizasyon performansı (akışkan reolojisi), işletme verimliliği ve ardından kaynakların mevcudiyeti ve önceki deneyimlere dayalı olarak seçilecektir.

Uygulama sırasında, reoloji veya kimya gibi bir destek sıvısını karakterize eden özellikler şunlardan etkilenir:

- Zemin koşulları ve çevresel hususlar,
- İnşa edilen temel sisteminin türü,
- Önerilen inşaat yöntemi,
- Temel inşaat döngüsü,

Açıklanan standart testlerle tanımlanan bu özellikler, derin temel öğenin nihai sonuçlarını ve sonuçlarını sağlamak için kabul edilebilir değerlere uygun olmalıdır.



Şekil 8.1 Destek sıvıları için inşaat sürecindeki akış

Çizelge 8.1 İnşaat aşamaları

AŞAMA	FAALİYET	TANIM	DESTEK SIVISI TESTİ
1	Sıvı hazırlanması	Yeni sıvı karıştırılması	pH, viskozite, yoğunluk, filtre kaybı
2	Eleman kazısı	Kazının stabilitesi	Yoğunluk, filtre kaybı
3	Katıların ayrımı	Mekanik, kimyasal ya da yerçekimi ile ayırım	pH, viskozite, yoğunluk, kum içeriği, silt içeriği
4	Kazı tabanı gözlemi	Donatı yerleşimi sonrası denetim	Kum & silt içeriği, filtre keki
5	Tremi beton dökümü	Beton dökümünden kaynaklanan sıvı geri dönüşü	Çimento kontaminasyonu kontrolü
6	Sıvıların yeniden kazanımı	Mekanik, kimyasal ya da yerçekimi ile ayırım	pH, viskozite, yoğunluk, kum içeriği, silt içeriği
7	Sıvıların ayrımı	Atık sıvı ayrımı	Kum & silt içeriği, viskozite
8	Sıvı bertarafı	Atık sıvı & katı imhası	pH, kum & silt içeriği, oksijen ihtiyacı

Destek sıvıları normalde bir fore kazık ya da diyafram duvar elemanından diğerine tekrar kullanılır ve iş sırasında çok sayıda değişikliğe tabi tutulduktan sonra bir geri dönüşüm/yenilenme sürecinden geçer. Her yeni döngüye başlamanın ilk gereksinimi, belirtilen kabul değerlerine uygun özelliklere sahip bir destek sıvısı bulundurmadır. Belirtilen özellikler elde edilemediğinde sıvı atılmalıdır.

Aşama 1: Taze Destek Sıvısının Karıştırılması

Bölüm 5.1 'de ele alınmıştır. Destek sıvısının ilk özelliklerini iyileştirmek için bazen bu aşamada katkı maddeleri eklenir. Karışım suyu test edilmelidir.

Aşama 2: Kazı Destek Sıvısı

Zeminle temas ettiğinde, destek sıvısı, birçok etkiye maruz kalır. Bu etkilerin, destek sıvısının özellikleri, kazı stabilitesi ve mekanik yük kapasiteleri üzerinde büyük rolü vardır.

Aşama 3: Sıvı Temizleme

Tamamlanan temel elemanın kalitesi, beton dökülmeden önce destek sıvısının temizliğine büyük ölçüde bağlıdır. Mineral sıvılar, muhtemelen kimyasal katkı maddelerinin yardımıyla, iyi bilinen mekanik yollarla temizlenir. "Kum ayrıştırma" ve "kum ayrıştırıcılar" jenerik terimleri daha çok "katı ayırma" ve "katı ayırma tesisleri" olarak kullanılır. İnce tanelerin çıkarılması hidrosiklonların ve santrifüjlerin siltten arındırılmasını içerebilir. Kumun çıkarılması işlemin kolay kısmıdır, askıdaki ince danelilerin çıkarılması daha zahmetlidir. Polimer bazlı destek sıvılarından katıların ayrılması daha kolaydır, çünkü jel gücünün olmaması katıların hızlı ayrışmasına izin verir, ancak yüksek viskoziteli sıvılarda askıda kalan ince taneler çok daha uzun bir çökme hızına sahiptir. Kazı sırasında ve sonrasında süreci hızlandırmak için katkılar veya diğer katyonik katkı maddeleri gibi çeşitli katkı maddeleri kullanılır. Gerekli oturma süresinin inşaat sürecini geciktireceği derin kazılarda, sıvı sütununun kısmen veya tamamen değiştirilmesi (ikame edilmesi) genellikle daha hızlı bir seçenek olabilir. "İkiz sıvı" sisteminin kullanıldığı durumlarda (kazı sıvısı ve betonlama sıvısı), betonlama sıvısı kadar kazı sıvısının özelliklerini kontrol etmek de aynı derecede önemlidir. Kazı/delgi destek sıvısı, bentonit kekinin kalınlığını büyük ölçüde etkileyebilir.

4. Aşama: Donatı Yerleştirme Sonrası İnceleme

Temizlenmiş bir kazıda bile donatı kafesinin yerleştirilmesinin ardından kazının dibinde istenmeyen birikintileri görülebilir. Bunun birden çok nedeni vardır: zayıf kaldırma nedeniyle kafesin hafifçe düşeyden sapması, kazı tam olarak düşey olmasa da tolerans dahilindeki kafesin kazının bir tarafında hareket etmeye zorlamak vb. bunlardan bir kaçıdır. Kazının dibinde bu birikintilerin birikme miktarının, herhangi bir ek temizlik önleminin gerekip gerekmediğine karar vermek için ölçüm ve derin numune alma yoluyla belirlenmesi gerekir. Az miktarda malzeme, tremi borusundan pompalanarak veya bir hava asansörü kullanılarak çıkarılabilir. Bu analizde, temizlik sonundaki kazı derinliği ile inşaat demiri kafesi yerleştirme sonundaki kazı derinliğini karşılaştıran derinlik ölçümünün doğruluğu çok önemlidir. Ayrıca, kafesin

yerleştirilmesi ile tremi betonunun dökülmesinin başlaması arasında herhangi bir gecikme söz konusu ise, tabanda olası çökelmeyi değerlendirmek için ikinci bir kazı dip temizliği gereklidir. Bu, özellikle polimer destek sıvıları kullanıldığında önemlidir.

Aşama 5: Beton Dökümünden Destek Sıvısının Geri Döngüsü

Tremi betonu tarafından yeri değiştirilen destek sıvısı, Aşama 3 'teki temizlikten oldukça farklı olabilecek bir durumda depolama alanına geri gönderilir. Bentonit bazlı sıvılar için, çimento kirliliği zararlı olacaktır. Viskozite ve filtrasyon özellikleri üzerindeki etki ve destek sıvısı ile beton arasındaki karışım, normal olarak, dökümün sonuna yakın yer değiştiren bentonitin atığa gönderilmesini gerektirecektir. Polimer sıvısı söz konusu olduğunda, kolonun silt yüklü alt kısmı, çökelmiş siltin kolayca çıkarılabileceği özel bir çökeltme tankına yönlendirilir. Ağır çimento kirliliği, polimer sıvısını bozabilecek yüksek pH değerlerine yol açar.

Aşama 6: Destek Sıvısının Yenilenmesi

Destek sıvısının yenilenmesinin amacı, yapım döngüsünü birkaç kez tekrarlamak ve sıvının gereksiz yere atılmasını önlemek için onu taze bir destek sıvısı durumuna mümkün olduğunca yakın hale getirmektir. Bentonite veya polimer sıvılara özgü çeşitli teknikler uygulanmaktadır. Pozitif bir ekonomik sonuç elde etmek için sıvıyı yenileme maliyeti ile bertaraf etme maliyeti arasında sabit bir denge kurulmalıdır.

Aşama 7: Atık Sıvı Yok Etme İşlemi

Ya tekrar kullanım imkansız hale geldiğinde ya da temel inşaat projesinin sonunda, destek sıvılarının, ilgili tüm çevresel düzenlemelere uyularak bileşenlerin ekonomik bir şekilde yok edilmesini sağlamak için işlenmesi gerekir.

Polimer destek sıvıları, uzun zincirleri oluşturan halkaları kıran ve viskoziteyi suyunkine yakın bir seviyeye indiren ve böylece askıdaki tüm ince tanelerin hızlı bir şekilde yerleşmesini sağlayan güçlü oksitleyiciler kullanılarak yok edilmek üzere hazırlanabilir. Uygun koordinasyonla yerel su arıtma tesisleri, pH seviyelerinin düzeltilmesi ve sakıncalı çözülmüş katkı maddelerinin bulunmaması koşuluyla artık polimer sıvısını kabul eder. Bu işlem, polimerin parçalanması için zaman tanımak üzere büyük depolama kapasiteleri gerektirebilir.

Aşama 8: Tesis Dışı Bertaraf

Bentonit sıvısının susuzlaştırılmasından veya polimer sıvısının parçalanmasından kaynaklanan atık su, genellikle yerel su arıtma tesisi yetkililerinin onayından sonra kabul edilmektedir. Kirlenmeyen katı maddeler zemin gibi işlenir ve düzenli depolama alanlarına atılır veya yeniden kullanılır. Katılar çimentolu bir bağlayıcı ile katılaştırıldığında, Yerel Yönetim gerekliliklerini yerine getirmek için bir saha dışı imha izni gerekebilir.

8.2 Test Yapılma Sıklığı

Uygunluk değerlendirmesi, belirtilen tüm gerekliliklere ulaşıldığından emin olmak için her üretim aşaması boyunca destek sıvısının sistematik olarak incelenmesidir. Çizelge 8.2 ve 8.3 bentonit ve polimer sıvıları için her bir aşama için tavsiye edilen sıklıkta test yöntemlerini vermektedir. Tablolarda verilen frekanslar minimum değerler olarak alınmalıdır. Eğilimleri belirlemek için işin başlangıcında daha sık testler yapılması gerekir. Sonuçlardaki önemli farklılıklar, normal olarak daha sık test yapılmasını da gerektirecektir.

Çizelge 8.2 Mineral, doğal polimer ve modifiye doğal polimer destek sıvıları için uygulanabilir testler ve minimum sıklık

TEST	TEST METODU	S1 TAZE SIVI	S2 KAZI SIVISI	S3 BETONLAMA ÖNCESİ	S5 & S6 YENİDEN KULLANIM İÇİN SIVI
Sıklık		Günlük	Her eleman için bir kez	Dökümden önce	Günlük
Viskozite	Marsh hunisi	Z	Ö	Z	Z
Yoğunluk	Çamur denge aleti	Z	Ö	Z	Z
Kum içeriği	Kum tespit kiti	X	Ö	Z	Ö
pH	pH turnusol kağıdı	Z	Ö	Z	Ö
Filtre kaybı	API filtre presi	Z	Ö	Z	Z
Bentonit keki kalınlığı	API filtre presi	Z	Ö	Z	Z
Silt içeriği	Hesaplama	X	X	İ	İ
Jel dayanımı	Fann Viskometre	İ	X	İ	İ

(İ: isteğe göre, Ö: önerilen, Z: zorunlu, X: uygulanamaz)

Çizelge 8.2, modifiye edilmiş doğal polimer kullanan hidrofreze cutter operasyonları için de geçerlidir. Bu durumda, filtre kaybı ve bentonit keki kalınlığı, o anda süspansiyon halinde partikül bulunmadığından, taze sıvılar için geçerli değildir.

Çizelge 8.3 Sentetik polimer destek sıvıları için uygulanabilir testler ve minimum sıklık (hidrofreze cutter hariç)

TEST	TEST METODU	S1 TAZE SIVI	S2 KAZI SIVISI	S3 BETONLAMA ÖNCESİ	S5 & S6 YENİDEN KULLANIM İÇİN SIVI
Sıklık		Günlük	Her eleman için bir kez	Dökümden önce	Günlük
Viskozite	Marsh hunisi	Z	Ö	Z	Z
Yoğunluk	Çamur denge aleti	Z	Ö	Z	Ö
Kum içeriği	Kum tespit kiti	X	Ö	Z	Ö
pH	pH turnusol kağıdı	Z	Ö	Ö	Z
Filtre kaybı	API filtre presi	X	X	X	X
Filtre keki kalınlığı	API filtre presi	X	X	X	X
Silt içeriği	Hesaplama	X	X	İ	İ

(İ: isteğe göre, Ö: önerilen, Z: zorunlu, X: uygulanamaz)

Karışım suyunun, teknik şartlara uygun özelliklere sahip taze bir karışım üretmek ve seçilen malzemelerle uygunluğunu sağlamak için projeye başlamadan önce test edilmesi ve kontrol edilmesi gerekir. Tipik olarak, karıştırma suyunun pH, elektrik iletkenliği, kalsiyum, magnezyum ve klor açısından test edilmesi önerilir.

8.3 Mevcut Standartlar

Atlantik'in her iki yakasında, altyapı inşaatı ile ilgili devlet kurumları ve özel meslek kuruluşları standartların oluşturulmasına katkıda bulunmuştur. Birleşik standartlara duyulan ihtiyaç açıktır, ancak çeşitli sözleşme ve satın alma durumları da dahil olmak üzere çeşitli farklılıklar göz önüne alındığında, başarılması oldukça zordur. Standartlar derken, bir destek sıvısının doğasını ve özelliklerini karakterize eden bir dizi ölçülebilir özelliği kastediyoruz. Bu özellikler, bu Kılavuzun 8.2 Bölümünde

açıklanmıştır. Ölçülebilir özelliklerin tümü mevcut standartlara dahil edilmemiştir, çünkü bunlar, şu anda çoğu standardın dışında bırakılan akma gerilimi, jel kuvveti ve silt içeriği gibi ölçülebilir özelliklerin kapsamlı bir listesinden çok, büyük ölçüde bir uygulama durumunu temsil etmektedir. Bazı mevcut standartlarda kullanılan kabul değerlerinin bir özeti, bentonit için Çizelge 8.4 'de ve polimer için Çizelge 8.5 'de verilmiştir.

Çizelge 8.4 Mineral, karışımı, doğal polimer ve modifiye doğal polimer destek sıvılarının güncel kabul değerleri

ÖZELLİKLER	VİSKO ZİTE	KESME KUVETİ	YOĞUNLUK	SIVI KAYBI	KEK	pH	KUM İÇERİĞİ
	s/qt	N/m ²	g/ml	ml/30dk.	mm/30dk.		%
YENİ KARIŞTIRILMIŞ							
EN1536/1538	32-50		<1.1	<30	< 3	7-11	
ICE SPERW	30-50	4-40	<1.05	<30	< 3	7.5-11	
ACI 336.1	26-50						
FPS	32-50		1.1	<30		7-11	
FHWA/AASHTO	28-50		1.03-1.15			8-11	
DFI Kılavuzu	>32		>1.03	<25		7-11.5	
Caltrans	28-50		1.03-1.11			8-10.5	
YENİDEN KULLANIMA HAZIR							
EN1536/1538	32-60		<1.25	<50	<6	7-12	
ICE SPERW	30-60	4-40	>1.08	<50	<6	7.5-12	
ACI 336.1							
FPS	32-60		1.25	<50		7-12	
FHWA/AASHTO	28-50		1.03-1.15			8-11	
DFI Kılavuzu							
Caltrans	28-50		1.03-1.11			8-10.5	
KAZI SIRASINDA							
EN1536/1538							
ICE SPERW			<1.35		<15	7.5-12	
ACI 336.1						7-12	
FPS							
FHWA/AASHTO	28-50		1.03-1.15			8-11	
DFI Kılavuzu	<50		<1.12				
Caltrans	28-50		1.03-1.11			8-10.5	
BETONLAMA ÖNCESİ							
EN1536/1538	32-50		<1.15*				
ICE SPERW	30-50	4-40	<1.10		< 3	7.5 - 12	< 2**
ACI 336.1			≤1.36 / ≤1.12				<20 /

							≤4
FPS	32-50		< 1.15				≤4
FHWA/AASHTO	28-50		1.03 – 1.15			8-11	≤4
TO							
DFI Kılavuzu	<50		<1.12				≤5
Caltrans	28-50		1.03 – 1.11			8-10.5	<4

* Tuzlu su veya yumuşak zeminde yoğunluk 1.2 kabul edilebilir; donatısız betonda kum içeriğinin %6 'sı

** Taban temizliği ve uç taşıma performansının kritik olmadığı durumlarda %4 kum içeriğine izin verilir.

Çizelge 8.5 Sentetik polimer destek sıvıları için akım kabul değerleri (hidrofreze cutter hariç)

ÖZELLİKLER	VİSKOZİTE	KESME KUVETİ	YOĞUNLUK	SIVI KAYBI	BENTONİT KEKİ	pH	KUM İÇERİĞİ
	s/qt	N/m ²	g/ml	ml/30dk.	mm/30dk.		%
YENİ KARİŞTİRİLMİŞ							
EN1536/1538							
ICE SPERW	>90		1.01		*	9-11	0
ACI 336.1	40-90						
FPS							
FHWA/AASHTO	32-135		≤1.03			8-11.5	
DFI Kılavuzu	40-90		≤1.03				
Caltrans							
YENİDEN KULLANIMA HAZIR							
EN1536/1538							
ICE SPERW	60-120		<1.02		*	9-11.5	<2
ACI 336.1							
FPS							
FHWA/AASHTO	32-135		≤1.03			8-11.5	
DFI Kılavuzu	40-90						
Caltrans							
KAZI SIRASINDA							
EN1536/1538							
ICE SPERW	60-120		<1.05		*	9-11.5	<5
ACI 336.1						7-12	
FPS							
FHWA/AASHTO	32-135		≤ 1.03			8-11.5	
DFI Kılavuzu	40-90						
Caltrans							
BETONLAMA ÖNCESİ							
EN1536/1538							
ICE SPERW	90-120		<1.02		*	9-11.5	< 1
ACI 336.1			≤1.03 /				≤1 / <1

			≤ 1.03				
FPS							
FHWA/AASHTO	32-135		≤ 1.03			8-11.5	≤ 1
DFI Kılavuzu	40-90		≤ 1.03				≤ 1
Caltrans							< 2

Saha Araştırması Çalışması, pratikliklerini ve yararlılıklarını belirlemek amacıyla, aşağıdakilerden bazıları da dahil olmak üzere bir dizi standart dışı test gerçekleştirilebilir:

- Silt İçeriği: silt içeriğinin şu anda standart bir testi olmamasına rağmen, silt çeşitli inşaat kusurlarının nedeni olabilir. Halen, silt içeriği, yoğunluk ölçümü yoluyla dolaylı olarak ölçülmektedir. Kalibrasyonların üretilmesi için daha fazla çalışma gerekmesine rağmen, bir krank santrifüjü kullanılarak doğrudan ölçüm mümkün olabilir.
- Bentonit içeriği: filtre kaybı düşük kaldığı sürece bu normalde bir sorun değildir, ancak toplu karışım kalibrasyonunu doğrulamak için yararlı olabilir
- Polimer içeriği (özellikle daha yüksek yoğunluklara izin verildiğinde sıvı davranışındaki değişiklikleri analiz etmek önemlidir)
- Akma gerilimi (esas olarak mineral sıvılar için)
- Özdirenç (çoğu destek sıvısını etkileyebilecek elektrolitlerin varlığını saptar)
- Betonlama sırasında bentonit sıvısının çimento kirliliği (artan pH en kolay göstergedir)
- Kalıntı klor (yalnızca polimer): birçok kentsel dağıtım sisteminde kalan klor (oksidleyici) polimerin bir kısmını yok edebilir. Polimer tedarikçileri, ürünleriyle kullanım için klor içeriği limitleri sağlamalıdır. Bu, bentonit genişletici polimerler için de geçerli olabilir.
- 10 psi'de filtre kaybı: 100 psi'de API standart filtre testi, temel çalışması için gerçekçi olmayan yaklaşık 70 m [230 ft] su hidrostatik yük farkını temsil eder ve yalnızca bir bentonit kalite kontrol testi olarak görülmelidir. 10 psi basınç, çoğu temel durumunu kapsayan 7 m [23 ft] diferansiyel yüksekliği temsil eder. Bu basınçta, saf polimer sıvılar filtrasyon için test edilebilir, ancak temiz PHPA'lar yine de yüksek sonuçlar verecektir.

8.4 Gelecek İçin Yol Haritası

Mevcut standart testler genellikle derin temellerde kullanılabilen tüm sıvı türlerini kapsamaz. Her bir standart testin değeri, diğer değerlerle ilişkili olarak alınmadığı takdirde çok az bilgi verir ve değerlerin yapım aşamaları boyunca değişimi, tek bir değerden daha önemlidir. Test değerlerinin neden geliştiğini belirlemek, bireysel sonuçlar kadar önemlidir. Bu, daha fazla operasyonel eğitim ve/veya deneyimli mühendislerden girdi gerektirebilir. Çamur dengesi, yoğunluğu ölçmek için standart test olarak verilirken, testin doğruluğu polimerler (ve taze bentonit sıvıları) ile değerli olacak kadar yüksek değildir. Bir Marsh Hunisi kullanılarak viskozite ölçümlerinden önce mineral sıvıların çalkalanması nadiren belirtilir. Tüm sonuçların kapsamlı bir şekilde gözden geçirilmesi, tüm sıvıların yönetimi için hala kritik olmasına rağmen, aşağıda gösterildiği gibi test değerlerinin önem sırasına ilişkin şu anda herhangi bir kılavuz verilmemiştir:

- Yoğunluk (kazı stabilitesini etkiler)
- Filtre kaybı (zemin/kazı stabilitesindeki düşüşü azaltır)
- Bentonit keki kalınlığı (örtü kaybı, yüzey direnci ve ara yüz elemanı)
- Kum içeriği (filtre kalınlığı)
- Silt içeriği (özellikle polimer sıvılarda kum içeriği kadar önemli olabilir, ancak şu anda Standart Bir Test Yoktur)
- pH (Yararlı Bir Gösterge Ancak Kontrol Eden Bir Parametre Değil)

Görev Grubu, dünyanın dört bir yanından mevcut standartları ve uygulamaları gözden geçirmek için bir Saha Araştırması Çalışması yürütmek için sponsorluk desteği almıştır. Ek olarak, hem Avrupa hem de Kuzey Amerika'daki mevcut uygulamanın ne olduğunu değerlendirmek için sahalar ziyaret edilecektir. Saha ziyaretleri sırasında standart olmayan ek testler de yapılacaktır (örneğin, arayüz katmanının bileşimi ve özellikleri). Akışkan parametrelerinin beton akışı üzerindeki etkisini belirlemek için laboratuvar testlerinin yapılmasını da gerektirebilir.

Bu çalışmanın 2019 'dan başlayarak yaklaşık iki yıl sürmesi planlanmaktadır. Daha sonra bu Kılavuzun 2. Baskısı planlanmaktadır ve bu, derin temellerin inşasında yaygın olarak kullanılan sıvı türleri için tavsiyeler ve daha fazla rehberlik içerecektir.

A. EK-A / KAZI STABİLİTESİ

A.1 Yenilme Mekanizması

Açık kazılar için üç ana yenilme mekanizması vardır:

1. Mekanizma: Yeraltı Suyunun Kazıya Doğru Akması Nedeniyle Hidrolik Yenilme

Yeraltı suyu basıncı kazı içindeki destekleyici sıvı basıncını aşarsa, ortaya çıkan hidrolik kuvvet denge bozucu olacaktır ve hidrolik yenilme çok muhtemeldir. Kritik durumlar şunlar olabilir:

- Yüksek yeraltı suyu seviyesine sahip sınırlı bir akiferle karşılaşılması,
- Düşük ağırlıklı çamur (örn. tatlı su ile karıştırılmış ve önemli miktarda ince dane içermeyen polimer sıvısı) ile birlikte tuzlu yeraltı suyu (yüksek özgül ağırlığa sahip)
- İnce daneli zeminlerde veya yeraltı suyu basıncının hızla artacağı önceden bilinen kum veya çakıl daneleri içeren panellerle çevrili zeminlerde,
- Ekipman çok hızlı geri çekilirse veya uygun şekilde tasarlanmamışsa (geçiş kanalı çok küçük) piston etkisi nedeniyle çamur basıncı kaybı
- Bir kompresör kullanıldığında, kazının tabanına hava kabarcıklarının eklenmesi, destek sıvısının birim ağırlığını etkili bir şekilde azaltabilir

Tüm inşaat aşamalarında destek sıvısı basıncının yeraltı suyu basıncını yeterince aşması kritik öneme sahiptir.

2. Mekanizma: Kazı Duvarlarından Düşen Tek Daneler veya Küçük Dane Grupları

Kazı duvarlarındaki daneler yerinde tutulamazsa, bu durum kazının aşamalı olarak yenilmesine neden olabilir.

Daneler yatay akış kuvveti ($i \cdot \gamma \cdot F \cdot V$) tarafından duvara doğru itilir. Bu akış kuvveti, dikkate alınan danelerin “V” hacmi içindeki hidrolik gradyan “i” 'den kaynaklanan bir kütle kuvvetidir.

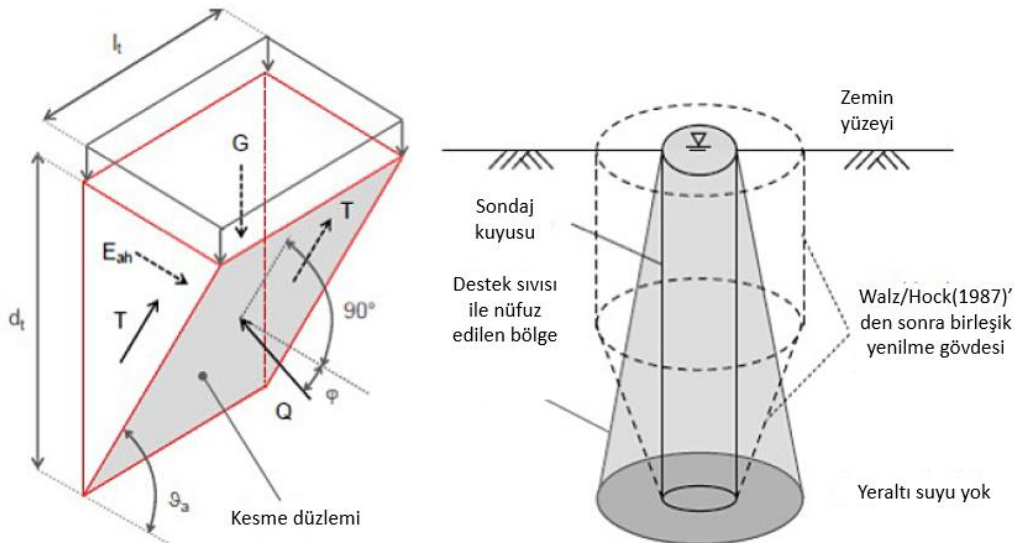
Akma dayanımına sahip bir bentonit süspansiyonu durumunda bu kütle kuvveti, penetrasyon durduktan sonra statik kesme gerilmeleri tarafından uygulanabilir. Yatay akış kuvveti, kaymayı önlemek için danelerin yerçekimi kuvvetinden (destek sıvısı altında kaldırma kuvveti özgül ağırlığı ile) daha büyük olması gereken yukarı doğru bir sürtünme kuvvetini harekete geçirir. Kazılan yüzeyde veya içinde uygun bir sızdırmazlığın sağlanması çok önemlidir.

3. Mekanizma: Kayma Düzleminde Kayan Yenilme Gövdesi

Hidrolik destek kuvveti kritik bir sınırın altına düşerse, yenilme gövdesi bir kesme düzlemi (v_a) üzerinde kayabilir.

Bu, DIN 4126 'ya göre bir yenilme gövdesi olabilir (bkz. Şekil A.1, kesme düzleminin kritik açısı “Ja”, yerçekimi kuvveti “G”, değişken yük “p”, kesme kuvveti “Q” ve yanal yüzeylerdeki kesme kuvvetleri “T”).

Koşullar karmaşıksa (örneğin eğimli zemin yüzeyi veya katmanlı zemin) diğer yenilme gövdesi geometrileri dikkate alınmalıdır. Panel kazı uzunluğu azaltıldığında (Şekil A.1'de l_1) yanal kesme kuvvetlerinin (T) etkisi ve güvenlik seviyesi artar. Dairesel bir kazı için Şekil A.1'in sağ tarafında gösterildiği gibi bir yenilme gövdesi düşünülebilir. Not: 3 boyutlu bir yenilme gövdesi modeli doğal olarak "kemerlenme etkilerini" de kapsar.



Şekil A.1 Bir hendek için kritik yenilme gövdesi örneği (solda DIN4126'dan sonra) ve dairesel bir kazı(sağda)

A.2 Hidrolik Destek Kuvvetlerine İlişkin Hususlar

Destek sıvısı, genellikle çevresindeki zemine penetrasyonundan bağımsız olan ve kazıdaki sıvı seviyesi tarafından verilen hidrostatik kuvvete eşit olan toplam bir destek kuvveti oluşturur. Bununla birlikte, bu toplam kuvvet yalnızca zemin yüzeyinde veya yakınında düşük permeabiliteli bir sızdırmazlık (membran) oluşması halinde kritik yenilme gövdesinin desteklenmesi için kullanılabilir. Bu durumda destek sıvısı maksimum stabilize edici etkisini gösterir.

Eğer böyle bir membran yoksa, destek sıvısı formasyonun içine bir dereceye kadar nüfuz edecektir. Bu durumda, destekleme kuvvetinin sadece bir kısmı ilgili yenilme gövdesi içinde aktarılır ve etkin destekleme kuvveti oluşturur. Oluşan bu kuvvet dikkate alınmalıdır.

Bentonit akışkanının maksimum penetrasyonu, akışkanın jelleşmesinin (jel mukavemeti) yardımıyla kazı akışkanındaki katı maddeler tarafından tıkanmasıyla sınırlıdır. Hidrolik gradyan bir "durgunluk gradyanına" düştüğünde, sıvı kesme mukavemeti ile gözenek kanallarında tutunabilir.

Bir polimer çamurunun maksimum penetrasyonu teorik olarak sınırlı değildir çünkü bu sıvılar tipik olarak ilgili bir akma dayanımına sahip değildir. Bununla birlikte, azalan hidrolik gradyan nedeniyle penetrasyon zamanla yavaşlayacaktır. Bu etki çoğu polimer çamurunun psödoplastik reolojisi nedeniyle daha da güçlüdür (viskozite azalan kesme hızıyla artar) ve penetrasyon oranları bazen durgun varsayılabilir kadar küçüktür. Bununla birlikte, polimer çamurları için zaman içinde destek kuvvetlerinde olası bir azalma dikkate alınmalıdır. Stabilite değerlendirmesi, kazık veya panelin tamamlanması için gereken maksimum süreye dayanmalıdır.

Penetrasyon ve bunun sonucunda ortaya çıkan destek kuvvetleri sadece reolojik akışkan özellikleri tarafından yönetilmez. Kazı işlemleri nedeniyle destek sıvısında asılı kalan veya gözenek tıkanmasına yardımcı olmak için kasıtlı olarak eklenen partiküller formasyon içinde bir bentonit keki oluşturacaktır. Bu da penetrasyon oranlarının düşmesine ve etkin destekleme kuvvetinin artmasına neden olur.

Stabilite Kontrol Yöntemleri

Kazı stabilitesini değerlendirmek için deneme kazıları, eşdeğer veya benzer koşullarda deneyim veya analitik stabilite kontrolleri uygulanabilir.

Deneme Kazıları

Deneme kazıları gerçek saha koşullarını en iyi şekilde ortaya koyar ve ilgili koşullar için deneyim yoksa şiddetle tavsiye edilir. Bununla birlikte, test sonucuna göre bir güvenlik seviyesini değerlendirmek için özel önlemler alınmalıdır (örneğin, deneme kazısında daha düşük destek sıvısı seviyesi). Ayrıca, analitik tahminler deneme için hangi çamur parametrelerinin kullanılması gerektiğine karar verilmesine yardımcı olabilir, çünkü parametre varyasyonları birkaç deneme gerektirecek ve zaman ve paraya mal olacaktır. Ayrıca, bir deneme kazısının başarısız olması kentsel alanlarda kabul edilebilir olmayabilir ve bu durumda benzer koşullarda önceki deneyimlere ve/veya ek hesaplamalara güvenilmelidir.

Eşdeğer veya Elverişsiz Koşullarda Deneyim

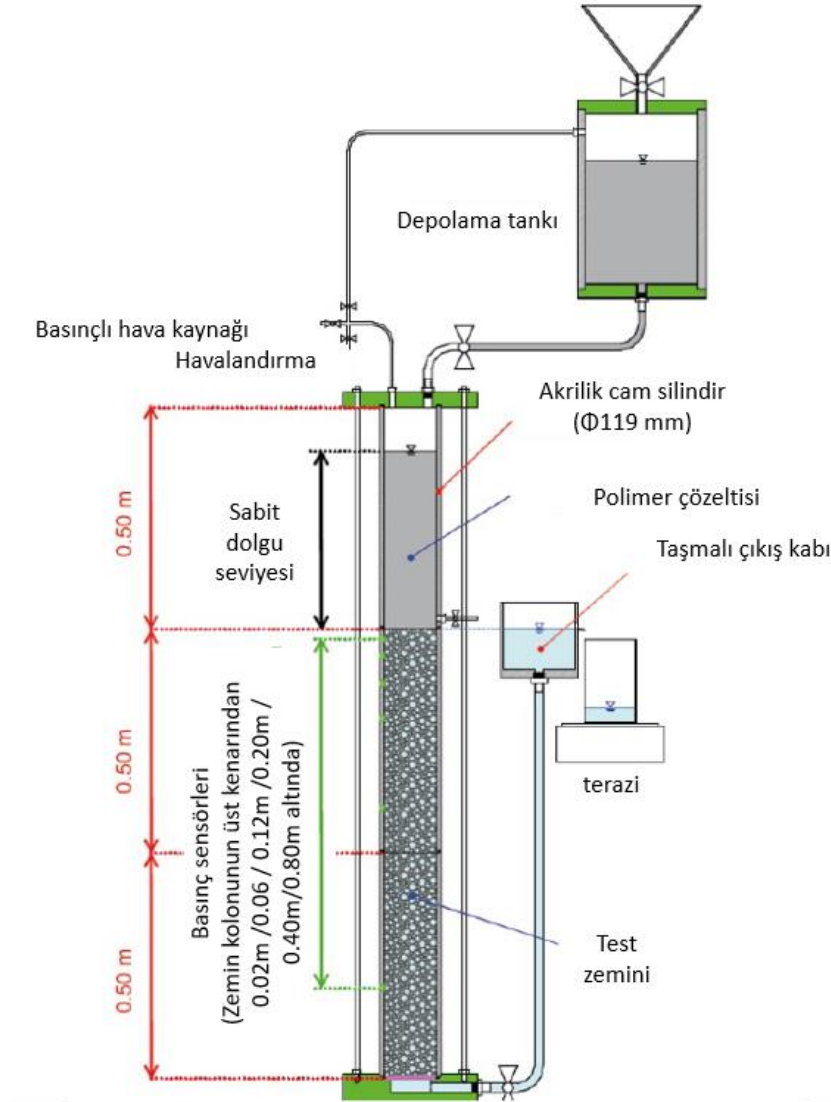
Eşdeğer veya benzer koşullardaki deneyimler, bir kazının stabilitesini değerlendirmek için hızlı ve kolay bir yöntem olabilir. Ayrıca, diğer stabilite kontrol yöntemleri kullanılsa bile, ilk değerlendirme ve akla yatkınlık kontrolleri için deneyimler her zaman dikkate alınmalıdır. Proje koşullarının karşılaştırılmasının genellikle zor olduğunu belirtmek önemlidir. Stabilite, kazının geometrisi, destek sıvısı parametreleri (örn. bileşenler, dozaj, karışım suyunun kalitesi, karıştırma tekniği), zemin özellikleri (örn. zemin tabakaları, porozite, permeabilite, kayma mukavemeti), yeraltı suyu seviyesi, dış yükler, kılavuz duvar veya muhafaza borusunun derinliği, uygulama süresi vb. gibi birçok faktörden etkilenir.

Analitik Stabilite Kontrolleri

Analitik stabilite kontrolleri, ilgili tüm etki parametrelerinin dikkate alınmasına ve yenilme mekanizmalarının tespit edilmesine, tasarımın optimize edilmesine ve farklı ürünlerin performansının objektif bir şekilde karşılaştırılmasına olanak tanır. Penetrasyon uzunluklarının, hidrolik gradyanların ve destek kuvvetlerinin hesaplanması, reolojik parametrelerin (örneğin psödoplastik reolojii tanımlamak için kuvvet kanunu parametreleri) belirlenmesini gerektirir. Bu, Şekil A.2 'de gösterilen ve penetrasyon uzunluğu boyunca hidrolik yük kaybının da ölçülmesini sağlayan akış testi ile gerçekleştirilebilir. Bir destek sıvısı için hesaplama durgunluk

gradyanı (jel gücüne sahip sıvı) kullanılarak yapılırsa benzer testler gerçekleştirilebilir.

Reolojik parametrelere dayalı olarak bir destek sıvısının zamana bağlı penetrasyonu Lesemann'a göre hesaplanabilir [2016, DOI: <http://doi.org/10.3846/13bsgc.2016.035>].



Şekil A.2 Akış testi (Lesemann, 2016)

DIN 4126'ya göre trenç stabilitesini hesaplamak için, "Trench" yazılımı GGU yazılımından temin edilebilir.

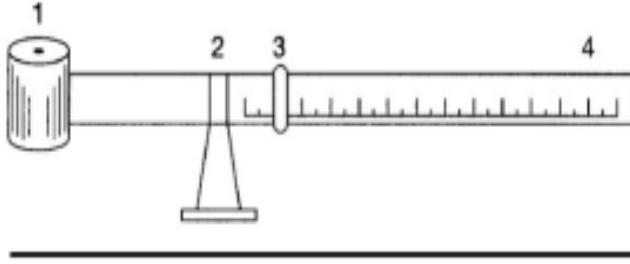
B. EK -B / DESTEK SIVISI TESTLERİ

B.1 Yoğunluk

Destek sıvıları için, yoğunluk ölçümlerinde kullanılan en yaygın alet çamur terazisidir. Alet, kayan bir karşı ağırlık ve ölçme aralığı ile donatılmış bir ölçek koluna sabit bir şekilde oturtulmuş bir kaptan oluşur (Şekil B.1). Kullanım sırasında tüm alet bir denge noktası üzerine monte edilir ve ölçme aralığı alet dengelenene kadar ayarlanır. Denge noktası yatay bir yüzeye yerleştirilmelidir. Özgül ağırlık terazi üzerindeki ölçek kolundan okunabilir. Aletin özgül ağırlık ölçeğine ek olarak başka ölçeklerinin de olabileceği, ancak bu ölçeklerin hiçbirinin inşaat mühendisliği çalışmaları için gerekli olmadığı unutulmamalıdır.

Terazi petrol endüstrisi için geliştirildiğinden, cihazın ölçüm aralığı inşaat mühendisliği çalışmaları için gerekenden daha geniştir.

Terazi, 1.0 gr/cm^3 'e eşit olması gereken su yoğunluğu ölçülerek kontrol edilebilir.



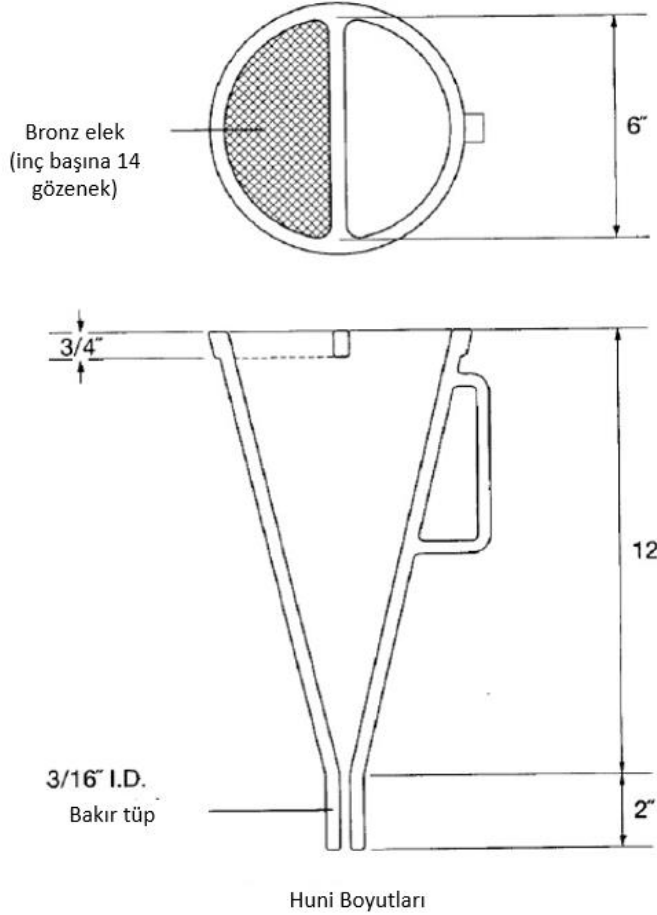
Şekil B.1 Çamur terazisinin şematik diyagramı: 1: Bulamaç kabı, 2: Dayanma denge noktası, 3: Ölçme aralığı başlığı, 4: Terazi Kolu

Birçok polimer destek sıvısının yoğunluğu suyunkine yakındır ve çamur terazisi yeterince hassas değildir. Bu nedenle, yoğunluğun hacim için kalibre edilmiş uygun bir kap ile bir terazi kullanılarak ölçülmesi önerilir (Jefferis and Lam 2017).

B.2 Marsh Viskozitesi

Marsh hunisi, destek sıvısı akış davranışının rutin değerlendirmesi için kullanılan en basit araçtır. Test prosedürü basitçe, yeni karıştırılmış bir destek sıvısının hunide çizili seviyeye kadar (1,5 litre hacim) doldurulması, ardından 946 ml (1 US kuart) destek sıvısının huniden boşalma süresinin ölçülmesi şeklindedir (Şekil B.2). Sonuç

Marsh huni saniyesi olarak belirtilir. Saniye cinsinden Marsh hunisi süresi doğrudan bir viskoziteye dönüştürülemez. Bu Kılavuzda belirtilen tüm Marsh Huni süreleri 946 ml içindir.



Şekil B.2 Marsh hunisi

Huni, suyun akış süresi ölçülerek kontrol edilebilir. 21°C (70°F) sıcaklıktaki temiz su için süreler aşağıdaki gibi olmalıdır:

- 946 ml için – 25,5 ila 26,5 sn
- 1000 ml için – 27,5 ila 28,5 sn

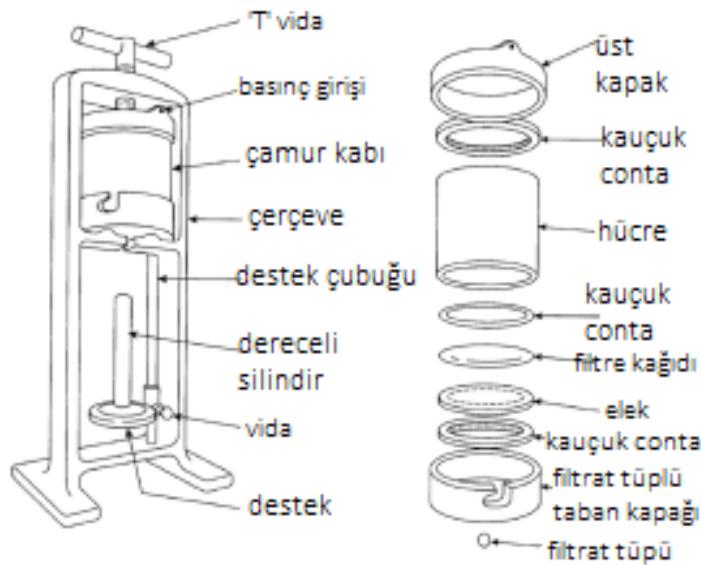
Hununin ayarlanması mümkün değildir ve yukarıdaki aralıkların dışında okumalar elde edilirse huninin (veya kronometrenin) hasar gördüğü varsayılmalıdır. Bununla birlikte, daha yüksek bir su testi değeri huni temizleme ihtiyacını vurgulayabilir.

B.3 Filtre Kaybı/Filtre (Bentonit) Keki

Filtre kaybı destek sıvıları için önemli olacaktır çünkü bunların hepsi ürün hacmi kaybına yol açan segregasyona neden olan durumlardır. En basit haliyle filtrasyon, geçirgen bir formasyona karşı basınç uygulandığında partiküllü bir sistemin basınç altında zamanla biriken ve su kaybı oranını kontrol eden bir filtre(bentonit) keki biriktirdiği süreçtir. Filtrasyon, katı bir sistemden (bentonit keki) sıvı (su) kaybı ile kontrol edilirken, sızma bir sıvı sisteminin davranışı ile kontrol edilir.

Filtre kaybı ölçümü için kullanılan standart aparat, delgi sıvılarını test etmek için geliştirilen Amerikan Petrol Enstitüsü filtre pres aparatıdır (API 13B 2003). Cihaz, Şekil B.3 'te gösterildiği gibi bir tel örgü üzerinde desteklenen bir filtre kağıdının yerleştirilebildiği çıkarılabilir bir tabana sahip 3 inç çapında bir hücreden oluşur. Filtre kağıdı, 2,7 µm açıklığa sahip Watman sertleştirilmiş filtre kağıdıdır. Standart testte, 30 dakika boyunca 100 psi (689 kN.m-2) basınca maruz bırakılan bir destek sıvısı numunesinden toplanan filtre edilen malzeme hacmi ölçülür.

Testin sonunda bentonit kekinin kalınlığı ölçülür ve bentonit kekinin geçirgenliği uygulanan basıncın bir fonksiyonu ile tahmin edilebilir.



Şekil B.3 Standart filtre presi ve bulamaç hücresi montajı

B.4 pH

pH, bir maddenin asit veya alkali-bazik yapısının bir ölçüsüdür. pH 7 nötrdür; 7 'nin altı asittir; 7 'nin üstü alkalidir-baziktir. pH, bir cam elektrot ve eşleştirilmiş bir milivolt metre ile veya pH kağıtları ile ölçülebilir.

Bir sıvının bağıl asitliği veya alkaliliği-bazikliği uygun bir şekilde pH olarak ifade edilir. Hidrojen iyonu konsantrasyonunun negatif logaritması (10 tabanına göre) olarak tanımlanan pH birimleri, artan asitlikle birlikte 10 kat azalır.

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

Burada $[\text{H}^+]$ litre başına mol cinsinden hidrojen iyonu konsantrasyonudur. Oda sıcaklığında, suyun iyon ürün sabiti K_w , 1.0×10^{-14} mol/L değerine sahiptir.

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$$

Saf su için, $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-7}$ ve dolayısıyla $\text{pH} = 7$ değerine sahiptir.

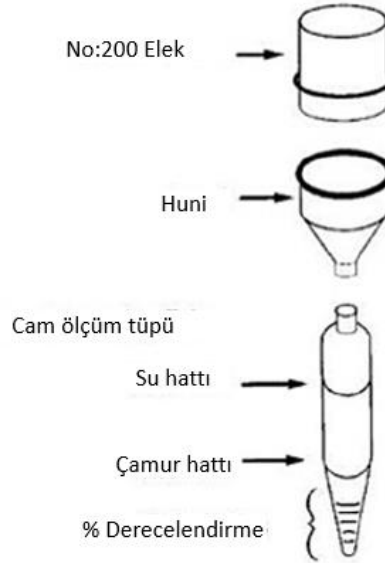
Bir elektrotla saf çözeltilerin pH değerini 0,05 pH biriminden daha iyi bir hassasiyetle ölçmek mümkün olmaktadır, ancak testten önce elektrodu bir tampon çözeltiyle kalibre etmek gerekecektir. İdeal olarak, destek sıvısının beklenen pH değerini karşılayan bir pH aralığına sahip iki tampon çözelti kullanılmalıdır. Ancak bir elektrikli pH metre kullanımını aşırı olarak kabul edilebilir ve laboratuvar durumları için saklı tutulabilir.

pH kağıtları ile, dar aralıklı kağıtları seçerek pH'ı 0,1 birime kadar ölçmek mümkündür. Süspansiyonları test ederken, biriken katılarla rengin gizlenmesini önlemek için süspansiyonu kağıdın bir tarafına uygulayın ve rengi diğer taraftan okuyun. Renklenme sorunlarını önlemek için filtre kaybı testinden gelen filtre malzemesini test etmek de mümkündür. pH kağıdı, ortamdaki nemden korumak için kapalı bir kaptaki saklanmalıdır.

B.5 Kum İçeriği

Kazı sırasında destek sıvısının yoğunluğu, zeminin askıda kalması nedeniyle artacaktır. Bu yoğunluk, destek sıvısındaki toplam zemin miktarının bir ölçüsünü sağlar, ancak bunun kum, silt veya kil olup olmadığına dair bilgi vermez.

Kum içeriği testi, belirli bir sıvı hacmindeki kumun (kesinlikle 200 mesh US, 0,075 mm, 75 µm'den daha kaba malzeme) bulk hacmini ölçmek için tasarlanmıştır. Cihaz konik dereceli bir tüp, küçük bir 200 mesh US elek ve bir huniden oluşmaktadır (Şekil B.4). Testi gerçekleştirmek için elek üzerinde sabit hacimde destek sıvısı yıkanır ve tutulan zemin hacmi orijinal destek sıvısı hacminin bir kesri olarak ölçülür. Testin sonucu kum içeriği olarak belirtilir.



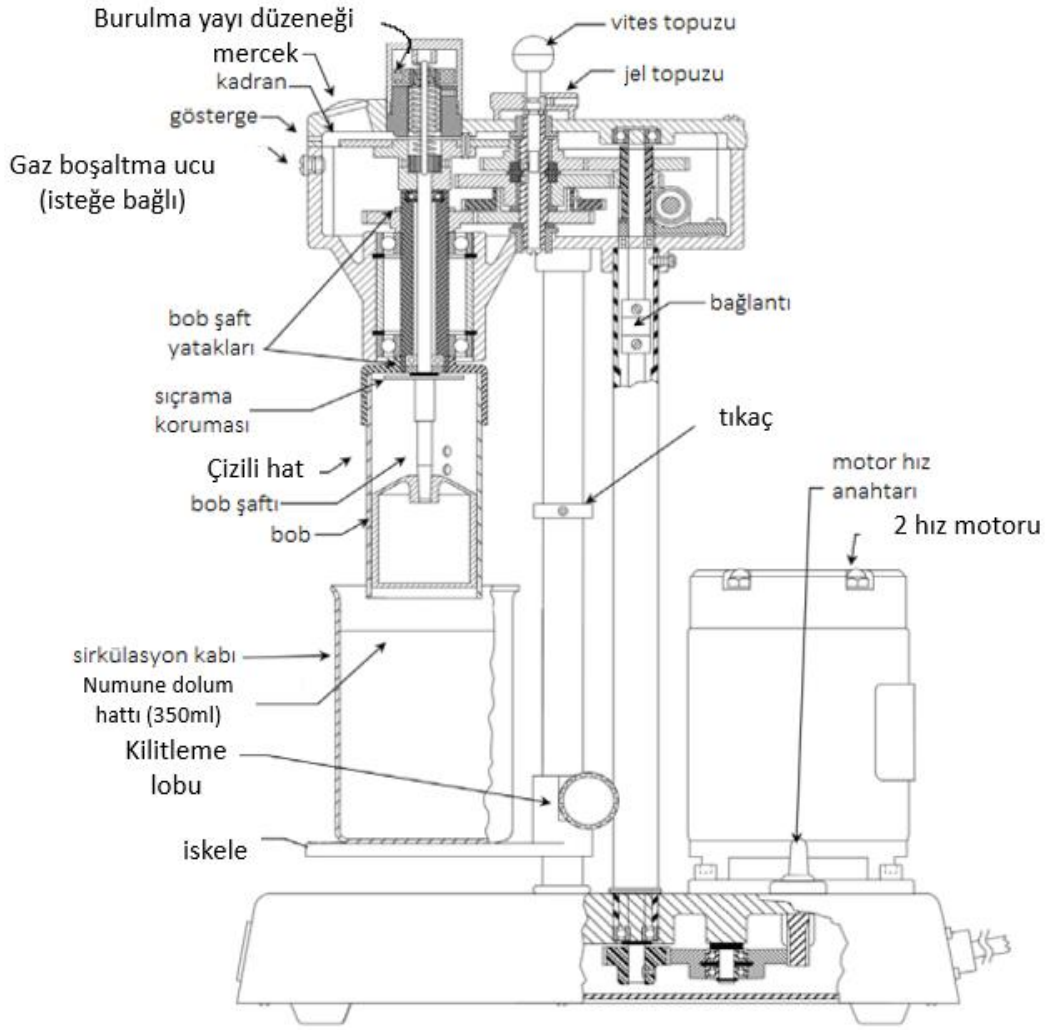
Şekil B.4 Kum içeriği test ekipmanları

B.6 Jel Mukavemeti

Jel mukavemetleri, iki hızlı doğrudan göstergeli viskozimetre kullanılarak, cihazın üst veya yan tarafındaki hareket tekerleği elle yavaşça döndürülerek ve jel kırılmadan önceki maksimum eğilme gözlemlenerek belirlenir. Silindirin motorla 3 rpm'de döndürülmesi dışında, çok hızlı viskozimetrede de aynı prosedür izlenir.

Maksimum eğilme jel mukavemetidir. Jel mukavemetleri, çamurun ilgilenilen herhangi bir zaman aralığında durgun kalmasına izin verildikten sonra ölçülür, ancak rutin olarak 10 s (başlangıç jel mukavemeti) ve 10 dakika sonra ölçülür. Göstergedeki kadran değeri jel gücünü yüz fit kare başına pound cinsinden verir.

Tiksotropi, 10 saniyedeki okuma ile 10 dakikadaki okuma arasındaki fark ile karakterize edilir.



Şekil B.5 Fann viskozimetre

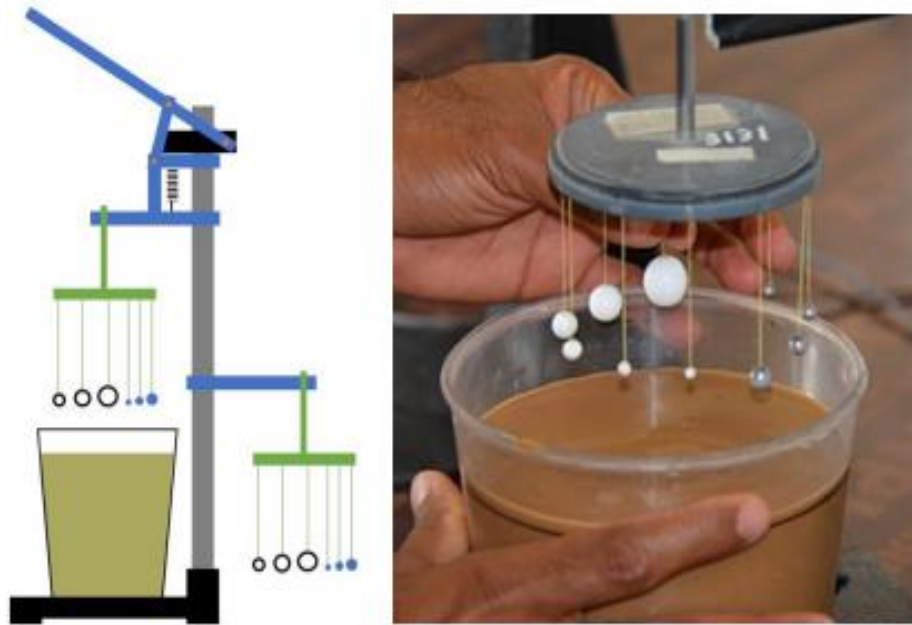
B.7 Efektif Akma Noktası

Bu test düzeneği DIN 4127'de standartlaştırılmıştır. DIN 4126'nın eski versiyonuna göre destek sıvılarının etkin akma noktasını belirlemek için Ball Harp adı verilen test düzeneği kullanılır ve bir süspansiyonun akma noktasını ölçmek için karmaşık olmayan ve hızlı bir yöntem olması nedeniyle hala kullanılmaktadır.

Ball Harp ekipmanı, farklı çaplarda 10 cam ve çelik bilyeden oluşan bir setten oluşur. Bunlar poliamid dişlerle ortak bir diske bağlanır, disk bir delgi standına monte edilebilir. Sıvı numunesi topların altına yerleştirilir ve tiksotropik etkileri azaltmak için bir çırpma teli ile karıştırılır, ardından dinamik etkileri önlemek için top seti delgi standının kolu kullanılarak yavaşça daldırılır.

Destek sıvısının önceden ölçülen yoğunluğuna bağlı olarak, her bir bilye, sadece kaldırma kuvvetine sahip olacağı belirli bir kritik efektif akma noktasına atanır. Kritik akma noktası akışkanın akma noktasının altında olan bilyeler akışkanın üzerinde yüzer (diş bükülür). Tüm bilyelerin kritik efektif akma noktaları, ardışık tüm bilye numaraları ve 1,02 ile 1,32 g/cm³ [64 ile 82 lb/ft³] arasındaki tüm akışkan yoğunlukları ve 7 ile 70 Pa [15 ile 145 lb/100ft²] arasındaki akma noktaları için bir tabloda gösterilmektedir. Böylece destek sıvısının efektif akma noktası, hala yüzen en büyük numaralı bilyenin kritik akma noktası ile daldırılmış en küçük numaralı bilyenin kritik akma noktası arasında tahmin edilebilir.

İki bilye seti, temizlik amacıyla tatlı suyla doldurulmuş bir kap ve soğuk hava fanı, test numunelerinin sürekli olarak ölçülmesini sağlar.



Şekil B.6 DIN 4127'ye göre bilyeli arp testi

B.8 Kalsiyum

Sudaki sertlik, kalsiyum iyonları, magnezyum iyonları veya her ikisinin varlığından kaynaklanır. Konsantrasyonları arttıkça su daha sert hale gelir. Kalsiyum ve magnezyumun birleşik konsantrasyonu sıklıkla toplam sertlik olarak adlandırılır.

Geçici Sertlik

Geçici sertlik, sudaki kalsiyum ve magnezyum iyonlarının karbonat ve bikarbonat iyonlarıyla birleşmesinden kaynaklanan sertliktir. Kaynatma ile giderilebilen sertliktir.

Kalıcı Sertlik

Kalıcı sertlik, (mineral içeriği) giderilemeyen sertliktir. Suyun kalıcı sertliğine neden olan iyonlar bir su yumuşatıcı veya iyon değiştirici reçine kullanılarak giderilebilir.

Toplam Kalıcı Sertlik

= Kalsiyum Sertliği + Magnezyum Sertliği

Kalsiyum ve magnezyum sertliği, kalsiyum karbonat eşdeğeri olarak ifade edilen kalsiyum ve magnezyum iyonlarının konsantrasyonudur.

Sertlik, enstrümantal analiz, bireysel bir test kiti veya bu ölçümleri yapmak için özel olarak formüle edilmiş test şeritleri kullanılarak ölçülebilir.

1. Bir kolorimetre beyaz bir ışık demetini optik bir filtreden geçirerek sadece belirli bir rengi veya dalga boyu bandını fotodedektöre iletir ve burada ölçülür. Renksiz bir numune (boş) tarafından iletilen renkli ışık miktarı ile renkli bir numune tarafından iletilen renkli ışık miktarı arasındaki fark, numune tarafından emilen renkli ışık miktarının bir ölçümüdür. Sertlik de dahil olmak üzere çoğu kolorimetrik testte, emilen renkli ışık miktarı konsantrasyonla doğru orantılıdır ve ölçüm cihazı tarafından rapor edilir.

2. Test şeritleri tipik olarak plastikten üretilir ve uçlarında kimyasal olarak emdirilmiş pedler bulunur. Bu pedler belirli iyonlarla reaksiyona girecek ve belirli bir renk değişimi yaratacak şekilde tasarlanmıştır. Bir test şeridi reaksiyona girdiğinde ve bir renk oluştuğunda, şerit daha sonra basılı bir renk tablosuyla karşılaştırılır. Renk tablosu, çeşitli konsantrasyonlardaki renk reaksiyonlarını temsil etmek üzere özel olarak tasarlanmıştır. Şeridin en yakın renk eşleşmesiyle eşleştirilmesi bir konsantrasyon okuması üretir.

B.9 Özdirenç /İletkenlik

Bir destek sıvısının özdirenci (Ωm), su kısmındaki çözünmüş tuzlardan (ppm) veya (gpg, galon başına tane) ve su kısmında bulunan çözünmez katı maddeden etkilenir. Çözünmüş tuzların konsantrasyonu arttıkça çözeltinin özdirenci de azalır. Metallerin

aksine, bir çözeltilinin öz direnci sıcaklık arttıkça azalır. Öz direnç, formasyon özelliklerinin, sıvıların ve filtre edilen mazlemenin daha iyi değerlendirilmesine olanak sağlamak için ölçülür ve kontrol edilir. Öz direncin belirlenmesi, bilinen konfigürasyona sahip bir numune üzerinden elektrik akımının akışına karşı direncin ölçülmesini içerir. Doğrudan okumalı öz direnç ölçerde, direnç ölçümü ohm metre cinsinden öz dirence dönüştürülür.



Şekil B.7 Analog ve dijital öz direnç ölçerler

Çözünmüş tuzların değerlendirilmesi alternatif olarak elektrik iletkenliğinin ($\mu\text{S}/\text{cm}$ veya mS/cm) ölçülmesiyle gerçekleştirilebilir. Akışkandaki tuz içeriği ne kadar yüksekse iletkenlik değeri de o kadar yüksek olur. Doğrudan okuma ölçümü elde etmek için sahada taşınabilir bir iletkenlik ölçer kullanılabilir. Ters osmoz işlemi kullanılarak deniz suyundan elde edilen su 0 ila 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında bir iletkenliğe sahip olabilir. Musluk suyu genellikle 200 ila 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasındadır. Deniz suyu için 20 ila 50 mS/cm (20000 ila 50000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) arasında değişen iletkenlikler elde etmek mümkündür.

B.10 Klor

Genellikle klorun tamamı serbest klor olarak bulunmaz. Bu, ne kadar organik madde, özellikle de azotlu organik madde bulunduğuna bağlıdır. Klor, amonyak veya organik aminlerle reaksiyona girerek kloraminleri oluşturur. Bu klora birleşik klor denir. Kloraminler serbest klora göre daha düşük dezenfekte etme gücüne sahiptir ancak daha kalıcı olma avantajına sahiptir.

1. Titrasyon: İyodometrik yöntem. Daha yüksek klor seviyeleri için bazen iyodometrik titrasyon kullanılır. Bu yöntem toplam kloru test eder. Test çözeltisindeki klor, eklenen bir miktar iyodürü okside eder. Bu, daha sonra nişasta gibi bir indikatörle reaksiyona giren bir iyot kompleksi oluşturur. Çözelti bir indirgeyici madde ile titre edilerek berrak bir renge döndürülür. Bu yöntem, klor dışında mevcut olabilecek diğer oksitleyici maddelerden kaynaklanan girişimlere tabidir.

2. Test şeritleri tipik olarak plastikten üretilir ve uçlarında kimyasal olarak emdirilmiş pedler bulunur. Bu pedler belirli iyonlarla reaksiyona girecek ve belirli bir renk değişimi yaratacak şekilde tasarlanmıştır. Bir test şeridi reaksiyona girdiğinde ve bir renk oluştuğunda, şerit daha sonra basılı bir renk tablosuyla karşılaştırılır. Renk tablosu, çeşitli konsantrasyonlardaki renk reaksiyonlarını temsil etmek üzere özel olarak tasarlanmıştır. Şeridin en yakın renk eşleşmesiyle eşleştirilmesi bir konsantrasyon okuması üretir.

3. DPD yöntemi. Serbest klor için en yaygın yöntem DPD yöntemidir. Nötre yakın pH değerinde klor DPD'yi oksitleyerek eflatun renkli bir bileşik oluşturur. Ancak bu yöntem sadece yaklaşık 10 ppm'e kadar olan düşük klor seviyelerinde işe yarar. Daha yüksek klor seviyelerinde reaksiyon eflatun renkli bileşiklerin ötesine geçerek daha derin renkte bir 'ağarma' meydana getirir.

4. Bir kolorimetre beyaz bir ışık demetini optik bir filtreden geçirerek sadece belirli bir rengi veya dalga boyu bandını fotodedektöre iletir ve burada ölçülür. Renksiz bir numune (boş) tarafından iletilen renkli ışık miktarı ile renkli bir numune tarafından iletilen renkli ışık miktarı arasındaki fark, numune tarafından emilen renkli ışık miktarının bir ölçümüdür. Klor dahil çoğu kolorimetrik testte, emilen renkli ışık miktarı konsantrasyonla doğru orantılıdır ve ölçüm cihazı tarafından rapor edilir.

5. Amperometrik yöntem: Bu yöntemde klor, elektrolit potasyum klorür (KCl) içeren bir sensör probu ile ölçülür. Suda bulunan klor, probun altındaki membran boyunca hareket eder ve bir elektrik akımı oluşturmak için KCl ile reaksiyona girer. Prob, klor seviyesini belirlemek için üretilen akımı ölçer. Akım ne kadar güçlü olursa, mevcut klor seviyesi de o kadar yüksek olacaktır.

B.11 Klorür

Klorür içeriğini belirlemek için çeşitli yöntemler vardır.

1. Titrasyon

a. (Gümüş Nitrat Çözeltisi) Titrasyonla belirlenen Klorür konsantrasyonu, klorürü beyaz bir çökelti şeklinde $AgCl$ - olarak çözeltiden çıkarmak için bir gümüş nitrat çözeltisi kullanır. Titrasyonun son noktası bir potasyum kromat indikatörü kullanılarak tespit edilir. Potasyum kromat indikatörü, tüm $AgCl$ - çözeltiden çıktıktan sonra mevcut olan Ag^+ oluşturduğu Ag_2CrO_4 ile reaksiyona girmek için kullanılır.

b. (Merkürimetrik Tayin). Nitrik çözeltide klorür iyonları, indikatör olarak 1,5-difenilkarbazona karşı cıva nitrat çözeltisi ile titre edilir ve işlem sırasında hafifçe ayrılmış cıva klorür oluşur. Titrasyonun son noktasında, fazla cıva iyonları indikatörle reaksiyona girerek mavi-mor bir kompleks oluşturur. Klorür konsantrasyonu titrasyon çözeltisinin tüketiminden belirlenir


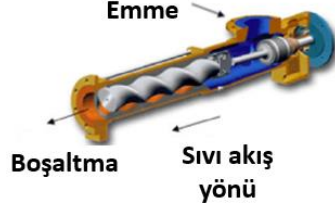

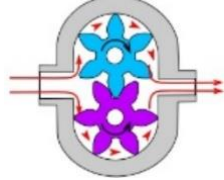
2. Test şeritleri tipik olarak plastikten üretilir ve uçlarında kimyasal olarak emdirilmiş pedler bulunur. Bu pedler belirli iyonlarla reaksiyona girecek ve belirli bir renk değişimi yaratacak şekilde tasarlanmıştır. Bir test şeridi reaksiyona girdiğinde ve bir renk oluştuğunda, şerit daha sonra basılı bir renk tablosuyla karşılaştırılır. Renk tablosu, çeşitli konsantrasyonlardaki renk reaksiyonlarını temsil etmek üzere özel olarak tasarlanmıştır. Şeridin en yakın renk eşleşmesiyle eşleştirilmesi bir konsantrasyon okuması üretir.

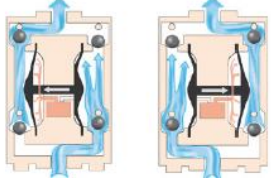
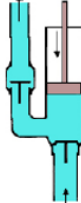
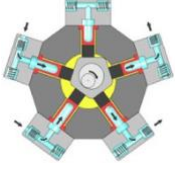
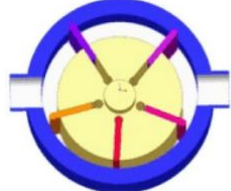
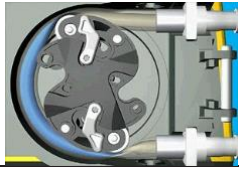
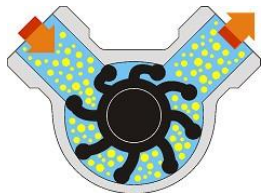
3. Bir kolorimetre beyaz bir ışık demetini optik bir filtreden geçirerek sadece belirli bir rengi veya dalga boyu bandını fotodedektöre iletir ve burada ölçülür. Renksiz bir numune (boş) tarafından iletilen renkli ışık miktarı ile renkli bir numune tarafından iletilen renkli ışık miktarı arasındaki fark, numune tarafından emilen renkli ışık miktarının bir ölçümüdür. Klorür de dahil olmak üzere çoğu kolorimetrik testte emilen renkli ışık miktarı konsantrasyonla doğru orantılıdır ve ölçüm cihazı tarafından rapor edilir.

C. EK- C / POMPA TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Pozitif deplasmanlı pompalar, akışkanı girişteki bir bölmeye çeker ve boşaltım için bir çıkışa taşır, akışkanı hareket ettirmek için genellikle döner, pistonlu veya diyaframlı bir yöntem kullanır.

Çizelge C.1 Pozitif deplasmanlı pompalar

POMPA ÇEŞİTLERİ	ŞEMATİK	KISA AÇIKLAMA
Döner Lob		Bu tip pozitif deplasmanlı pompa, pompalama elemanlarının veya lobların (temas etmeden) bir hazne içinde ters yönde dönmesine dayanır. Sıvı boşluğa akar ve döndükçe loblar tarafından tutulur. Sıvı, loblar ve gövde arasındaki ceplerde gövdenin iç kısmında dolaşır, loblar arasından geçmez. Son olarak, lobların birbirine geçmesi sıvıyı basınç altında çıkış portundan geçmeye zorlar.
İlerleyen kavite pompası		Bu tip pozitif deplasmanlı pompa aynı zamanda eksantrik vidalı pompa veya boşluklu pompa olarak da bilinir. Çift sarmallı bir gövde veya stator (genellikle kauçuktan yapılır) içinde oturan uzun bir sarmal rotora sahiptir. Rotor harekete geçirildiğinde eksantrik mil, sıvıyı tahliye tarafına doğru iterek stator boyunca "ilerleyen" çoklu boşluklar oluşturur.
Vidalı Pompa		Pompa döndükçe, iki vidanın pompa gövdesiyle birlikte iç içe geçmesi odacıklar oluşturur. Bu odacıklar pompalanan akışkanla dolar ve onu emme tarafından daha yüksek basınçlı tahliye tarafına taşır.
Döner Dişli Pompa		Dişliler döndükçe pompanın emme tarafında ayrılarak akışkan tarafından doldurulan bir boşluk ve emme oluştururlar. Akışkan, dişliler tarafından pompanın basma tarafına taşınır ve burada dişlilerin birbirine geçmesi akışkanın yerini değiştirir. Mekanik boşluklar son derece küçüktür.

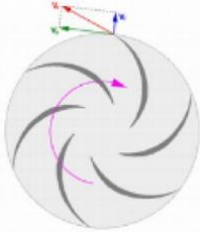
Karşılıklı Diyafram Pompaı		Diyaframlı pompa, bir sıvıyı pompalamak için bir diyaframın (kauçuk, termoplastik, teflon) ileri geri hareketinin ve diyaframın her iki tarafındaki uygun valflerin bir kombinasyonunu kullanır.
Karşılıklı piston veya pistonlu pompa	<p style="text-align: center;">Pistonlu pompa</p> 	Bu tip pozitif deplasmanlı pompa, kapalı bir hazne içindeki tutma hacmini değiştirmek için bir piston veya pistonun hareketini kullanır, böylece bir basınç farkı üretir. Yukarı strokta boşluk bir girişten emilen sıvı ile dolar, aşağı strokta ise sıvı çıkıştan dışarı atılır. Pistonun her hareketi bir darbe üretir. Pompanın tasarımına bağlı olarak tekli veya çoklu pistonlar veya pistonlar kullanılabilir.
Radyal Pistonlu Pompa		Bu, her biri kendi haznesine sahip birden fazla pistonu olan pozitif deplasmanlı bir pompadır. Pistonlar, harekete geçirildiğinde pistonları uzatan veya geri çeken ve akışkanı haznelerden içeri çeken/dışarı çıkaran eksantrik bir eksen tahriki etrafında simetrik olarak düzenlenmiştir.
Döner Kanatlı Pompa		Döner kanatlı pompa, bir boşluk içinde dönen bir rotora monte edilmiş kanatlardan oluşan pozitif deplasmanlı bir pompadır. Kanatların rotorun içine ve dışına kaymasına ve tüm kenarlarda sızdırmazlık sağlamasına izin verilir, böylece pompalama işini yapan kanat odaları oluşturulur. Pompanın emme tarafında, kanat odalarının hacmi artmaktadır. Pompanın basma tarafında, kanat odalarının hacmi azalır ve sıvıyı pompadan dışarı iter. Kanadın hareketi her dönüşte aynı hacimde sıvıyı dışarı atar.
Peristaltik		Bu pozitif deplasmanlı pompa, bir hortumu veya esnek boruyu sıkıştırmak ve böylece sıvıyı uzunluğu boyunca itmek için dönen bir aks üzerindeki silindirlerin kullanılmasına dayanır.
Esnek Çarklı Pompa		Esnek çarklı pompa, çark kanatlarını deforme ederek sıvıyı pompa gövdesine çeken ve sabit bir akış hızıyla tahliye portuna taşıyan pozitif deplasmanlı bir pompadır. Kanatların esnekliği, iç gövdeye sıkı bir sızdırmazlık sağlayarak pompanın kendinden emişli olmasını sağlar ve aynı zamanda çift yönlü çalışmaya izin verir.

Santrifüj Pompalar

Santrifüj pompalar, sıvıyı hareket ettirmek amacıyla vakum oluşturmak için dönen bir pervane kullanır. Pompanın pervanesi gövde içinde döner ve girişteki basıncı azaltır. Bu hareket daha sonra sıvıyı pompa gövdesinin dışına doğru iter, bu da basıncı tahliye çıkışına gönderecek kadar artırır.

Eksenel akışlı santrifüj pompalarda kavisli pervane şeklinde bir pervane bulunurken, radyal akışlı santrifüj pompalardaki pervane daha çok bir fan gibi görünür.

Çizelge C.2 Santrifüj pompalar

SANTRIFÜJ POMPA		
Santrifüj Pompalar		Dönen bir pervane bir hazne içine yerleştirilmiştir. Sıvı, pervanenin dönme eksenine yakın bir şekilde hazneye girer ve çıkış noktasına doğru dışarıya doğru hızlandırılır. Pervane ne kadar hızlı dönerse, kanat ucundaki sıvının hızı o kadar yüksek olur ve sıvıya verilen enerji de o kadar fazla olur. Bu pompalar, geçen partikülleri parçalayarak daha hızlı karıştırmayı teşvik ettiklerinden kolloidler için çok kullanışlıdır. Pervaneler zincirleri kesen bıçaklar gibi çalıştığından bu pompalar uzun zincirli polimer bazlı sıvılar için uygun değildir.

Neredeyse tüm pompalar bu iki kategoriye girer. Bununla birlikte, pozitif deplasmanlı pompalar dişli, lob, peristaltik, vidalı ve yukarıda açıklanan diğer birçok pompa türü gibi daha geniş bir çeşitliliğe sahiptir.

Zincirler pervanenin etkisiyle kesilebileceğinden, polimer uygulamaları için santrifüj pompalar kullanılırken dikkatli olunmalıdır.

Pompa seçimi sırasında tüm pompalar için tedarikçi literatürüne (pompa eğrileri dahil) başvurulmalıdır. Örnek eğriler Tablo C.3'te ele alınmıştır.

Çizelge C.3 Pozitif deplasmanlı ve santrifüjlü pompalar arasında bir karşılaştırma

<p>Santrifüj Pompalar</p>	<p>Santrifüj pompalar basınca veya basma yüksekliğine bağlı olarak değişen debiye sahipken, pozitif deplasmanlı (PD) pompalar basınçtan bağımsız olarak az çok sabit debiye sahiptir.</p>	<p>Performans</p>
<p>Viskoziteye karşı akış hızı</p>	<p>Pompa tipleri arasındaki bir diğer önemli fark da viskozitenin pompanın kapasitesi üzerindeki etkisidir. Akış hızı grafiği, viskozite arttıkça santrifüj pompanın nasıl akış kaybettiğini, ancak PD pompanın akışının aslında nasıl arttığını göstermektedir. Bunun nedeni daha yüksek viskoziteli sıvıların pompanın boşluklarını doldurarak daha yüksek hacimsel verimliliğe yol açmasıdır. Bu grafik viskozitenin pompa akışı üzerindeki etkisini göstermektedir. Viskozite değişikliği olduğunda sistemde daha fazla hat kaybı da olur. Bu, bu basınç değişikliği için pompa akışındaki değişikliği ilk grafikten hesaplamak gerektiği anlamına gelir.</p>	<p>Akış Hızı</p>
<p>Basınca karşı verimlilik</p>	<p>Mekanik verimlilik göz önüne alındığında pompalar çok farklı davranır. Sağdaki verimlilik tablosu basınç değişikliklerinin pompanın verimliliği üzerindeki etkisini göstermektedir. Basınçtaki değişikliklerin PD pompa üzerinde çok az, santrifüj pompa üzerinde ise dramatik bir etkisi vardır.</p>	<p>Verimlilik- Yükseklik</p>
<p>Viskoziteye karşı verimlilik</p>	<p>Viskozite, pompanın mekanik verimliliğinde de önemli bir rol oynar. Santrifüj pompa motor hızında çalıştığından, pompa içindeki sürtünme kayıplarının artması nedeniyle viskozite arttıkça verimlilik düşer. Verimlilik genellikle bir PD pompada artan viskozite ile artar. Viskozite arttıkça santrifüj pompa için verimlilik hızla düşer.</p>	<p>Verimlilik- Viskozite</p>

Net Pozitif Emme Yüksekliği Gereksinimleri	Bir diğer husus da NPSHR'dir. Bir santrifüj pompada NPSHR, yukarıda tartışıldığı gibi basınç ve viskozite tarafından belirlenen akışın bir fonksiyonu olarak değişir. Basınç ve viskozitenin bir PD pompa üzerinde daha az etkisi olduğundan, NPSHR esas olarak hız tarafından belirlenen akışın bir fonksiyonu olarak değişir. Bir PD pompanın hızı ne kadar düşerse NPSHR de o kadar düşük olur.	
--	--	--

D. EK- D / DESTEK SIVILARINDA TOPRAK PARÇACIKLARININ SEDİMENTASYONU

Bu Ek, Kılavuzun 3.1 Bölümünde yer alan Çizelge 3.1'de gösterilen çökme hızlarının türetilmesine ilişkin daha ayrıntılı bilgi vermektedir. Referans kolaylığı için bu Tablo aşağıda Çizelge D.1 olarak yeniden üretilmiştir.

Bir destek sıvısındaki çökme oranı, çökelen partikülün boyutuna ve şekline ve destek sıvısının özelliklerine bağlı olacaktır.

Bir destek sıvısı içindeki bir partikülün etkin ağırlığı, partikül hacmi ve partikül ρ_s ile destek sıvısı ρ_l arasındaki yoğunluk farkı ile verilir, böylece:

$$\text{Sıvıdaki ağırlık} = \frac{\pi x d^3 x g}{6} x (\rho_s - \rho_l)$$

burada d parçacık çapıdır ve g yerçekimi ivmesidir.

Stokes yasasına göre, Newtonian bir akışkan (yani kayma gerilmesinin kayma hızı ile orantılı olduğu bir akışkan) içinde d çapındaki bir parçacık üzerindeki sürüklenme kuvveti D şu şekilde verilir:

$$D = 3\pi\mu dv$$

Burada μ dinamik viskozite ve v parçacık çökme hızıdır.

Bir akışkan içindeki bir partikülün ağırlığı ve sürüklenme kuvveti eşitlenerek partiküllerin çökme hızı değerlendirilebilir. Çizelge D.1, 20 °C'deki suda (viskozite,

10-3 Pa s, 1 cP) özgül ağırlığı 2,65 olan küresel partiküllerin çökme hızlarının örneklerini göstermektedir. Karşılaştırma için Çizelge D.1'de ayrıca 0,015 Pa s (15 cP) akışkandaki (yüksek kayma hızlarındaki görünür viskozite bentonit bulamacı için 0,015 Pa s mertebesinde olabilir) ve bir PHPA polimer destek akışkanı örneğindeki gösterge niteliğindeki çökme hızları da gösterilmektedir.

Çizelge D.1 m/saat cinsinden tahmini küresel parçacık çökme hızları (italik sayılar Reynolds sayısı > 1'i temsil etmektedir)

Zemin tipi	Partikül boyutu	Partikül boyutu	Suda çökme hızı, viskozite 1 cP	Newton destek sıvısı viskozitesi 15 cP'de çökme hızı	PHPA polimer destek sıvısında çökme hızı
	microns	mm	m/hr	m/hr	m/hr
Kil	2	0.002	<0.1	<0.1	<0.1
Siltler	6	0.006	0.12	<0.1	<0.1
	10	0.01	0.32	<0.1	<0.1
	20	0.02	1.29	<0.1	<0.1
	60	0.06	12	0.8	<0.1
Kumlar	100	0.1	32	2.2	<0.1
	200	0.2	95	8.6	<0.1
	600	0.6	>200	78	4
	1000	1	>200	170	40
	2000	2	>200	>200	>200
Çakıl /Blok	6000	6	>200	>200	>200
	10000	10	>200	>200	>200
	20000	20	>200	>200	>200

Çizelge D.1'e ait notlar:

Saatte 0,1 m'den daha düşük çökme hızları <0,1 olarak gösterilmiştir, çünkü saatte 0,1 m ve daha düşük hızlarda çökelen parçacıkların bir kazı tabanında önemli miktarda malzeme biriktirmesi olası değildir.

Benzer şekilde, 200 m/saat'in üzerindeki hızlar >200 olarak gösterilmiştir, çünkü bu hızlara sahip tüm parçacıkların normal taban temizleme işlemlerinde çıkarılacak kadar hızlı çökmesi muhtemeldir.

Tüm çaplar Stokes çaplarıdır, yani küresel olmayan partiküller için çaplar aynı çökme hızına sahip eşdeğer küresel partikülün çaplarıdır.

Parçacık yerleşimi için Stokes yasası 0.1 'den büyük Reynolds sayıları için geçerli değildir, ancak 1 'e kadar olan Reynolds sayıları için makul sonuçlar verir. Reynolds sayısı 0,1 'in üzerine çıktıkça, akış rejimi giderek daha türbülanslı hale gelir ve eylemsizlik etkileri giderek daha önemli hale gelir. Reynolds sayısı Re , >1 için çökme oranları yayınlanmış sürüklenme katsayısı verilerinden tahmin edilebilir ve Çizelge D.1 'de italik olarak gösterilmiştir. $Re > 1$ için, Çizelge D.1 'deki hızları geliştirmek için bir sürüklenme katsayısı yaklaşımı kullanılmıştır. Bunun için, çökme sıvısı içindeki bir parçacığın etkin ağırlığı, parçacık üzerindeki sürüklemeye aşağıdaki şekilde eşitlenir:

$$\frac{\pi x d^3 x (\rho_s - \rho_l)}{6} = C_D X \frac{\pi X d^2}{4} x \frac{\rho_l x V^2}{2}$$

Direnç katsayısı için bir dizi ampirik denklem vardır, düşen bir küre için C_D , örneğin:

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$$

Reynolds sayısı:

$$Re = \frac{\rho x v x d}{\mu}$$

PHPA polimer destek sıvısı için sıvının psödoplastik olduğu ve 0,3 Pa s (300 cP) tutarlılık katsayısı ve 19 Pa s üst Newton eşik viskozitesi (10⁻³ s⁻¹'den düşük kesme hızları) ve 0,007 Pa s alt Newton plato viskozitesi (10³ s⁻¹'den büyük kesme hızları) ile 0,3 güç yasası indeksi ile Carreau modelini takip ettiği varsayılmıştır. Bu veriler Lam ve Jefferis'in (2018) 240. sayfasında gösterilen 0,6 kg/m³ akışkan için olanlara yaklaşıktır.

PHPA destek akışkanları gibi Newtonian olmayan akışkanlar için çökme hızları tahmin prosedürü birçok belirsizliğe tabidir ve tabloda verilen çökme hızları sadece çökme hızının büyüklük sırasının göstergeleri olarak alınmalıdır.

Birçok polimer sisteminin toprak dağılımını engellemek üzere tasarlandığı unutulmamalıdır. Bu tür sıvılar altında kazılan topraklar kil ve silt boyutlarına dağılmayabilir, ancak daha büyük kesilmiş toprak toprakları olarak kalabilir- en azından polimer topraklara nüfuz edene kadar.

Çizelge D.1 bentonit bulamaçlarındaki çökme hızları hakkında bir fikir vermemektedir çünkü bu tür sıvıların özellikleri çok büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Bununla birlikte, bentonit destek sıvılarının önemli bir özelliği olan jelleşmenin etkisi değerlendirilebilir. Jelleşme, küçük partiküllerin çökmek yerine süspansiyon halinde tutulmasını sağlar. Akma gerilimli bir akışkan içinde tutulacak minimum partikül boyutu d , Chhabra R.P. ve Richardson, J.F. (1999) tarafından verilmiştir:

$$d = \frac{\tau}{Yg \times (\rho_s - \rho_l)}$$

Literatürde Y değerinde yaklaşık 0,04 ila 0,2 arasında değişen önemli farklılıklar vardır. Bu nedenle, örneğin bulamacın jel mukavemeti = 5 Pa ve ρ_s ve ρ_l sırasıyla 2650 ve 1023 kg/m³ ise, d 1,6 ila 7,8 mm aralığında olabilir ve bu nedenle bu tür partiküller çökmeyebilir. Bu durum destek akışkanlarında (killere ek olarak) silt ve kumların birikmesine yol açabilir. Katı madde konsantrasyonu arttıkça ve askıdaki partiküller yaklaştıkça, çökme Stokes yasası tarafından öngörülenden daha yavaş olacaktır. Ayrıca ince daneler mevcutsa jel gücü artarak çökmeyi daha da yavaşlatabilir veya durdurabilir. Bu etkiler yüksek ve kullanılamaz viskozitelere ve yoğunluklara sahip bulamaçlara yol açabilir.

Bazen destek sıvısı olarak kullanılan suyun jeli yoktur ve bu da hızlı partikül çökmelerine neden olur (bkz. Kılavuz Bölüm 4.7)

KAYNAKLAR

American Petroleum Institute (API) 13B (2003) Recommended practice for field testing water-based drilling fluids, 3rd Edn. API, Washington, DC, USA.

Bowen, (2014) The effects of drilling slurry on reinforcement in drilled shaft construction, Master's Thesis, University of South Florida, Tampa.

Brown et al, (2002) The effect of drilling fluid on axial capacity, Cape Fear River, NC,

Proceedings of DFI 27th Annual Meeting in San Diego

Chhabra R.P. and Richardson, J.F. (1999) Non-Newtonian flow in the process industries, Butterworth Heineman

Costello, K., Mobley, S., Bowen, J. and Mullins, G. (2019). "Rebar Pullout Bond in Tremie-Placed Concrete Cast in Drilling Slurry Environments." ACI Structural Journal, Farmington Hills, MI, (in press).

Costello, K. (2018). "A Theoretical and Practical Analysis of the Effect of Drill Fluid on Rebar Bond Strength," Doctoral Dissertation, University of South Florida, Tampa, 128pp.

Davies, R.V. and Henkel, D.J. (1980) Geotechnical problems associated with the construction of Chater Station, Hong Kong, Proc. Conf. on transportation in Asia, Hong Kong, J3/02/31. (Also Arup Journal Vol 17 no 1 April 1982.)

DIN 4126, 2013-09: Stability analysis of diaphragm walls

DIN 4127:2014-02: Test methods for supporting fluids used in the construction of diaphragm walls and their constituent products

Ding, J.Z. McIntosh, K.A. and Simon, R.M. (2015) New devices for measuring drilled shaft bottom sediment thickness, The Journal of the Deep Foundation Institute, Vol 9, No 1, pp42 to 47.

EFFC/DFI Guide to Tremie Concrete for Deep Foundations, 2nd Edition, 2018

EN 1536, Execution of special geotechnical works – Bored piles

EN 1538, Execution of special geotechnical works – Diaphragm walls

EN 1992-1, Design of concrete structures

EN 1992-2, Geotechnical Design – Part 2: Ground Investigation and testing

EPA RCRA 2014

European Commission (2012), Guidance the interpretation of key provisions
Directive 2008/98/EConwaste;Accessed,2015.
http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/pdf/guidance_doc.pdf

FHWA Drilled Shafts – Construction Procedures and LRFD Design Methods, 2010

FHWA GEC #5,

FHWA GEC #10,

Fleming, Sliwinski, (1991) The use and influence of bentonite on bored pile
construction. CIRIA PG3

Huder, J. (1972) Stability of bentonite slurry trenches with some experiences in
Swiss practice, Int Conf SMGE IV-9, Proc 5th European Conference in SM and FE,
Madrid, Vol 1, pp 517-522.

Hutchinson, Shotton and Daw (1963), ICE Conference on Diaphragm Walls and
Anchorages

Hutchinson, MT, Daw, GP, Shotton, P. and James AN (1975) The properties of
bentonite slurries used in diaphragm walling and their control, Institution of Civil
Engineers Conference on diaphragm walls and anchorages.

ICE Specification for Piling and Embedded Retaining Walls (SPERWALL), 3rd
Edition, 2017.

Jefferis, S.A. (2014). Grouts and slurries, in: The Construction Materials Reference
Book, second edition, Doran, D.K. and Cather, R., Editors, Routledge.

Jefferis and Lam, (2013) Polymer support fluids: use and misuse of innovative fluids
in geotechnical works, Proceedings of the 18th International Conference on Soil
Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris.

Jefferis, S.A. and Lam, C. (2017) Using density to determine the solids content of
construction slurries,

Proc 19th Int. Conf. on SM and GE, Seoul, S Korea, pp1695 – 1698.

Jones, A.E.K and Holt, D.A (2004) Design of laps for deformed bars in concrete under bentonite and polymer drilling, *The Structural Engineer*. Vol 82. No 18

Jones, A.E.K. (2005) Prediction of the bond capacity of bars cast under drilling fluids, *Structural Concrete*, Vol 6, No2, pp49 – 52.

Kelessidis V.C., Yield stress of bentonite dispersion, *Rheol* : Open access 2017

Lake, Lam, Troughton, Jefferis, Suckling, The effect of support fluid on pile performance – a field trial in east London, *Technical Paper, Ground Engineering*, 2010.

Lam, C. Troughton, V. Jefferis, S.A. Suckling, T. (2010) Effect of support fluid on pile performance – a field trial in east London, *Ground Engineering*, 43 (10) pp28-31.

Lam, C. Jefferis, S.A. and Martin, C.M. (2014) Effect of polymer and bentonite support fluid on concrete – sand interface shear strength, *Geotechnique* 64, No. 1.28-39.

Lam C. and Jefferis, S.A. (2018) *Polymer support fluids in civil engineering*, Institution of Civil Engineers Publishing, ISBN 978-0-7277-5786-9.

Lam, C. Jefferis S.A. and Goodhue Jr, K.G. (2010) Observations on viscosity reduction of PHPA polymer support fluids, In *Proceeding of International conference sessions of GeoShanghai 2010*, 3-5 June 2010, Shanghai, China. ASCE, Reston, VA, USA, pp,184 – 191.

Lesemann et al, (2016) Analytical stability checks for diaphragm wall trenches and boreholes supported by polymer solutions, *Proceedings of 13th Baltic Sea geotechnical conference*, Lithuania.

Mobley et al, (2018) The effect of slurry type on drilled shaft cover quality, *DFI Journal* Volume 11

Nash, JKTL and Jones GK (1963) The support of trenches using fluid mud, *Institution of Civil Engineers Conference, Grouts and Drilling muds in engineering practice*.

Permien and Lagaly, (1995) The rheological and colloidal properties of bentonite dispersions in the presence of organic compounds, *Clays and Clay Minerals*, Vol. 43, No. 2, 229-236.

Puller M (2003) *Deep Excavations: A Practical Manual*, 2nd edition, Thomas Telford

Rogers, W.F., (1963) *Composition and properties of oil well drilling fluids*, 3rd edn, Gulf Publishing, Houston, TX.

Schünmann, D. (2004) Fisherman's friend, *Ground Engineering* 37 (12), 17, 2004.

Terzaghi, K. (1936). "Stress distribution in dry and saturated sand above a yielding trap-door." *Proc., 1st Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Graduate School of Engineering, Harvard Univ., Cambridge, MA, 307–311.

Washbourne (1985) The stability of vertical shaft excavations, *Ground Engineering*, July 1985, 16-19.