İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ « FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GRANÜLER ZEMİNLERDE DİNAMİK KOMPAKSİYON UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Levent ŞENGEZER

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği

Eylül 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ « FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GRANÜLER ZEMİNLERDE DİNAMİK KOMPAKSİYON UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Levent ŞENGEZER
(501071310)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Mayıs 2010
Tezin Savunulduğu Tarih : 6 Eylül 2010

Tez Danışmanı : Y. Doç. Dr. Aykut ŞENOL (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Oğuz TAN (İTÜ)
Y. Doç. Dr. Kubilay KELEŞOĞLU(İÜ)

Eylül 2010

ÖNSÖZ

Zemin iyileştirmesi yöntemlerinden dinamik kompaksiyon uygulamasının örnekler ile anlatıldığı bu tez projesinde; Yüksek Lisans derslerinde teknik bilgi ve çalışmalarımda katkılarından dolayı İ.T.Ü Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine, araştırma görevlilerine ve laboratuvar görevlilerine, yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarımın oluşması ve hazırlanması sırasında bilgi, deneyim ve desteğini esirgemeyen saygı değer hocam Yrd. Doç. Dr. Aykut Şenol'a; tezimin hazırlanma aşamasında bilgilerini ve deneyimlerini benimle paylaşan End. Müh. Ali Arif Salihli ve Yüksek End. Müh Yetkin Duman'a; her zaman yanımda olan, zor zamanlarımda her zaman yanımda bulduğum, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme tez çalışmam süresince gösterdikleri sabır ve anlayıştan ötürü teşekkür ederim.

Eylül 2010 Levent Şengezer

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
KISALTMALAR ..... **vii**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **ix**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xi**
1. GİRİŞ **1**
2. ZEMİN İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ **3**
2.1 Yüzeysel Zemin İyileştirme Yöntemleri 3
2.1.1 Zeminlerin sıkıştırılması (Kompaksiyon) 3
2.1.2 Katkı malzemeleri kullanılarak zemin özelliklerinin iyileştirilmesi (Stabilizasyon) 6
2.1.3 Mevcut zemin değişimi 9
2.1.4 Drenaj 9
2.2 Derin İyileştirme Yöntemleri 9
2.2.1 Vibroflotasyon (Vibrokompaksiyon) 9
2.2.2 Taş kolonlar 12
2.2.3 Sıkıştırılmış geokolon 15
2.2.4 Dinamik yerdeğiştirme 16
2.2.5 Kompaksiyon kazıkları 17
2.2.6 Konsolidasyon ve drenaj yöntemleri 17
2.2.6.1 Önyükleme metodu 18
2.2.6.2 Vakum yöntemi 18
2.2.6.3 Drenler 19
2.2.7 Derin karıştırma 22
2.2.8 Enjeksiyon 23
2.2.9 Dinamik kompaksiyon 28
2.3 Alternatif Zemin İyileştirme Yöntemleri 29
2.3.1 Termal yöntemler 29
2.3.1.1 Isıtma metodu 29
2.3.1.2 Dondurma metodu 30
2.3.2 Geosentetik uygulamalar 30
2.3.3 Biyoteknolojiler 31
2.3.4 Kum torbası 31
3. DİNAMİK KOMPAKSİYON **33**
3.1 Dinamik Kompaksiyon Tarihi 34
3.2 Teçhizat ve Ekipmanlar 35
3.3 Dinamik Kompaksiyonun Nasıl Çalışır 38
3.4 Dinamik Kompaksiyonun Uygulanabileceği Zeminler 39
3.4.1 Granüler zeminler 41
3.4.2 Kohezyonlu zeminler 45

3.5 Dinamik Kompaksiyonun Tasarımı 49
3.5.1 Vuruş enerjisinin belirlenmesi 50
3.5.2 İyileştirme derinliğinin belirlenmesi 53
3.5.3 Atış noktalarının (Izgaralarının) boyutlandırılması 56
3.5.4 Geçişler arası zaman aralıkları 56
3.6 Dinamik Kompaksiyon Uygulaması 57
3.7 Dinamik Kompaksiyon Kaynaklı Oturmalar 60
3.8 Kontrol Yöntemleri 61
3.9 Dinamik Kompaksiyon Neticesinde Oluşan Çevresel Etkiler 65
4. DİNAMİK KOMPAKSİYONA AİT BİR VAKA ANALİZİ 71
4.1 Saha Özellikleri 71
4.2 Zemin Özelliklerinin Belirlenmesi 72
4.2.1 Arazi çalışmaları 72
4.2.1.1 Standart penetrasyon testi (SPT) 72
4.2.1.2 Koni penetrasyon deneyi (CPT) 75
4.2.2 Laboratuvar çalışmaları 78
4.3 Mühendislik Analizleri ve Değerlendirmeleri 79
4.3.1 Zemin türlerinin değerlendirilmesi 79
4.3.2 İdealize zemin profilleri 81
4.3.3 Taşıma gücü ve oturma değerlendirmesi 86
4.3.3.1 Taşıma gücü değerlendirmesi 86
4.3.3.2 Oturma değerleri 87
4.3.3.3 Zemin islahı 88
4.3.4 Belirlenen zemin özelliklerine göre dinamik kompaksiyon uygulamasının tasarımı ve uygulanması 88
4.3.4.1 Dinamik kompaksiyon uygulaması ve tasarımı 88
4.3.4.2 Dinamik kompaksiyon ön testleri 91
4.3.5 Dinamik kompaksiyon uygulaması sonrası yapılan deneyler ve değerlendirmeler 96
4.3.5.1 Plaka yükleme deneyi ve değerlendirmeleri 96
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 103
KAYNAKLAR 107
EKLER 111
ÖZGEÇMİŞ 183

KISALTMALAR

B : Temel kısa uzunluğu (m)
B_p : Plaka derinliği
B_t : Temel genişliği
C_B : Delik çapı düzeltme faktörü;
C_E : Deney yöntemine bağlı olarak aktarılan enerji düzeltme faktörü
C_N : Jeolojik yük düzeltme faktörü
C_R : Tij boyu düzeltme faktörü
C_S : Numune alıcısı için düzeltme faktörü
C_w : Yeraltı suyu düzeltme değeri
d : Minimum güvenli uygulama mesafesi
D : İyileşme derinliği
D_f : Temel dip derinliği (m)
D_p : Plaka derinliği
D_t : Temel derinliği
D_w : Zemin üst kotundan yeraltı su seviyesi derinliği (m)
E :1 m^3'ü için verilmesi gereken enerji miktarı
E* :1 m^3'ü için verilmesi gereken enerji miktarı
ER : SPT uygulanan enerji oranı
f_c : Sürtünme direnci
F_R : Sürtünme oranı
G_s : Güvenlik katsayısı
H : Düşürme yüksekliği
I_p : Plastisite indisi
k_p : Plaka için yatak katsayısı
k_t : Temel için yatak katsayısı
n : İyileştirme derinliğine etki eden faktörleri belirten katsayı
N : Ortalama SPT değeri
N_{30} : Sahada ölçülen SPT darbe sayısı
$N_{1,60}$: Düzeltilmiş SPT darbe sayısı
PPV : Pik Tanecik Hızı
q : Plaka Üzerindeki Gerilme
q_c : Uc direnci
q_d : Taşıma gücü
q_s : Güvenli taşıma gücü
W : Ağırlık
w_L : Likit limit
w_N : Tabii su muhtevası
w_P : Plastik limit
μ : Poisson oranı
Ø : Kayma mukavemeti açısı
δ : Plakanın oturma miktarı
ΔP : Basınç-Oturma eğrisinde iki nokta arasındaki basınç farkı
δ_p : Plakanın oturması
Δs : Basınç-Oturma eğrisinde iki nokta arasındaki oturma farkı

δ_t : Temelin oturması
σ'_v : Efektif düşey gerilme

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Dinamik Kompaksiyon Uygulanabilirlik-Zemin Parametre ve Tip Bağıntıları (Bergado ve diğ., 1996) 40
Çizelge 3.2 : Zemin Tipi ve n Katsayısı Arasıdaki Bağıntı (Yee, 1999) 51
Çizelge 3.3 : Zemin Tipi ve n Katsayısı Arasıdaki Bağıntı (Bergado ve diğ., 1996)..... 52
Çizelge 3.4 : Dinamik Kompaksiyan Sonrası Yapılan SPT, CPT ve PMT Testlerinin Tipik Üst Sınırlarını (Bergado ve diğ., 1996)..... 53
Çizelge 3.5 : Zemin Durumlarına göre Uygulanacak Gerekli Enerji Değerleri (Bergado ve diğ., 1996)..... 53
Çizelge 3.6 : Yaklaşık Oturma Değerlerinin İyileştirme Derinliğine Oranı (Scombe, 2004)..... 61

Çizelge 4.1 : Düzeltme Faktörleri..... 73
Çizelge 4.2 : Zemin Mekaniği Laboratuvarı Deney Sonuçları..... 79
Çizelge 4.3 : SPT N Darbe Sayıları ile D_R Relatif Sıkılık Arasındaki Bağıntı (Kumbasar ve Kip, 1999) 80
Çizelge 4.4 : SPT $N_{1,60}$ Değerleri ile Kayma Mukavemeti Arasındaki Bağıntı (Bowles, 1996)..... 80
Çizelge 4.5 : Uygulama kriterleri..... 90
Çizelge 4.6 : Ön Testlere Ait Uygulama Detayları..... 92
Çizelge 4.7 : Test 2 Bölgesinde İyileştirme Öncesi ve Sonrası SPT sonuçları 93
Çizelge 4.8 : Test 4 Bölgesinde İyileştirme Öncesi ve Sonrası SPT sonuçları 93
Çizelge 4.9 : Test 5 Bölgesinde İyileştirme Öncesi ve Sonrası SPT sonuçları 93
Çizelge 4.10 : Nihai Uygulama Kriterleri 95
Çizelge 4.11 : Plaka Yükleme Değerleri..... 102

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Düz Ayaklı Silindir....5
Şekil 2.2 : Lastik Tekerlekli Silindir....5
Şekil 2.3 : Keçi Ayaklı Silindir....6
Şekil 2.4 : Vibroflotasyon Uygulaması (Url 08)....11
Şekil 2.5 : Vibroflotasyon Uygulaması (Das, 1999)....11
Şekil 2.6 : Taş Kolon Uygulaması (Url 09)....13
Şekil 2.7 : Sıkıştırılmış Geokolon - Uygulama Yöntemi (Aykut ve diğ., 2000)....16
Şekil 2.8 : Düşey Dren Uygulaması (Url 11)....20
Şekil 2.9 : Prefabrike Düşey Dren Uygulaması (Url 09)....21
Şekil 2.10 : Enjeksiyon tekniklerinin şematik gösterimi (Tunçdemir, 2004)....24
Şekil 2.11 : Kademeli Enjeksiyon İşlemi (Tunçdemir, 2004)....25
Şekil 2.12 : Kompaksiyon Enjeksiyonunun Şematik Gösterimi (Tunçdemir, 2004)....27
Şekil 2.13 : Düşey yönde çatlakların oluşumu ve yatay sıkıştırma (Tunçdemir, 2004)....27
Şekil 2.14 : Jet Enjeksiyonu Uygulaması (Tunçdemir, 2004)....29
Şekil 2.15 : Kum Torbalarından Oluşturulan Bir İstinat Yapısı ve Temel Altı Uygulaması (Matsuka ve diğ., 2003)....32
Şekil 2.16 : Kum Torbaları Kullanılarak Oluşturulan Farklı İstinat Yapıları (Matsuka ve diğ., 2003)....32

Şekil 3.1 : Dinamik Kompaksiyon Uygulaması (Bergado ve diğ., 1996)....34
Şekil 3.2 : Dinamik Kompaksiyonunun Ekipmanı Şematik Olarak (Xanthakos, P. P. ve diğ, 1994)....36
Şekil 3.3 : Menard Tarafindan Kullanilan Farkli Dinamik Kompaksiyon Ekipmanları (Url 10)....37
Şekil 3.4 : Dinamik Kompaksiyon için USCS Hazırlanan Gruplandırma Sistemi (Bergado ve diğ., 1996) 41
Şekil 3.5 : Granüler Zeminlerin Hacimsel Tepkileri (Scombe, 2004)....43
Şekil 3.6 : Uygulama Sahasından CPT örneği (Scombe, 2004)....44
Şekil 3.7 : Kohezif Zeminlerin Hacimsel Tepkileri (Scombe, 2004)....46
Şekil 3.8 : Sahadan Düzenli Aralıklarla Alınan Ölçüm Sonuçları (Scombe, 2004)....48
Şekil 3.9 : Zemin İyileştirme Derinliği $(WH)^{0,5}$ bağıntısı (Scombe, 2004)....50
Şekil 3.10 : Dinamik Kompaksiyon uygulaması ve Gerilme Dağılımları (Satyapriya ve diğ., 2000)....52
Şekil 3.11 : Dinamik Kompaksiyon Öncesi ve Sonrası SPT Değerlerine Örnek (Bergado ve diğ., 1996)....54
Şekil 3.12 : Atış Aralıkları, Uygulama Öncesi ve Sonrası CPT lokasyonları (Chow ve diğ., 1992)....57
Şekil 3.13 : Atışlar Öncesi ve Sonrası CPT sonuçları (Chow ve diğ., 1992)....57
Şekil 3.14 : Uygulama Öncesi ve Sonrası SPT Sonuçları (Kumar, 2001)....63

Şekil 3.15 : Uygulama Öncesi, İlk Atışlar Sonrası ve İyileştirme Sonrası Presiyometre Sonuçları (Yee, 1999) 63
Şekil 3.16 : Uygulama Öncesi ve Sonrası Presiyometre Sonuçları (Durgunoğlu ve diğ., 2002)..... 64
Şekil 3.17 : Uygulama Öncesi ve Sonrası CPT Sonuçları (Chow ve diğ., 1992) 65
Şekil 3.19 : Uygulama Esnasında Ölçülen Titreşim Değerleri (Scombe, 2004)..... 68

Şekil 4.1 : Sahada Uygulanan Bir SPT 74
Şekil 4.2 : Mekanik konik penetrometre ucuna örnekler-Dutch manto konisi (ASTM D3441-05)..... 75
Şekil 4.3 : Koni penetrasyon düzeneğinin şematik gösterimi (Emrem ve diğ, 2000) 77
Şekil 4.4 : CPT sonuçlarına göre zemin sınıflaması (Url 01) 77
Şekil 4.5 : Koni Çeşitleri a.Mekanik Koni, b. Elektrik Konisi (Coduto, 1994)..... 78
Şekil 4.6 : I-I Zemin Kesiti..... 82
Şekil 4.7 : II-II Zemin Kesiti..... 83
Şekil 4.8 : Dinamik Kompaksiyon Uygulama Alanı..... 84
Şekil 4.9 : III-III Zemin Kesiti 85
Şekil 4.10 : Test 2 Ait Bölgesine İyileştirme Öncesi ve Sonrası SPT N Değerleri... 94
Şekil 4.11 : Test 4 ve 5 Bölgelerine Ait İyileştirme Öncesi ve Sonrası SPT N Değerleri..... 95
Şekil 4.12 : Temel ve Plaka Yükleme Çukuru (Uzuner, 1988)..... 97
Şekil 4.13 : Şematik Olarak Çeşitli Yükleme Düzenleri (Uzuner, 1988)..... 98
Şekil 4.14 : Plaka Yükleme Düzeneği (Url 04)..... 98
Şekil 4.15 : Sehpalı Yükleme Düzeneği Plan ve Kesiti..... 99

GRANÜLER ZEMİNLERDE DİNAMİK KOMPAKSİYON UYGULAMASI

ÖZET

Son yıllarda artan nüfus ve daralan yapılaşma alanları karşısında inşaat yapılabilecek nitelikte olmayan arazi zeminlerinin iyileştirilerek yapılaşmaya kazandırılması, büyük önem kazanmıştır. Bu da beraberinde zemin iyileştirme çalışmalarını gündeme getirmiştir. Zemin iyileştirmesi denildiğinde zemin taşıma gücünün artırılması, oturma değerlerinin düşürülmesi, sıvılaşma potansiyelinin azaltılması gibi şartları sağlayacak zemin parametrelerinin iyileştirilmesi akla gelmektedir. Bu tez çalışmasında bu iyileştirme çalışma ve yöntemlerinden dinamik kompaksiyondan bahsedilmiş ve bu konu hakkında detaylı bilgiler örnekler ile verilmiştir. Zemin iyileştirme çalışmaları iki an başlık altında toplanabilir. Bunlar uygulanış şekillerine göre yüzeysel ve derin iyileştirme yöntemleri olarak sınıflandırılabilir. Bunların yanında alternatif iyileştirme yöntemleride vardır. Bu yöntemler günümüzde sıkça karşılaştığımız ve kullanılan zemin iyileştirme yöntemleridir. Dinamik kompaksiyon, bu zemin iyileştirme yöntemlerinden biridir. İlk detaylı uygulanışı 70'li yıllara dayanmaktadır. Bu yöntemde bir ağırlık vinç yardımıyla daha önceden belirlenen yüksekliklerden bırakılarak zeminin sıkışması sağlanmaktadır. Bu işlem uygulanmadan detaylı zemin araştırmaları yapılmalıdır. Yöntemin belirlenen zemin özellikleri için uygun olup olmadığı irdelenmelidir. Bu araştırmada, bir dinamik kompaksiyon uygulaması ele alınmıştır. Bu vakanın uygulandığı saha detaylı bir şekilde incelenmiş ve araştırmalar sonucunda zeminin granüler bir zemin olduğu belirlenmiştir. Yapılan deneyler ve araştırmalar neticesinde bu arazide belirlenen kısımlarda dinamik kompaksiyon uygulaması uygulanabileceği sonucuna varılmıştır. Uygulama için ön deneyler yapılarak, uygulanacak enerji ve metodoloji belirlenmiştir. Son olarak arazide uygulanan dinamik kompaksiyon çalışmasının sahada varolan heterojen granüler dolgunun sıkıştırılmasında başarılı olduğu, deney öncesi ve sonrası yapılan deneyler ile belirlenmiştir.

DYNAMIC COMPACTION APPLICATION IN GRANULAR SOILS

SUMMARY

In recent years, in the face of increasing population and shrinking areas of construction, improving soils with properties not suitable for construction is paid greater importance. This phenomenon brings the soil improvement techniques into the agenda. Soil stabilization is the improvement of soil parameters which consists of activities such as increasing soil bearing capacity , decreasing settlements, and reducing the risk of liquefaction. In this thesis, a particular technique among many of these soil improvement methods, dynamic compaction, has been chosen as the research agenda, and detailed information has been presented with accompanying examples. Soil improvement tecniques can be studied under two main headings in terms of their applications such as shallow and deep soil improvement techniques. Beside these classifications, there are also alternative improvement techniques. Nowadays, these methods are widely used. Dynamic compaction is one of these ground improvement methods, of which the first detailed implementation was realized in the 70s. It consists of the dropping down of a weight from a predetermined height by use of a crane, in order to provide soil densification. Prior to the application of the method , the soil must be examined carefully for suitability to the method. In this research, a particular dynamic compaction application has been analysed. The site where the dynamic compaction was applied had been examined thoroughly, and the granular property of the soil has been proven as a result of the investigationss and experiments. The examinations have led to the conclusion that this method is able to be implemented in the determined sections of the area. The preliminary tests were applied to determine the methodology and the energy to be applied. The result of the research indicated that the application of the dynamic compaction technique has been successful in densifying the heterogenous granular fills in the site.

1. GİRİŞ

Gelişen ve büyüyen kentler, bu büyümeyle orantılı olarak artan nüfus, yapılaşmanın artmasına ve yayılmasına sebep olmaktadır. Bu yapılaşma her geçen gün yapı ve zemin şartlarının zorlanmasına ve daha elverişsiz alanlarında yapım alanlarına açılmasına neden olmaktadır. Bu elverişsiz alanların başında da inşaa edilecek yapıların temel zeminleri bulunmaktadır. Temel zeminlerinin taşıma gücü, oturma, sıvılaşma potansiyeli gibi değerleri, üzerindeki yapıyı güvenle taşıyacak değerlerde olmalıdır. Bu değerler, yapılacak yapıların oluşturduğu bu durumları sağlayamıyorsa, zeminde iyileştirme yapılmalı ve zemin inşaa olunacak yapı değerlerinin gerektirdiği koşulları sağlamalıdır. Üzerine yapılacak yapılardan oluşan yükleri ve yapı üzerinde oluşacak etkileri karşılayamayan zeminlerden biri de gevşek zeminlerdir. Gevşek zeminler, yüzeysel temellerin oturtulması için elverişsiz bir ortam teşkil etmektedir. İnce kumlar ve atık yapay dolgular, gelişi güzel depolanmış atıklar, bu tür zeminlerin tipik örnekleridir. Temeller, ortam sıkıştırılmadan inşa edilirse taşıma gücü aşılmasa bile meydana gelen oturmalar üst yapının tahammül edebileceği limitleri aşabilir. Bu durumlarla karşı karşıya kalınmaması için zemin iyileştirmesi yapılmaktadır. Bu zemin iyileştirme uygulamaları sonrası zeminler istenen değerler getirilebilmektedir. Günümüzde hali hazırda uygulanan birçok iyileştirme yöntemi bulunmaktadır. Dinamik kompaksiyon da bu iyileştirme yöntemlerinden biridir. Gelişen teknoloji ve imkanlar her geçen gün bu uygulamanın daha çok kullanılmasını sağlamaktadır. Özellikle geliştirilen yeni vinçler yardımıyla daha seri, kolay ve uygun maliyetlerde dinamik kompaksiyon uygulanabilmektedir. Dinamik kompaksiyon, kontrolsüz dolgu alanlarında, bina molozlarında, gevşek ve yumuşak zeminlerde ve bunlar gibi zemin koşullarında, zemin toplam ve farklı oturmaların azaltılması ve temel zeminin mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla zemin ıslahına yönelik olarak uygulanabilmektedir. Diğer zemin iyileştirme yöntemlerine göre daha ekonomiktir. zemin toplam ve farklı oturmaların azaltılması ve temel zeminin mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla zemin ıslahına yönelik olarak dinamik kompaksiyon yöntemi uygulanabilmektedir.

2. ZEMİN İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Yapılan saha ve laboratuvar çalışmaları ile üzerinde yapı inşaa edilecek zeminlerin, bu yapıları güvenle taşıyıp, taşıyamayacağı belirlenir. Zemin, bu yapıları güvenle taşıyamadığı durumlarda iyileştirilmeli ve zeminin yapının inşaası için uygun değerlere getirilmesi sağlanmalıdır. Bu iyileştirme işlemi için farklı teknikler kullanılmaktadır. Bunlar yüzeysel ve derin iyileştirme yöntemleri olarak iki sınıfa ayrılmaktadır

2.1 Yüzeysel Zemin İyileştirme Yöntemleri

2.1.1 Zeminlerin sıkıştırılması (Kompaksiyon)

Mekanik ekipman ve işlemlerle, zemin boşluklarının azaltılarak, zemin danelerinin birbirlerine yaklaştırılıp zemin içerisinde daha sıkı bir yerleşim oluşturulması işlemine, kompaksiyon (sıkıştırma) denir. Zeminin sıkıştırılması sonucu birim hacim ağırlığı artmakta ve buna bağlı olarak mühendislik özellikleri iyileştirilmiş olmaktadır. Daneler, uygulanan statik veya dinamik yükler altında hareket edip, yakınlaşıp sıkılaşabilirler. Zeminin kompaksiyon durumunun ölçüsü olarak kuru birim hacim ağırlığı esas alınır. Danelerin birbirine göre hareket edebilme yetenekleri ise, uygulanan yüklerin şiddeti (kompaksiyon enerjisi) yanında, zemin içindeki su miktarına (su muhtevasına) bağlı olarak değişiklik gösterir. Zemin boşlukları içerisindeki bulunan su belli bir mertebeye kadar daneler arasındaki sürtünmeyi azaltarak danelerin sıkışmasını yardımcı olur. Ancak su muhtevası değeri belli bir seviyenin üzerine çıkarsa daneler arasında bulunan hava hapsolur. Hapsolan bu hava boşlukları uygulanan enerjinin de etkisiyle basınç artışlarına neden olur ve kompaksiyon işlemini zorlaştırır. Tam suya doygun zeminlerde ise, kompaksiyon işleminde uygulanan enerji hidrostatik basınçların artmasına ve kompaksiyonun oluşturulamamasına sebep olur.

Buna göre, her iki etkinin bir arada düşünülmesi ile en iyi sıkışmanın, zemin içinde yeterli miktarda su bulunması ile sağlanabilir. Bu değer, optimum su muhtevası olarak adlandırılır. Optimum su muhtevası farklı zeminler için değişik olabildiği gibi

aynı zeminler için uygulanan kompaksiyon ekipmanına ve enerjisine göre de farklılık gösterebilir. Su muhtevasının sıkıştırma (kompaksiyon) özellikleri üzerindeki etkisi, kohezyonlu zeminlerde çok açık olarak görülmektedir. Kohezyonsuz zeminlerin (temiz kumlar ve çakıllar) sıkıştırılması ise su muhtevasından daha az etkilenmektedir. Çünkü iri daneli zeminlerde hem zemin içindeki su ve havanın dışarı çıkması daha kolaydır (boşluklarda basınç artışları meydana gelmeyecektir) hem de daneler arası sürtünme su muhtevasından çok az etkilenmektedir. Bunun yanında ince kumlarda, zemin nemli ise sıkıştırma, tamamen kuru veya tamamen suya doygun zemine göre daha zor olmaktadır (kuru ve suya doygun durumda kapiler gerilmeler olmaması nedeni ile) (Özaydın, 1999).

Zeminlerin sıkıştırılabilmesi için yukarıda da belirtildiği gibi optimum su muhtevası değerinde veya bu değere yakın değerlerde olması gerekmektedir. Sahada bu değerlerin sağlanması için dolgu yapılacak uygun nitelikli malzeme, kademeli serildikten sonra istenen değerin altında ise ıslatma, üzerinde ise kurutma işlemlerine tabii tutulur. İstenen niteliklerde (granülometrisi, su muhtevası, tabaka kalınlığı) hazırlanan ve serilen zemin daha sonra uygun kompaksiyon ekipmanı ile sıkıştırılarak kompaksiyon işlemi tamamlanır.

Kompaksiyon işlemlerinde kullanılan sıkıştırma makinelerinin en çok kullanılanları; düz ayaklı silindirler, lastik tekerlekli silindirler, keçi ayaklı silindirler, titreşimli silindirlerdir.

Düz ayaklı silindirler, zeminle yüzeyinin tamamı temas eden ve neredeyse her çeşit zeminin sıkıştırılmasında kullanılabilen bu makineler, 400 kPa kadar basınç uygulayabilir. Şekil 2.1 de görülmekte olan düz ayaklı silindirlerin en yaygın kullanılma alanları, sıkıştırılmış dolguların yüzeyinin yeniden sıkıştırılması ve asfalt kaplamaların sıkıştırılması olmaktadır.

Lastik tekerlekli silindirler, birbirine yakın çok sayıda lastik tekerleği olan ağır bir arabadan oluşan bir silindirdir (Şekil 2.2). Kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerin sıkıştırılmasında kullanılmaktadır. Lastik hava basınçları 700 kPa kadar yükseltilebilmektedir (Özaydın, 1999).



Şekil 2.1 : Düz Ayaklı Silindir

Keçi ayaklı silindirler, çelik bir silindirik gövde üzerinde "ayak" biçiminde çok sayıda çıkıntıdan (alanlar 30.00-80.00 cm^2) oluşur ve zemine 1400-7000 kPa arasında bir basınç uygulayabilir (Şekil 2.3). Keçi ayaklı silindirle kompaksiyon yapılırken sıkıştırma basıncı etkisi ile beraber yoğrulma etkisinden de yararlanılır. Bu tip silindirler kohezyonlu zeminler için kullanılır.



Şekil 2.2 : Lastik Tekerlekli Silindir

Titreşimli silindirler, kohezyonsuz zeminlerin en iyi titreşimli yükler altında sıkıştığı bilinmektedir. Bu duruma dayanarak silindirlerin üzerine titreşim yaratan makineler yerleştirilmiş, basınç ve titreşim etkisi ile kohezyonsuz zeminlerde etkin bir kompaksiyon sağlanabilmiştir (Özaydın, 1999).



Şekil 2.3 : Keçi Ayaklı Silindir

2.1.2 Katkı malzemeleri kullanılarak zemin özelliklerinin iyileştirilmesi (Stabilizasyon)

Alt tabaka olan yumuşak veya yetersiz zeminlerin stabilizasyonunda, genellikle akla ilk gelen yöntem bu kötü zeminin kaldırılarak yerine uygun malzemenin serilmesidir. Ancak bu yöntemin maliyetli olması bu yönteme alternatif çözümler geliştirilmesine sebep olmuştur (Şenol ve diğ., 2003). Zeminlere farklı katkı maddeleri ilave edilerek fiziksel özellikleri değiştirilebilmekte ve bu şekilde zeminlerin belirli mühendislik özelliklerini iyileştirmek mümkün olmaktadır. Yaygın olarak kullanılan katkı maddeleri arasında kireç, çimento, uçucu kül ve bazı kimyasal maddeler sayılabilir (Özaydın, 1999).

Kireç Stabilizasyonu

Kireç bilinen en eski iyileştirme malzemesidir. (Demiröz ve Karadumam, 2009) Kireç hali hazırda var olan zeminle belli şartlar altında karıştırılarak zeminin istenen mühendislik özeliklerine ulaşması sağlanır. Elde edilecek karışımın nitelikleri birçok etkene bağlıdır. Bunlar zemin tipi, kür zamanı, su muhtevası, zemin birim hacim ağırlığı, karıştırma ve kompaksiyon arasında geçen zamandır (Rao ve diğ., 2005). Kireç katkısı, kil içeriği yüksek zeminler için en uygun malzemedir. Ayrıca reaksiyon hızının yüksek olmaması sebebiyle iyileştirme sırasında sorun çıkarmaması bir avantajıdır. Kireç stabilizasyonu daha yaygın olarak killi zeminlerden yapılan dolgularda kullanılmaktadır (Özaydın, 1999).

Kireç stabilizasyonu zayıf killi zeminlerde mukavemeti artırmak ve sıkışabilirliği azaltmak için sıkça başvurulan bir yöntemdir (Rao ve diğ., 2005). İnce daneli zeminlere kireç karıştırılması, zeminin plastisitesinin azalmasına, ayrıca kil mineralleri ile kireç arasında ortaya çıkan puzolanik reaksiyon sonucu meydana

gelen bir çeşit çimentolanma nedeni ile zeminin mukavemetinin artmasına yol açmaktadır (Özaydın, 1999). Kil mineralleri kireç ile reaksiyona girerek silikat jelini meydana getirir. Jel, boşlukları doldururken zemin daneleri arasında bağlayıcı görevi görür. Yaklaşık olarak 1 yıl süreyle reaksiyon devam eder (Demiröz ve Karaduman, 2009). Zemin mukavemeti, bu belirtilen kimyasal reaksiyonların çevre koşulları etkisi altında, zamana bağlı olarak geliştiği için zamanla artmaktadır.

Genel olarak, kireç stabilizasyonu zeminin mukavemetinin ve şekil değiştirme modülünün artmasını, kabarma potansiyeli ve şişme basınçlarının azalmasını ve dayanıklılığının artmasını sağlamaktadır. Plastisite değerlerinin azalmasına sebep olduğu için saha çalışma şartlarının da iyileşmesine yardımcı olmaktadır (Özaydın, 1999).

Uçucu Kül ile Stabilizasyon

Pulverize (toz haline getirilmiş) kömür ile çalışan termik santrallerde, elektrik enerjisi üretiminde uygulanan yöntemler sonucunda üretimin esas amacının dışında kalan yan ürünler ortaya çıkmaktadır. Bu ürünler taban külü, kazan cürufu ve atık malzemenin % 80 kadarını oluşturan uçucu küldür (Aksoy ve diğ., 2000). Uçucu kül, kömürle çalışan termik santrallerin bacalarından toplanan bir endüstri atık maddesidir ve günümüzde büyük miktarlara ulaşmıştır. Sadece ABD'de elektrik üretiminde kullanılan kömürden elde edilen bu atık malzemesinin, yılda 65 milyon tondan daha fazla olduğu tahmin edilmektedir. Bu miktarlarda ortaya çıkan endüstri atıklarının çevre için bir problem oluşturacağı aşikârdır. Ancak uçucu kül çimentoya benzer şekilde sahip olduğu mühendislik özellikleri nedeni ile çeşitli zemin iyileştirmesi uygulamalarında kullanılabilmektedir (Şenol ve diğ, 2004). Uçucu kül veya kireç gibi karışımlar zemine karıştırıldıkları zaman bir puzolanik reaksiyon oluşturacaktır. Oluşan bu reaksiyonlar neticesinde zeminde çimentolaşma ve zemin mühendislik özelliklerinde iyileşmeler görülecektir. Aynı zamanda uçucu kül, iri daneler arasındaki boşlukları dolduran bir işlevi de yerine getirmektedir. Bu nedenle, kireç stabilizasyonu yalnız ince daneli zeminlerde etkili olurken, uçucu kül ve karışımları iri daneli zeminlerin stabilizasyonunda da kullanılabilmektedir (Özaydın, 1999). Uçucu kül ile stabilizasyon yumuşak, kısmen organik zeminlerde düşük taşıma gücü değerlerini artırmak amacıyla ekonomik bir çözüm olarak kullanılabilmektedir.

Uçucu külün bir diğer kullanımı da hafif dolgu malzemeleri için oluşturulan karışımlardır. Bu karışımlar genellikle çimento-kül veya çimento-kül-köpük esaslı olmaktadır (Aksoy, 2002). Hafif dolgu malzemeleri tarafından çok yumuşak zeminler üzerinde meydana getirilen hafif dolgular, geoteknik mühendisliğinde oturma ve taşıma gücü problemlerinin çözümünde, heyelan veya kayma potansiyeli yüksek şevler üzerinde dolgu teşkil edilmesinde, dayanma yapılarına gelen itkilerin azaltılmasında kullanılmaktadır (Aksoy ve diğ., 2000). Uçucu kül-çimento-köpük karışımı şantiye şartlarında betoniyer kullanılarak kolayca oluşturulabilir. Karışım başlangıçta akıcı olup kolaylıkla pompalanabilir. Uçucu kül-çimento-köpük karışımlarında katı madde miktarları değiştirilerek daha ekonomik karışımlar elde edilebilir (Aksoy, 2002).

Çimento Stabilizasyonu

Çimento içinde mevcut silika stabilizasyon için gerekli puzolonik maddeyi oluşturmaktadır. Dolayısıyla içinde puzolanik malzeme içermeyen zeminler için de etkili olmaktadır. Organik zeminler dışında yaklaşık olarak tüm zeminlerde kullanılabilmektedir. Endüstri ve teknolojinin son yıllarda Türkiye'de gelişmesi sebebiyle en çok kullanılan yöntemlerden biridir.

Beton hazırlamada olduğu gibi, çimento zemin daneleri arasında bağlayıcı bir işlev görmektedir. Betondan en önemli farklı çok düşük çimento oranları kullanılmasıdır (zemin-çimento düşük mukavemetli bir beton olarak düşünülebilir). Zeminin mukavemetindeki artışlar çimento oranına bağlı olmakta ve zaman-mukavemet artışı ilişkisi betonunkine benzemektedir.

Bitümlü Stabilizasyon

Kireç ve çimento stabilizasyonu, puzolanik reaksiyonlar sonucu zeminin mukavemetini artırırken, asfalt stabilizasyonu zeminin suyun zararlı etkilerinden korunması ve daneleri birleştirici yönde bir rol oynamaktadır. Daneler yüzeyini kaplayan asfalt ince daneli zeminlerin sudan yumuşamasını önleyici bir etki gösterirken iri danelerden oluşan zeminlerin ise kohezyon kazanmasına yol açmaktadır. Ayrıca, danelerin birbirine yapışmasını sağlayıcı etkisi sonucu su ve rüzgar erozyonuna karşı direnci artırmaktadır (örneğin, yol yüzeylerinde tozlanmayı önlemektedir). Asfalt stabilizasyonun da en yaygın olarak karayollarında kullanıldığı bilinmektedir (Özaydın, 1999).

Yol yapımında, temel malzemesine uygulanan bitümlü madde ile iri daneli zeminin kohezyonu artar. İnce daneli zeminle karıştırılan bitüm ise zemine sızdırmazlık (geçirimsizlik) kazandırır. Kireç ve çimentoya oranla pahalı olduğundan daha az uygulanır (Demiröz ve Karaduman, 2009). Yolların yapımında, temel malzemesine uygulanan bitümlü madde iri daneli malzemeye kohezyon verir. İnce daneli zeminle karıştırılan bitüm ise zemine geçirimsizlik kazandırır. Kireç, çimento ve reçineye göre pahalı olduğu için daha az uygulanmaktadır (Uzuner, 2006).

2.1.3 Mevcut zemin değişimi

Zemin değişimi, üzerindeki yapı yüklerini taşıyamayan, istenen oturma değerlerini sağlayamayan, zemin özellikleri, yapılacak yapılar için uygun olmayan zeminlerin sıyırılıp yerine uygun bir malzeme serilerek, kademeli olarak sıkıştırılması işlemidir. Bu işlemde, sahadaki uygun nitelikte olmayan malzemenin tümü kaldırılır ve yerine uygun nitelikli malzeme, başka bir sahadan veya sahada sıyrılan malzemeden istenen özellikleri sağlayan kısmından, belli kademelerde serilerek sıkıştırılır. Bu yöntem her zaman ekonomik olmayabilir.

2.1.4 Drenaj

Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu, zemin su muhtevasının zemin mühendislik özelliklerini olumsuz yönde etkilediği koşullarda, kanallar, hendekler ve pompalar yardımıyla suyun uzaklaştırılmasına *drenaj* adı verilir. Bu iyileştirme metodu uygulama sahasının çalışılabilir duruma getirilmesi için de kullanılır. Yapı temellerinde, yollarda, dolgu ve şevlerde, istinat yapılarında ve benzeri yapı uygulamalarında suyun yapıya zarar vermemesi için sıklıkla uygulanır.

2.2 Derin İyileştirme Yöntemleri

2.2.1 Vibroflotasyon (Vibrokompaksiyon)

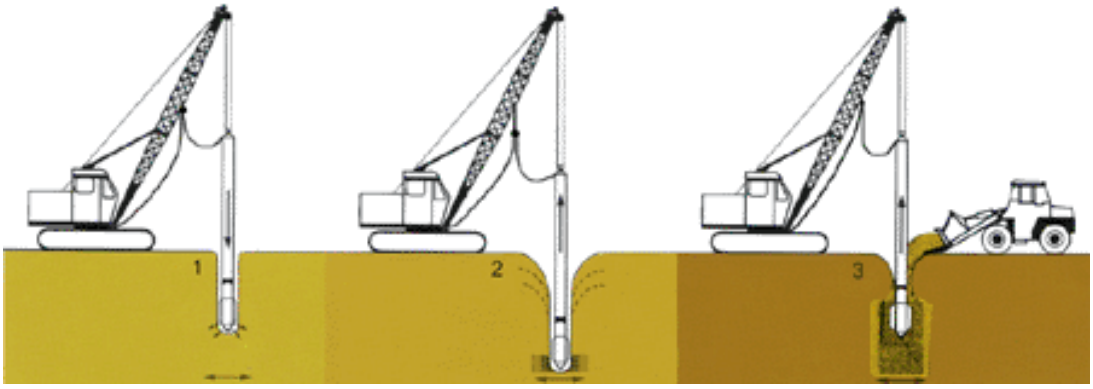
Vibrokompaksiyon, derin ve kohezyonsuz zeminlerde, zemine yerleştirilen bir sondanın yüksek enerji titreşimleriyle zemini sıkıştırarak istenilen zemin özelliklerine ulaşılmasını sağlayan zemin iyileştirme yöntemidir. Şekil 2.4 de vibroflatosyon uygulaması görülmektedir. Bu amaçla zemine penetre edilebilen vibratör çekiçleri kullanılmaktadır. Zemine yerleştirilen bir sondanın yüksek seviyeli enerji titreşimleri ile zemin derinlerinde bulunan zayıf zeminler gevşek dolgular,

kohezyonsuz zeminler sıkıştırılarak zemin özellikleri iyileştirilebilir. Sonda doğrudan zemine iletilirken yatay titreşimler oluşturur. Bu titreşimler etkisinde kalan ince ve iri danelileri arasındaki sürtünme kuvvetlerinde geçici kayıplar oluşur. Bu durum danelerin birbirinden ayrışmasına sebep olur. Granüler zeminlerde sondayı çevreleyen zeminde sıvılaşma oluşur ve bu sıvılaşma ani ve hızlı oturmalara sebep olur. Bu sonda tarafından oluşturulan titreşimler sonucunda zeminlerde çökmeler oluşur ve bu suretle sonda etrafındaki zeminde sıkışma sağlanmış olur. Bu teknikte gevşek, zayıf zeminlere ve gevşek dolgulara 30.00 metreye varan derinliklerde 40.00 cm çapında silindirik sondanın dibindeki deliklerden verilen yüksek basınçlı su, hava veya su-hava yardımıyla iyileştirilmesi gereken derinliğe indirilir. İstenen derinlikte suyun akışı azaltılır ve bir kısım püskürtmenin yönü sonda yukarısına çevrilerek, suyun yukarı doğru akışı ile dolgu malzemesi zeminin en uç noktasına inmesi sağlanır. Doldurma işlemi devam ettikçe zamanla sondaj çevresinde 2.50-3.00 m çapında bir bölge sıkıştırılmaktadır. Şekil 2.5 de bu uygulama görülmektedir. Sahada yapılan denemelere istinaden uygulamada kullanılacak sondaların frekansı, gücü ve her zemin tabakası için istenen değerleri sağlayan sonda periyodu belirlenir. Bu yöntemde, sondanın su jetiyle birlikte oluşturduğu titreşimler zemin daneleri arasındaki içsel granüler kuvvetlerin azalmasına ve bu danelerin birbirlerine daha çok yaklaşarak sıkı formasyonlar oluşturmasına sebep olur. Vibrofloasyonda su jeti zayıf, yumuşak ve gevşek zeminleri uzaklaştırır, oluşan boşluk içerisindeki zemini daha dengeli ve sıkı bir form oluşturulur ve dolgu malzemesinin sondanın üst kısmına kadar çıkmasını sağlar. Sıkıştırmanın sağlanabilmesi için sonda istenen derinliğe indirilene kadar su jeti verilir ve geri çekilirken titreşim verilir. Oluşan boşluklar ya sahadan uygun malzemelerle veya dışarıdan getirilen uygun dolgu malzemeleriyle kapatılır (Demiröz ve Karaduman, 2009), (Url 08), (Url 09), (Url 13).

Vibroflotasyon geniş alanlarda kullanılırken genellikle üçgen veya dikdörtgen şekilli ızgara şablonları kullanılır. Bu ızgara şablonlarının boyutları merkezden 1.50 ila 3.00 m arasında tasarlanmaktadır. Bu boşluklar birçok değişkene bağlıdır. Bunlar kısaca zemin tipi, dolgu tipi, sonda tipi ve enerjisi ve istenen iyileşme parametrelerine bağlıdır (Url 09), (Url13).

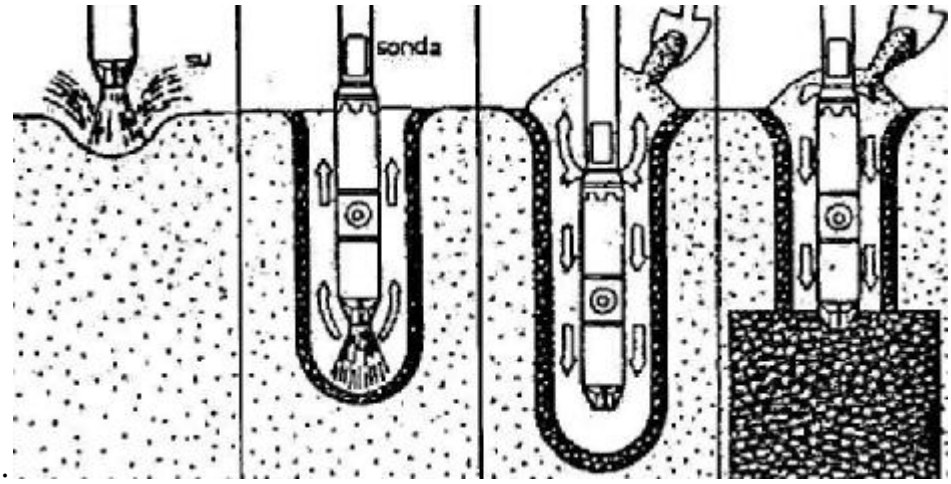
Vibroflotasyon temiz kohezyonsuz zeminlerin sıkıştırılmasında kullanılır. Sonda (vibratör) sürekli su jetiyle beraber çalışır, zemin daneleri arasındaki içsel kuvvetleri

azaltır. Bu da danelerin daha sıkı bir form almasını sağlar. Bu şekilde, rölatif sıkılık %70 ila %85 arasında değişen değerlere yükseltilir. Kompaksiyon yeraltı su seviyesi altında ve üstünde yapılabilmektedir. Bu yöntem, daha çok % 20'den az ince malzeme ihtiva eden, kum ve çakıllarda etkilidir. Uygulama öncesi ve sonrası yapılan kalite kontrol deneyleri ile uygulamanın istenilen iyileştirmeyi sağlayıp sağlamadığı kontrol edilebilir.



Şekil 2.4 : Vibroflotasyon Uygulaması (Url 08)

Bu yöntem Terra-probe olarak bilinen bir sonda yardımı ile de uygulanabilmektedir. 14,00 m boyunda olan sonda, bir vibratör yardımıyla zemine yerleştirilmektedir. Sürekli olarak zemine penetre edilmesi esnasında, kesintisiz olarak vibrasyonla sıkışma sağlanır. Çapı 76.00 cm olan içi boş çelik sonda, istenilen sıkıştırma derinliğinden 3.00-5.00 m daha derine, titreşimli çakıcı ile itilir. Birimin frekansı 15.00 Hz' dir. Saatte 1.00-3.00 m aralıklı 15 sondalama yapılabilir (Das, 1999).



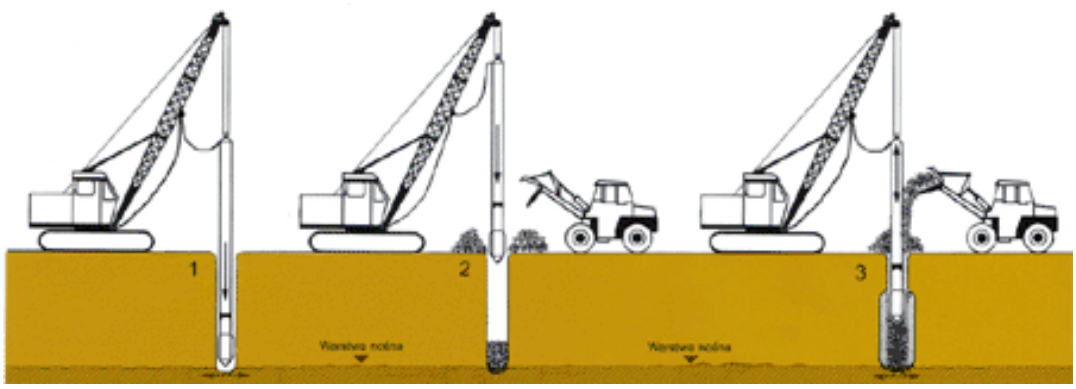
Şekil 2.5 : Vibroflotasyon Uygulaması (Das, 1999)

2.2.2 Taş kolonlar

Taş kolonlar zemin içerisinde, çakıllardan oluşturulmuş olan kolonlardır. Taş kolonlar, yumuşak ve gevşek zeminlerin iyileştirilmesinde kullanışlı bir yöntemdir. Taş kolonlar ile üstyapı proje yüklerine, saha ve zemin koşullarına bağlı olarak zeminin taşıma kapasitesi arttırılmakta, oturma süresi azaltılmakta ve deprem durumunda sıvılaşan veya mukavemetini kaybeden zeminler sağlamlaştırılmaktadır. Taş kolonlar, yüksek hidrolik geçirgenlikleri dolayısıyla, zemin içinde aynı zamanda dren olarak görev yapabilmektedir. Ayrıca, taş kolonların teşkili sırasında kolonlar arasındaki zemin de sıkıştığından, kolon teşkili sonrası ara zeminde kısmen ıslah edilmiş olmaktadır. Bu iki husus, bu tip kolonların deprem yükleri altında sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısının arttırılmasında dünyada çok yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır. Bir zemin iyileştirme yöntemi olarak taş kolonlar doğal şevlerin ve dolguların stabilitelerinin güvenliğini artırmada, temellerin oturacağı zeminler taşıma gücünün artırılmasında, toplam ve farklı oturma değerlerinin azaltılmasında, kil zeminlerin konsolidasyonun hızlandırılmasında ve kumlu zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin azaltılmasında başarı ile kullanımaktadır (Mihalis ve diğ., 2003). Ancak taş kolonlar sınırlı rijitlikleri dolayısı ile statik ve deprem yükleri altında özellikle zayıf killi ve siltli zeminlerde düşük yanal zemin direnci dolayısıyla kolayca deforme olabilmektedir. Böylece üst yapıda istenmeyen düşey toplam ve farklı deplasmanların oluşmasına neden olabilmektedir. (Demiröz ve Karaduman, 2009), (Url 03), (Durgunoğlu, 2004).

Taş kolon, uygulaması siltli kumlar için uygun bir zemin iyileştirme yöntemidir (Aiban, 2002). Taş kolonlar genellikle yumuşak ve orta katı kil zeminlerde, problemli zemin tabakası kalınlığının genellikle 10.00 m'den az olduğu koşullarda tercih edilmektedir. Taş kolon uygulaması ile oturma problemleri genellikle %50-60 oranında azaltılabilmekte, taşıma kapasitesi ise çok daha yüksek seviyelere çıkarılabilmektedir. Taş kolonlarının genellikle uçlarının sağlam bir taban zeminine oturtulması tavsiye edilmektedir. Üstyapı proje yükleri ve zemin koşullarına bağlı olarak 75.00-100.00 cm çapında taş kolonlar üçgen veya kare yerleşim planında projelendirilmektedir. İmalatlarda kullanılan taşların temiz, genellikle 10.00-50.00 cm boyutlarında ve içerisindeki ince dane oranı %5-10 arasında olan malzemeler ile yapılması gerekmektedir (Demiröz ve Karaduman, 2009).

Taş kolanlar, gevşek zeminlerin veya sıkıştırılmamış dolguların derin zeminlerde kompaksiyonu için vibroflotasyon işlemi kullanılarak oluşturulur. Bu kolonlar, zemini su jetiyle ve doğrudan delerek içine kaba granüler malzeme konulduktan sonra vibrasyonla sıkıştırılması sonucu elde edilir. Sondanın granüler zeminlere sürülmesiyle zeminde boşluklar oluşur, daha sonra meydana gelen bu boşluklar ya kuyunun başından ya da alttan beslemeli sistemler yardımıyla kuyu dibinden çakılla doldurulur. Bu doldurma işlemi sonrası sonda tekrar işleme dâhil olur. Bu işlem istenen taş kolon boyutları tam olarak ortaya çıkarılana kadar tekrarlı bir biçimde sürer. Her bir faz 30.00~50.00 cm ile değişen aralıklarla tekrarlanır. Şekil 2.6 da taş kolon uygulaması görülmektedir.



Şekil 2.6 : Taş Kolon Uygulaması (Url 09)

Bu yöntem, çelik kılıflar yardımıyla veya Franki methodunda olduğu gibi bir ağırlık düşürmek suretiyle de oluşturulabilmektedir. Bu tür uygulamalarda çelik kılıf zemine sürülür ve tepeden çakıl dolgu ile yapılır. Daha sonra bir ağırlığın düşürülmesi yardımıyla sıkıştırılır ve işlem tamamlandıktan sonra çelik kılıf çekilerek işlem bitirilir. Zemin iyileştirmesi taş kolon yönteminde, verilen tasarım niteliklerini karşılamayan zeminlerde, vibrasyon etkisi ile sıkışma sağlandığı için zeminlerde bir yoğunluk artışı elde edilir. Bundan dolayı taşıma gücünde, kayma mukavemetinde ve dren kabiliyetinde artış sağlanabilmektedir (Demiröz ve Karaduman, 2009), (Url 03).

Taş kolonlar zemin iyileştirme yöntemleri kapsamında kohezyonlu zeminleri de bu yöntem kapsamında iyileştirilebilir. Kohezyonlu, karışık ve tabakalı zeminler genellikle sadece titreşim uygulanarak kolaylıkla sıkıştırılamazlar. Bu yöntem özellikle bu tür zeminler için geliştirilmiş ve derin titreşim tekniğinin uygulanabileceği zemin tiplerinin kapsamı genişletilmiştir. Taş kolonların yoğunluğu ve kırma taşla uygunluğu taşıma kapasitesini artıracak, oturma miktarlarını azaltacak,

sıvılaşma potansiyelini düşürecek ve kayma direncini artıracak biçimde tasarlanır. Zeminlerin sıkıştırılması ve sağlamlaştırılması için uygulanan bu yöntemin üstten ve alttan beslemeli olmak üzere iki farklı uygulama biçimi vardır (Url 10).

Islak, Üsten Beslemeli Yöntem:

Bu yöntemde, yüksek basınçlı su jeti yardımıyla yumuşak malzemeler kuyu dışına atılır ve sonda kuyu dibine kadar indirilir. Dolgu malzemesinin, sondanın uç kısmına kadar inmesi sağlanır. Bu işlemde sonda zemin derinliklerine indirilirken kuyu çeperlerine basınç uygular. Bu şekilde kuyu çevresinde bir tutarlılık oluşturulur. Sonda geri çıkarılması esnasında uç kısmından basınçlı su, hava veya su-hava karışımı jeti vererek alt kısımdaki basıncı dengeler ve kuyunun göçmesine engel olur. Daha sonra, sonda yukarı çıkarılır ve dolgu maddesi olarak çakıl veya mıcır kuyuya doldurulur. Sonda tekrar kuyuya indirilir. Kendi ağırlığı ve tekrarlı düşey hareketler esnasında verilen titreşimle, dolgu malzemesinin sıkışması sağlanır. Kademeli bir şekilde bu işlem istenilen değerlerde taş kolon oluşturulana kadar devam eder. Bu işlem ancak 6.00-7.00 m ye kadar uygulanabilmektedir. Bu en sık kullanılan ve maddi açıdan en tasarruflu derin titreşim yöntemidir. Fakat bu yöntemde sonda zemin içerisine sürülmesi esnasında oluşan dışarı atılan zemin, sahanın ağırlaşmasına ve çalışma olanaklarının sınırlanmasına sebep olacaktır (Url 08), (Url 09).

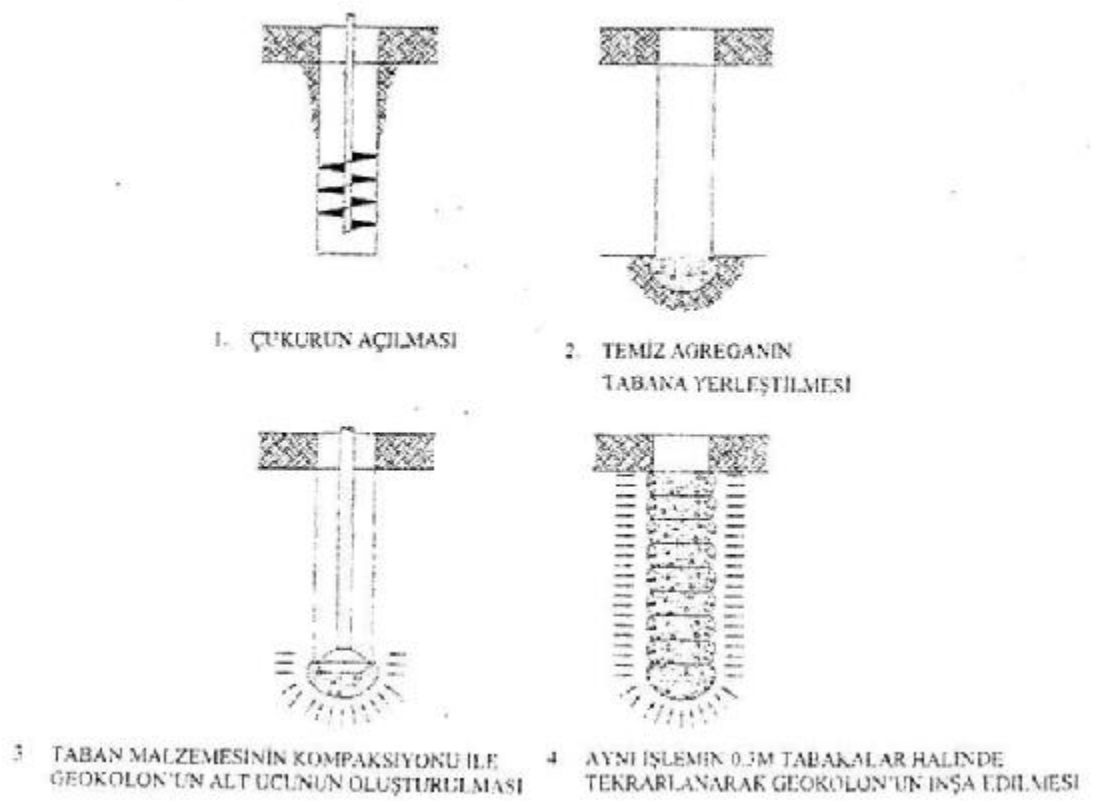
Kuru, Alttan Beslemeli Yöntem:

Bu yöntemde standart taş kolon sondaları da kullanılmaktadır. Bu ekipmana ek olarak dolgu malzemesinin konacağı bir hazne ve dolgu malzemenin kuyu dibine iletilmesini sağlayan bir oluk ilave edilmiştir. Alttan beslemeli taş kolon yöntemi tamamen kuru bir yöntemdir ve imalat süresince sonda zeminin içerisinde kalmaktadır. Bu sistemde dolgu malzemesinin doğrudan kuyu dibine indiğine emin olunabilir ve kolon imalatının üretim süresini kısaltır. Su fışkırtma sisteminin devre dışı kalması meydana gelebilecek olası artıkların da ortadan kalkmasına ve uygulanabileceği bölge sınırlarının genişlemesini sağlamaktadır. Bu yöntem 25.00m' ye kadar uygulanabilir ve yeraltı suyundan etkilenmez. (Url 08), (Url 09).

2.2.3 Sıkıştırılmış geokolon

Zemin iyileştirme yöntemleri içinde nispeten yeni bir yöntem olarak kabul edilen sıkıştırılmış geokolon uygulaması, son on yıl içinde, yumuşak zeminlerin iyileştirilmesinde oldukça başarılıdır ve ekonomik sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Bu yöntemde, zemin içinde kolonlar, zeminlerin içine oluşturulan kuyulara çok sert ve yoğunluğu yüksek agregaların yerleştirilerek sıkıştırılması ile oluşturulur. Agrega sütunları 600.00 mm ile 900.00 mm çapında ve doğal zemin kotundan itibaren 2.50 - 8.00 m derinliğinde, temel altında ise 2.00-6.00 m derinliğinde standart delgi metotları ile açılan delikler içinde oluşturulur (Url 06). Bu çok katı ve sıkıştırılmış agrega sütunları, yumuşak zeminlerde açılan çukurlara belli aralıklar ile tokmaklama yolu ile yerleştirilmektedir Kuyularda göçme riski varsa muhafaza boruları kullanılır ve her kademede uygulama için belirtilen kademe yüksekliği kadar yukarı çekilerek uygulamaya devam edilir. Tabaka kalınlıkları yapılan tasarıma ve uygulamaya göre 30.00-50.00 cm olmaktadır. Son adımda rijitliği ve sistemin kapasitesini arttırmak için, önyükleme uygulaması yapılarak tamamlanmış sütun üzerine aşağı yönde bir kuvvet belli bir süre uygulanır. Şekil 2.7 de sıkıştırılmış geokolon uygulaması görülmektedir. Bu yöntemde, kademeli olarak sıkıştırılan kolonların tabana değil sıkışma özelliği olan zeminlere oturmaktadır. Bu sayede kolonların oturtulması için tabanda sağlam zemine kadar kazı yapılmamış ve ekonomik olarak avantaj sağlanmış olmaktadır.

Temel oturma değerleri iki tabakalı zemin olarak değerlendirilmektedir. Agrega sütunları ile güçlendirilmiş bölge yaylı bir sistem olarak incelenmelidir. Altta kalan doğal zeminin oturması ise geleneksel gerilme yayılımı ve konsolidasyon yöntemi ile hesaplanmaktadır (Şenol ve diğ., 2000). Toplam oturma değeri ise bu kolonlar tarafından güçlendirilmiş bölgede (üst bölge) ve agrega sütunlarının oturduğu bölgede (alt bölge) oluşan oturmaların bileşkelerinin toplamıdır. Bu yöntem sayesinde imalat süreleri kısalır, deprem yükleri altında sıvılaşma potansiyelini önemli ölçüde düşer, zemin oturmalarını azalır, taşıma gücü değerleri yükselir ve temel stabilitesi sağlanır. Buna ek olarak yöntem, taşkolonlar, önyükleme, jet enjeksiyonu ve drenaj ile zemin iyileştirme yöntemlerinin yerine de kullanılabilir.



Şekil 2.7 : Sıkıştırılmış Geokolon Uygulama Yöntemi (Aykut ve diğ., 2000)

2.2.4 Dinamik yerdeğiştirme

Dinamik yerdeğiştirme, dinamik kompaksiyonun genişletilmiş hali olup ince dane miktarı fazla olan doygun kohezyonlu zeminlerde, siltlerde, killerde, tabakalaşmış zeminlerde ve yumuşak organik zeminlerde zemin dayanımını artırmak için kullanılır. Bu yöntemde 7.00 m'yi bulan ve mantar uçlu kazıklar gibi davranan 2.50 m ila 4.00 m arasında değişen çaplarda kolonlar teşkil edilebilmektedir. Granüler malzemelerden oluşturulan dolgular yüksek enerjili tokmaklar sayesinde sıkıştırılır. Büyük çaplı taş kolonlar oluşturulur. Kolon derinlikleri ve uygulanacak noktalar arası mesafeler labarotuvarda yapılan ön deneyler veya saha koşullarında yapılan deneyler ile belirlenmektedir (Thikakasiri ve diğ., 2001). Dinamik yerdeğiştirme metodunda 15.00 ila 30.00 ton arası yükler 10.00 ila 30.00 m yükseklikten düşürülmek suretiyle oluşturulur. Bu işlem yapılmadan evvel kolonların bulunacağı alanlardaki zemin kazılıp çıkarılır ve bu alanlar granüler malzeme ile doldurulur. Düşürülen bu ağırlık açılan bu alandaki malzemeyi istenen derinliğe kadar ulaşmaya ve sıkışmaya zorlar. Bu işlem sırasında dolgu işlemine kolon istenilen son halini

alana kadar kademeli olarak devam edilir. Oluşturulan bu kolonlar zemini sağlamlaştırır ve drenaj şartlarını iyileştirir (Url 10), (Url 11).

2.2.5 Kompaksiyon kazıkları

Kompaksiyon kazıkları, zemin iyileştirmesi uygulamaları arasında en etkili yöntemlerden biridir. Kompaksiyon kazıkları, ince, gevşek kumlarda zeminin yoğunluğunu arttırarak, sıvılaşma potansiyelini azaltmakta, taşıma gücünü arttırmakta, yumuşak çökelti, silt ve benzer zeminlerde taşıma gücü değerlerinin yükseltilmesi için uygulanan yer değiştirme kazıklarıdır. Prekast beton kazıklar, ön germeli beton kazıklar, bir ucu kapalı boş çelik kazıklar, ahşap kazıklar gibi çeşitli yerdeğiştirme kazıklarının zemine çakılması ile bu uygulama gerçekleştirilir ve bu sayede zemin yoğunluğu artırılmış olur. Bu kazıklar genellikle 20.00 metre derinliğe kadar uygulanabilmektedir. Bu kazıkların zemine çakılırken, hem zeminin gerçek yer değiştirmesi hem de çakma işlemi esnasında oluşan titreşimler yardımıyla zemini sıkıştırır ve sağlamlaştırır. Kazıklar zemine yerleştirildikten ve yeterli sıkışma sağlandıktan sonra zemin içerisinde bırakılır. Bu kazıklar genellikle ızgara şablonunda uygulanır ve kazıklar arasındaki zeminin istenilen seviyede sıkıştırılması için uygulama noktaları birbirlerine yakın olarak seçilir. Bu uygulama kumlu zeminlerde uygulama değerleri hesaplanırken, uç dayanımı yarı ampirik tasarım yöntemleri ile, çevre dayanımı ise Mohr-Coulomb kırılma teorisinden yola çıkılarak hesaplanmaktadır (Kloty ve diğ, 2002). Vibroflotasyon ve terraprobe uygulamaları göz önüne alındığında ince daneli zeminlerde kompaksiyon kazıkları maliyet ve uygunluk bakımından daha uygun bir yöntemdir. Ayrıca suya doygun zeminlerde çok etkili bir yöntemdir (Url 03), (Demiröz ve Karaduman, 2009).

2.2.6 Konsolidasyon ve drenaj yöntemleri

Permeabilite katsayısının düşük olduğu, geçirimsiz veya yarı geçirimli, ince daneli zemin üzerindeki yapıdan, yapı yükleri neticesinde oluşan gerilmelerden ötürü konsolidasyon oturmaları meydana gelmektedir. Bu oturmalar çok uzun sürelerde meydana gelmektedir. Bazı durumlarda oluşan bu konsolidasyon oturmaları yapıya zarar verebilecek seviyelere ulaşabilmektedir. Bu olası oturma problemlerini çözmek için farklı iyileştirme yöntemleri uygulanabilmektedir. Bunlardan bazıları; önyükleme, drenler ve vakum yöntemleridir.

2.2.6.1 Önyükleme metodu

Yumuşak kil tabakalarının mukavemetini arttırmak ve ince daneli ve permeabilite katsayısı düşük zeminler üzerinde inşa olunacak yapılar altında meydana gelebilecek konsolidasyon oturmalarını azaltmak için en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Önyükleme metodunda esas yapının inşasından önce inşaat sahası geçici olarak yapı yükünden fazla olmak üzere kum ve çakıl dolgu ile yüklenmekte ve dolgu ağırlığı ile beraber oluşturulacak gerilmeler ile temel zemin tabakalarının konsolide olması sağlanmaktadır. Zeminin mukavemeti uygulanan ağırlık ve konsolidasyon basıncı doğrultusunda artırabilmektedir. İstenilen oturma değerleri sağlandıktan sonra ilave dolgu kaldırılarak yapı inşası başlatılabilmektedir. Bu süre içinde uygulanan ağırlıklar ve gerilmeler altında zemin oturma yapmakta ve yeni inşa edilen yapıdan aktarılan yükler altında oluşabilecek oturmalar tamamlanmış veya nihai oturmanın tamamına yakını gerçekleşmiş olacaktır. Bu yöntem killi, yumuşak ve aşırı sıkışabilen zeminlerde çok başarılı sonuçlar vermektedir.

Zemin içerisine düşey kum drenaj kolonları veya yapay drenaj levhaları yerleştirilerek önyükleme esnasında konsolidasyon süresini düşürmek mümkündür. Bu uygulamalar neticesinde zemin içindeki su hem düşey hem de yatay yönde hareket ederek drenaj kanalları yardımıyla zeminden uzaklaştırılır. Bu sayede zeminin konsolidasyonu oldukça hızlanır. İnce daneli geçirimsiz zeminlerde uygulanabilecek diğer zemin iyileştirme yöntemlerine kıyasla daha ekonomik olmakla beraber oturmaların gerçekleşebilmesi için gerekli olan süre daha uzun olmaktadır (Demiröz ve Karaduman, 2009).

2.2.6.2 Vakum yöntemi

Bu yöntem, ön yükleme esnasında ve yumuşak, çok yumuşak, doygun geçirimsiz zeminlerde uygulanmaktadır. Bu yöntem birçok ülkede zemin iyileştirilmesinde kullanılmaktadır (Chu ve diğ., 2000). Önyükleme uygulaması yapılacağı zeminlerde kullanılacak olan dolgunun ekonomik olmadığı ve yumuşak zeminlerde sürşarj yüksekliğine kayma mukavemetinin sınırlamalar getirdiği durumlarda vakum yöntemi kullanılması uygundur. Aynı yük değerleri altında önyükleme methodu ile mukayese edildiğinde vakum yönteminin daha ucuz ve hızlı olmaktadır (Chu ve diğ., 2000). Vakum yöntemi yumuşak zeminlerin iyileştirilmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Vakum yöntemi etkileri genellikle boşluk suyu

basınçlarındaki değişimleri ile kontrol edilir. Bu boşluk suyu değişimleri analiz edilmeli ve konsolidasyon derecesinin değerlendirilebilmesi için bu analizlerden yararlanılmalı (Chu ve diğ., 2005). Uygulama yatay ve düşey vakum iletim borularının hava geçirmeyen geçirimsiz bir membran altına yerleştirilmesi ve membran altındaki havanın tahliye edilmesi neticesinde zemine bir atmosferik basınç etki eder. Bu yükleme işlemi zeminin izotropik konsolidasyonunu hızlandırır. Bu sayede uzun süreli ve dengesizlik potansiyeli olan yükleme ihtiyacını elemine eder. Vakum yöntemi; zaman tasarrufu sağlar, yükleme veya inşaat, uygulama başladıktan sonra en erken iki hafta içerisinde devam edebilir. İzotropik konsolidasyon kalıcı yapıya gelebilecek fazladan yüklerden doğabilecek hata riskini azaltır. Oturma oranları ve değerleri denetlenebilir. Ön yüklemede karşılaşılabileceği gibi şev stabilite riskleri yoktur. Dolgunun ekonomik olmadığı ve de yumuşak zeminin kayma mukavemetinin sürşarj yüksekliğine sınırlamalar getirdiği yerlerde yüzeye vakum uygulanması metodu kullanılır (Url 11).

2.2.6.3 Drenler

Bu yöntem, zemin su muhtevasının azaltılmasını ve zemin özelliklerinin iyileştirilmesini sağlamaktadır. Su muhtevalarındaki artışlar, ince daneli zeminlerde mukavemet ve taşıma gücünde kayıplarına sebep olmaktadır. Bu nedenle sahada zemin özelliklerinin korunması ve iyileştirilmesi için, sahadan mümkün olduğunca suyun uzaklaştırılması ve sahaya su girişinin önlenmesine gerekmektedir. Bunun için sahada uygun nitelikli drenaj alt yapısının oluşturulması gerekmektedir. Bu amaçla, derin drenaj uygulamalarında ve suyun sahadan uzaklaştırılmasında drenler kullanılabilmektedir.

Geçirimsiz zeminlerin üzerinde inşa edilecek yapılarda, yapının tamamlanmasında sonra oluşabilecek konsolidasyon oturmalarının önüne geçmek için drenler uygulanabilmektedir. Bu drenler ayrıca olası konsolidasyon oturma hızlarını da olumlu yönde etkimektedir. Bu drenler; düşey drenler, kum drenler ve prefabrike drenler olarak sıralana bilmektedir.

Düşey Direnler

Düşey direnler geçirimsiz tabakaların konsolidasyonunu hızlandırmak için kullanılır. Düşey direnler düz veya yuvarlak biçimli esnek tüplerden teşkil edilir. Şekil 2.8 de 45m kapasiteli titreşimli bir makine yardımı ile düşey diren imalatı görülmektedir.

Kum ve granüler kolonlarda da çevredeki zeminin cinsine ve doğal şartlara bağlı olarak düşey direnler kullanılabilmektedir. Genellikle geçici dolgu ve bentler ile birlikte, zemine ön yükleme uygulanırken birincil konsolidasyona daha kısa sürelerde ulaşmak için kullanılır ve zaman içerisinde oluşabilecek ikincil konsolidasyonlar bir önlem görevi görmektedir (Url 11).

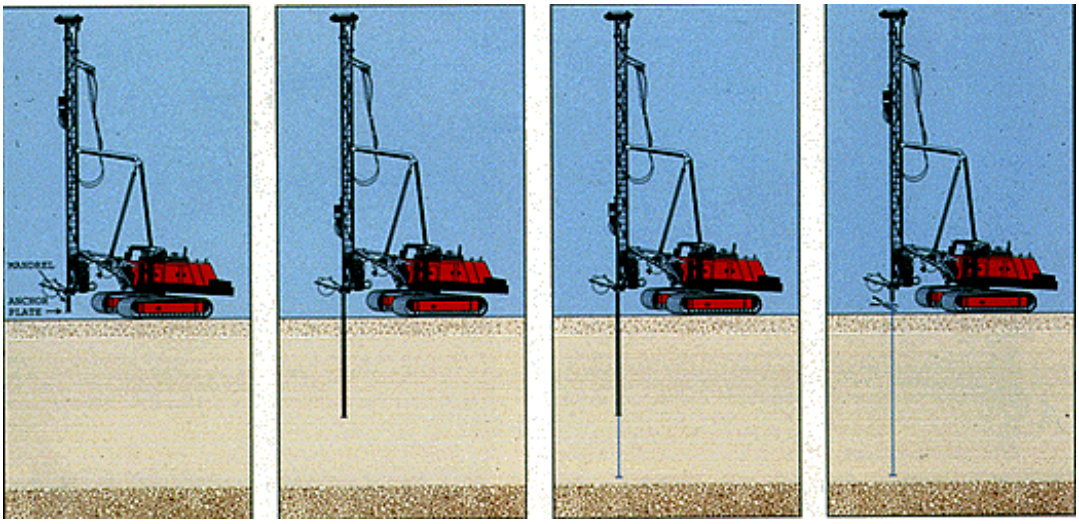


Şekil 2.8 : Düşey Dren Uygulaması (Url 11)

Prefabrike Düşey Drenler

Prefabrike düşey direnler zemin konsolidasyonunun süresini yıllardan aylara düşürmek için kullanılırlar. Oturmaların çoğu inşaat aşamasında gerçekleşir bu yüzden yapı imalatı sonrası oluşacak oturmaları en düşük mertebede tutmak gerekmektedir. Suya doygun ince daneli zeminlerde, konsolidasyon çok yavaştır çünkü bu tür zeminler düşük permeabiliteden dolayı boşluk suyunun zemin boşluklarından çıkışına engel olmaktadırlar. Büyük geçici yükler altında dahi bu suyun çıkışı, boşluk suyunun yavaş hareketi ve alacağı mesafenin fazla olması nedeniyle yıllar sürebilmektedir. Prefabrike düşey drenlerin zemin içerisine yerleştirilmesi boşluk suyunun alacağı yolu kısaltarak rahatlıkla drene edilebileceği bir yola yönlendirir ve konsolidasyon süresinin kısalmasına yardımcı olur.

Yerleştirilen bu düşey drenlerin arasındaki mesafe ihtiyaç duyulan oturma zamanına göre düzenlenir. Prefabrike drenler düşey doğrultuda 65.00 m ye kadar uygulanabilmektedir. Şekil 2.9 da bir prefabrike düşey dren uygulaması görülmektedir.



Şekil 2.9 : Prefabrike Düşey Dren Uygulaması (Url 09)

Su, artan hidrostatik basınçlar altında filtreli kumaş drenlerden boyunca akar ve kanallar içerisindeki dren çekirdeğine ve buradan da su düşey olarak zemin dışına atılır. Bu akım yukarı veya aşağı yönlü doğal kum tabakalarıyla kesiştiği noktalara doğru veya yüzeyde oluşturulan kum drenaj örtüsüne veya sıkı drenlere doğru olabilir. Zemin içerisindeki su yüzeye ulaşabileceği, en rahat drenaj hattına yönelir. Drenler genellikle üçgen ızgara şablonlar biçiminde oluşturulur. 1.00 ila 4.00 m arasında değişen mesafelerde, istenilen konsolidasyon süresine uygun olarak yerleştirilir. Bu yöntemin neticesinde konsolidasyon süresi kısaltılır ve inşaat sonrası oluşabilecek oturmalar en aza indirgenmiş olur (Url 09).

Kum Drenler

Kum drenler, zeminin bir kazık çakılarak ve çeşitli ekipmanlarla boşaltılarak yerine oluşturulan boşluklara temiz kum yerleştirilmesi ile oluşturulan kum kolonlarıdır. Konsolidasyon oturmaları önyükleme metodu ile genellikle çok uzun zamanlarda gerçekleşmektedir. Bu konsolidasyon süresini kısaltmak amacıyla düşey kum drenler zemin içine yerleştirilerek zemin içerisindeki suyun drenajı hızlandırılabilmektedir. Kum drenler yardımıyla düşük permeabilite katsayısına sahip killerde, kil içindeki drenaj yolu kısaltılarak konsolidasyon hızı arttırabilir. Zemin içinde açılan kuyulara yerleştirilen kum filtre malzemelerin drenaj kabiliyeti yüksek bir dane dağılıma sahip

olmalıdır. Ayrıca kuyulara doldurulacak olan bu filtre malzemesi, yerleştirilmeleri esnasında yeterince sıkıştırılmalıdır. Kuyulara yerleştirilen bu malzeme zemin drenajı sırasında zeminden gelmesi muhtemel ince daneleri tarafından tıkanmamalıdır. Bu drenlerin ince daneli malzemeler tarafından tıkanması durumunda dren kabiliyeti azalacak veya drenaj yeteneğini kaybedecektir. Bunun önüne geçebilmek için dren malzemesi geotekstillerle çevrelenerek bu ince daneler tarafından tıkanmasına mani olunacaktır. Kum drenleri konsolidasyon oturmasına tek başlarına sebep olmadıkları için ön yükleme metodu ile birlikte kullanılmalıdır. Kum drenler genel olarak 30.00-45.00 cm çapında ve 1.50-3.00 m aralıklarla kare veya üçgen şablon düzenleri ile dizayn edilirler (Demiröz ve Karaduman, 2009).

2.2.7 Derin karıştırma

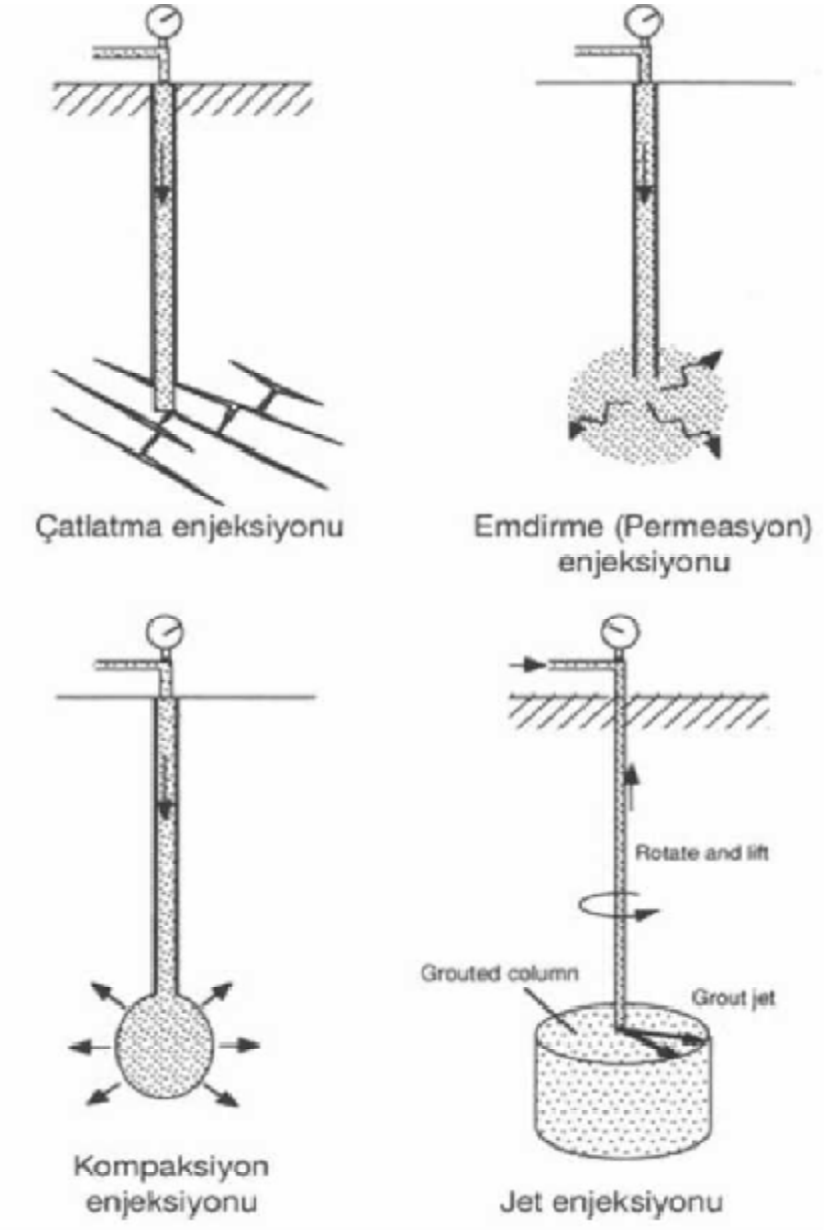
Derin karıştırma yönteminin ilk uygulamaları Japonya, Amerika ve İsveç'te yapılmıştır. Kazık sisteminde çıkarılan mevcut zeminin çıkarıldıktan sonra uzaklaştırılması gerekliliği ve bunun yanında kullanılan malzemeler (çelik, beton vs.) oluşturduğu maliyet, imalat sürelerinin uzunluğu bu yöntemin geliştirilmesine sebep olmuştur. Bu yöntemde esas amaç mevcut zeminin belli derinliklerde uzaklaştırılmadan bulunduğu yerde çeşitli bağlayıcılar ve katkılar yardımıyla iyileştirilmesidir. Bu amaç için özel olarak üretilmiş bıçak uçları ve makinalar kullanılmıştır. Bu yöntemde esas, karıştırıcı şaftından malzemeyi zemine zerkedip kanatlı veya burgu karıştırıcılarla zemini karıştırma işlemine dayanmaktadır. Derin karıştırma yöntemi ana prensip olarak iki gruba ayrılabilir; yüksek basınçla püskürten ve düşük basınçla enjeksiyon (su-çimento karışımı) jet enjeksiyon püskürten mekanik karıştırma sistemi. Derin karıştırma yönteminin uygulandığı zeminlerde, kayma mukavemetinin arttırılması, permeabilitesinin azaltılması veya zararlı maddelere karşı dayanıklılığının artırılması amaçlanmaktadır. Bu yöntem, jet veya burgular kullanılarak, mevcut zeminin bağlayıcı bir katkı malzemesi ile karıştırılması neticesinde oluşturulan kolonlardır. Sahada derin karıştırma ile oluşturulan kolonlarda bağlayıcı malzeme hava yardımıyla zemine enjekte edilebilmektedir. Hava ve bağlayıcı (kireç, cimento,vs.) bir oluk yardımıyla daha önceden oluşturulacak kolonun dip kısmına indirilmiş karıştırıcı bıcaklara ulaştırılır. Oluklardan hava yardımıyla iletilen bu bağlayıcılar bıçak yardımıyla zemin ile karıştırılırken, sistemin yukarı hareket ettirilmesi ile zemin içerisinde karışım kolonlarını oluşturur (Verastegui, 2003). Derin karıştırma yönteminde bağlayıcı

olarak çimento, uçucu kül, yüksek fırın cürufu, kireç, çeşitli katkılar veya bunların kombinasyonları kullanılmaktadır. Zemin cinsine bağlı olarak kullanılan bağlayıcı madde hacmi iyileştirilecek zemin hacminin %20-30'u kadar olmalıdır. Sahada uygulama öncesi yapılan deneyler ve laboratuvar deneyleri neticesinde elde edilen zemin tipi ve özelliklerine göre kullanılacak bağlayıcı malzeme, uygulanacak enerji belirlenmektedir. Zaman içinde, genel uygulama prensibi aynı olan çeşitli teknikler kullanılmıştır. Derin Kireç Karıştırma, Derin Kimyasal Karıştırma, Derin Karıştırma vb. olarak isimlendirilen bu yöntemler genel olarak "Derin Karıştırma" uygulamalarıdır. Bu yöntemlerin ana gelişme nedeni süratli ve ekonomik uygulanabilmeleridir (Demiröz ve diğ., 2009), (Durgunoğlu, 2004), (Duran ve diğ., 2000).

2.2.8 Enjeksiyon

Zemin enjeksiyonu, zemin içerisindeki boşluklara akışkan malzemelerin basınç altında zerk edilmesidir. Buradaki amaç zemine aktarılacak yapı yüklerinin zemin tarafından sağlıklı bir biçimde taşınabilmesi için zeminin ya da kaya kütlesinin mühendislik özelliklerini iyileştirmektir. Bu iyileştirme zeminin mekanik özellikleri (gerilme-deformasyon ve dayanım gibi) ile hidrojeolojik özellikleri (geçirimlilik gibi) değiştirilmesi ile oluşturulabilir. Bu amaçla zeminin kayma mukavemeti artırılır, enjeksiyon yardımıyla danelerin birbirine kenetlenmesi sağlanır ve zemin boşlukları doldurularak zemin geçirimsiz hale getirilmeye çalışılır. Bu uygulamanın da kökeninde diğer iyileştirme yöntemleri gibi eskiye dayanmakla birlikte günümüzde halen enjeksiyon için kullanılan ekipmanlar ve karışım malzemeleri geliştirilmektedir. Bu geliştirilen yeni malzeme ve ekipmanlar doğrultusunda enjeksiyon tekniği, barajlarda sızdırmazlık perdesi oluşturulmasında, madenlerde sızdırmazlık ve dayanım kontrolü için, tünellerde kazım esnasında gevşek zeminlerin ve parçalı kayaların stabilizasyonunda ve kazı sırasında su sızıntılarını önlemek amacıyla, sondaj ve numune alma esnasında su problemlerinin çözümünde, zemin boşluklarının doldurularak olası yapı yüklerinden ötürü oluşabilecek oturmaların engellenmesinde, mevcut ve yeni inşaa edilecek yapıların zemin emniyet gerilmelerinin artırılmasında ve özellikle de son yıllarda tünel kazımı sırasında yüzeydeki veya yakın çevredeki yapılarda meydana gelebilecek zararlı oturmaların engellenmesinde ve deprem esnasında gevşek, suya doygun zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin azaltılmasında kullanılmaktadır. Bu uygulamalarda kullanılacak

malzeme ve ekipmanlar her uygulama ve zemin için uygun değildir. Enjeksiyon ekipman, malzeme ve parametreleri (enjeksiyon hızı, enjeksiyon basıncı, vs.), zemin koşullarına (rölatif sıkılık, dane çapı dağılımı vs.) ve kullanılacak amaca göre belirlenmeli ve uygulanmalıdır. Farklı enjeksiyon teknikleri enjeksiyonda kullanılan malzemesinin ve karışımların zemine zerk edilme biçimine ve zemin özelliklerine bağlı olarak geliştirilmiştir. Şekil 2.10 da görülen bu teknikleri kompaksiyon, çatlatma, emdirme ve jet enjeksiyonları olarak sıralanabilir (Demiröz ve Karaduman, 2009), (Tunçdemir, 2004).



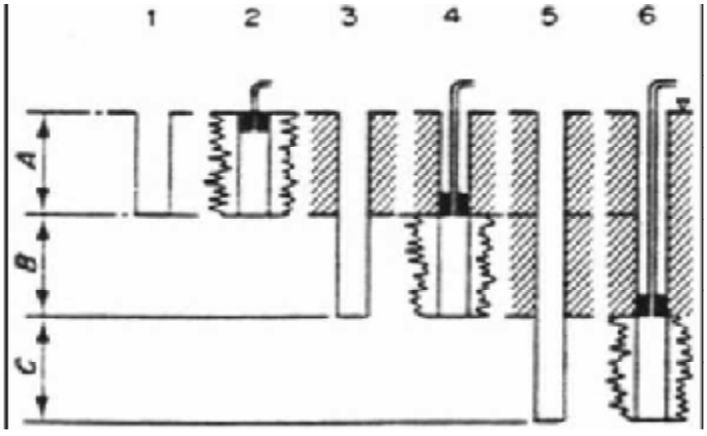
Şekil 2.10 : Enjeksiyon tekniklerinin şematik gösterimi (Tunçdemir, 2004)

Emdirme Enjeksiyonu

Bu enjeksiyon tekniğinde zemin içerisindeki boşluklara, düşük vizkoziteli enjeksiyon malzemesi, düşük basınçlarda verilmektedir. Bundan dolayı, zemin hacmi ve yapısında herhangi bir değişiklik oluşturulmamaktadır. Zemine enjekte edilen karışımları, zamanla sertleşmekte ve bu sayede zeminin mekanik ve hidrojeolojik özellikleri iyileştirilmektedir.

Emdirme enjeksiyonu yüzeysel derinliklerde tek aşamada uygulanabilmektedir. Bu durumda enjeksiyon kuyusu belirlenen derinliğine kadar açılır ve enjeksiyon borusu yardımıyla enjeksiyon yukarıya doğru verilerek işlem gerçekleştirilir. Başka bir seçenekse, enjeksiyon işleminin kuyu açılırken tatbik edilmesidir. Kuyu belli aralıklarla açılarak enjeksiyon borusu indirilir ve enjeksiyon verilir. Bu işlem iyileştirme için belirlenen derinliğe kadar devam eder.

Göreceli olarak yüksek enjeksiyon basınçlarının gerektiği daha derin zeminlerde, kademeli enjeksiyon işlemi daha etkili bir emdirme için kullanılabilir. Bu uygulamada kuyu belli kademelere kadar açılarak ve enjeksiyon verilir. Daha sonra enjeksiyonun prizini alması ve sertleşmesi beklenir. Bundan sonra işlem tekrarlanarak tasarım derinliğine kadar uygulanır. Bu sayede uygulanabilecek enjeksiyon derinliği ve basıncı artırılır. Olası yüzeysel enjeksiyon sızıntıları ile enjeksiyon malzeme kaybını engeller. Şekil 2.11 de kademeli enjeksiyon uygulaması gösterilmektedir (Tunçdemir, 2004).



Şekil 2.11 : Kademeli Enjeksiyon İşlemi (Tunçdemir, 2004)

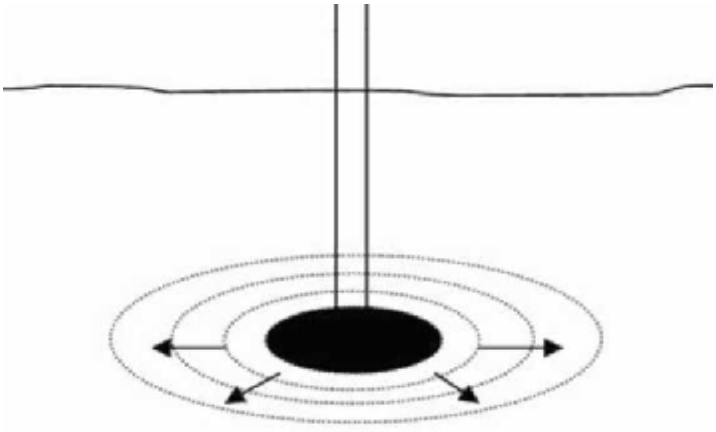
Kompaksiyon Enjeksiyonu

Kompaksiyon enjeksiyonu yaklaşık 50 yıl önce uygulanmaya başlanmıştır. Genellikle zayıf veya yumuşak zeminlerin sıkıştırılmasında, temel ve döşeme zeminlerinin desteklenmesinde, yapı oturmalarının oluşmasına mani olmak, farklı oturmalar oluşmuş olan yapı temellerinin iyileştirilmesinde ve bu temellerin eski konumlarına getirilmesinde ve son 10 yıl içerisinde sıvılaşmayı önleyici amaçlarla kullanılmaktadır. Kompaksiyon enjeksiyonu uygulaması su kum, silt ve çimentodan oluşturulan katı, ağır bir akışkanın (yüksek viskozitede) zemin boşlukları içerisine nüfus etmeden enjeksiyon noktası etrafında genişleyen bir kütle oluşturacak biçimde basınçlı bir şekilde zemine enjekte edilmesi ile oluşturulur. Bunun sonucunda uygulanan enjeksiyon etrafında bulunan gevşek zeminler sıkıştırılmış olur. Kompaksiyon enjeksiyonu sistemi, zemin çimento karışımının enjeksiyon olarak kullanıldığı zemin iyileştirme tekniklerinden biridir. Enjeksiyonun zemine verilme sırasında oluşan sıkışma ve verilen enjeksiyon malzemesinin zeminden daha yüksek bir dayanıma sahip olmasından ötürü zeminin sıkışması gerçekleşir. Ayrıca bu yöntemin uygulanması sırasında minumum vibrasyon ve sesin oluşması ve sonucunda yüksek durabiliteli kolonların oluşuyor olması bu yöntemin bir başka avantajıdır (Chun ve diğ., 2005). Bu yöntemde, enjeksiyon karışımı çok katı olmalı ve uygulama ekipmanı çok yüksek basınçlarda yaklaşık 3.50 MPa kadar enjeksiyonu basabilmelidir. Kompaksiyon enjeksiyonu, hemen hemen tüm zeminlere uygulanabilmektedir. Kompaksiyon enjeksiyonu tasarlanırken ve uygulanırken, zemin içerisinde oluşturulan enjeksiyon kütlesini uzun süre yeterli dayanıma sahip olması gerekmektedir. Ayrıca bu uygulamanın çok yumuşak killerde uygulanması ilave boşluk suyu basınçları oluşmasına, bu da ilerleyen zaman sürecinde oturmalara yol açabilmektedir. Kompaksiyon enjeksiyonunun şematik olarak gösterimi Şekil 2.12 de görülmektedir. (Tunçdemir, 2004), (Url 03).

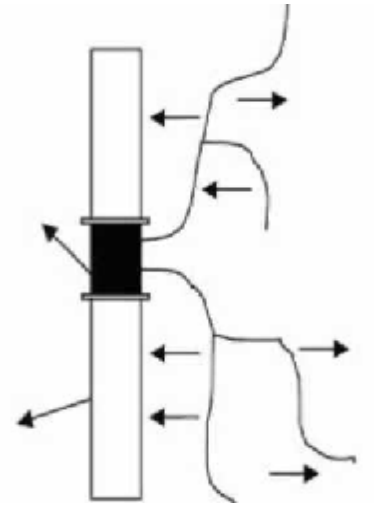
Çatlatma Enjeksiyonu

Emdirme enjeksiyonunun mümkün olmadığı düşük geçirimliliğe sahip, ince daneli zeminlerin stabilizasyonunda çatlatma enjeksiyonu kullanılmaktadır. Çatlatma enjeksiyonunda zemin kontrollü bir şekilde, kararlı fakat akışkan çimento şerbeti yüksek basınçlarda (4.00 MPa) zemine verilerek zeminin çatlatılması ile oluşturulur. Enjeksiyon için hazırlanan çimento şerbetinde kullanılan su/çimento oranlarının kısmen daha yüksek olduğu ve karışımına hareketlilik kazandırmak amacı ile başta

bentonit olmak üzere farklı katkı malzemeleri ilave edilmektedir. Hazırlanan bu çimento şerbeti, başlangıçta yüksek basınçlarla zemine enjekte edilir ve zeminde çatlaklar oluşturulur. Oluşan bu çatlarlar çimento enjeksiyonu ile doldurulur. Uygulama sonunda zeminin kontrollü biçimde ve lokal olarak sıkıştırılmasını sağlayan, Şekil 2.13'de de görünen, ağaç dallarına benzer şekilli sertleşmiş çimento kanalları oluşmaktadır (Tunçdemir, 2004).



Şekil 2.12 : Kompaksiyon Enjeksiyonunun Şematik Gösterimi (Tunçdemir, 2004)



Şekil 2.13 : Düşey yönde çatlakların oluşumu ve yatay sıkıştırma (Tunçdemir, 2004)

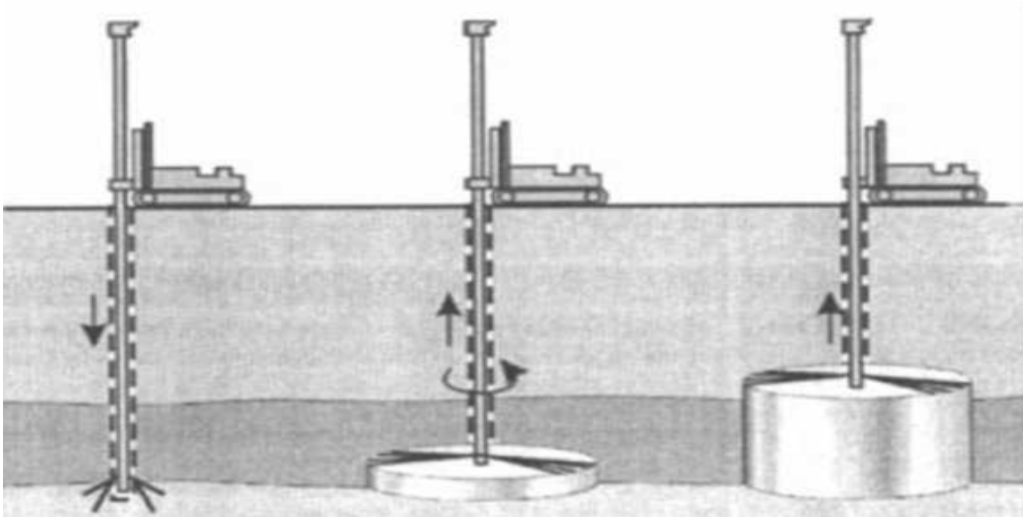
Jet Enjeksiyonu

Jet enjeksiyonu, sıkışabilen killer, dolgu ve organik zeminler üzerindeki yapıları, bentleri, rıhtım yapılarını ve yüzeysel yapıları desteklemek için kullanılır. Bu uygulamada yüksek tork kapasitesine sahip ekipmanları ve yüksek statik itiş gücü uygulayan, hemen hemen hiç zemini bozmayan ve titreşim uygulamayan özel olarak tasarlanmış bir kazı ekipmanı kullanılır. Bu ekipman geri çekilme işlemi sırasında çevredeki zeminle birlikte verilen basınçlı enjeksiyon yardımı ile önceden belirlenen

sıkılıkta kolon oluşturur. Ağır yüzey yükleme durumuna iyi adapte olur. Zemin yapısını fazla zedelemediği için oluşabilecek artıkların kuyudan atılması gerekmemektedir. Yüzeyde en az tahribatı oluşturur ve ekonomik olarak zeminin dayanımını artırır. Jet enjeksiyonu özellikle klasik işlemlerle enjeksiyon yapılamayan zeminler için uygundur. Bu yöntem yüksek basınçlar (400-500 bar) altında çimento enjeksiyonu ile yapılan bir zemin iyileştirme yöntemidir. Jet enjeksiyonu zemin içinde zemin ve çimento karışımından kolonlar oluşturur. Uygulanan yüksek basınç ve yüksek akış oranının ile oluşturulan yüksek enerjili karışım zemine enjekte edilerek zeminin parçalanır ve mekanik ve fiziksel karakteristik özelliklerinde değişiklikler oluşturulur. Uygulama ekipmanının sabit kısmı (çimento silosu, enjeksiyon kazanı, yüksek basınçlı pompa) esnek yüksek basınca dayanıklı bir kablo yardımıyla her enjeksiyon noktasına rahatça hareket edebilen zemin kazı makinelerine bağlanır. Önceden bu özel kazı ekipmanları ile su kullanılarak kuyular açılır. Zeminde istenilen derinliğe ulaşıldığında, delici ekipmanların ucunda bulunana enjeksiyon nozulları belirli bir basınçta enjeksiyonu zemine vermeye başlar. Bu işlem sırasında nozullar kendi etrafında belirli hızlar ile dönerek yukarı çekilir ve bu sayede zeminin içinde bir kolon teşkil edilir. Bu delici uçlar zemin tipine ve istenilen iyileştirme değerlerine göre farklılıklar göstermektedir. bu uygulama esnasında kolon çapını artırmak için su ve hava jetleri de kullanılabilmektedir. Bu jet enjeksiyonu kolonları geçirimsizlik perdesi olarak, zemin taşıma gücünü artırmak, zeminin yapı yüklerini taşıyamadığı durumlarda yükü sağlam zemine aktarmak, oturma değerlerini düşürmek, var olan yapıların temellerini güçlendirmek, tünellerde deformasyonları önlemek ve sıvılaşma potansiyelini düşürmek amacıyla kullanılmaktadır. Şekil 2.14 de jet enjeksiyonu uygulaması görülmektedir. (Url 11), (Durgunoğlu, 2004), (Tunçdemir, 2004).

2.2.9 Dinamik kompaksiyon

Dinamik kompaksiyon granüler zeminlerde, dolgularda, bentlerde, gevşek zeminlerde zeminlerin iyileştirmesi amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Temel olarak bir ağırlığın uygun ekipmanlar kullanılarak, belirli bir yükseklikten serbest düşürülmesi esasına dayanır. Bu yöntemde zemine düşürülen ağırlık vasıtasıyla zemine enerji aktarılarak veya oluşturulan titreşimlerle zeminde sıvılaşma oluşturularak zeminlerin sıkışması sağlanır. Bölüm 3'te bu yöntem detaylı bir şekilde ele alınmaktadır.



Şekil 2.14 : Jet Enjeksiyonu Uygulaması (Tunçdemir, 2004)

2.3 Alternatif Zemin İyileştirme Yöntemleri

İyileştirme yaöntemleri içerisinde son zamanlarda geliştirilen ve geliştirilmekte olan alternatif yöntemleride vardır. Bunların başlıcaları; termal yöntemler, Geosentetik uygulamaları, biyoteknolojiler ve kum torbası yöntemleridir

2.3.1 Termal yöntemler

2.3.1.1 Isıtma metodu

Zemin bileşenleri ısıtma işlemi ile kristal ya da cam ürünler haline getirilir. Zeminin sürekli ısı verilmesi zemin özellikleri üzerinde değişiklikler olmasını sağlamaktadır. Zeminin özellikleri ve koşullarına göre uygulanacak sıcaklık 300-1000°C arasında değişmektedir. Bu işlem sırasında zemine komşu yapılar ya da etkilenebilecek unsurlar dikkatlice izlenmelidir. Zeminlerin; plastisite indisi, kabarma özellikleri, mukavemet, sıkışabilirlik ve taşıma gücü gibi özelliklerinde termal ısıtma metodu ile iyileştirmeler sağlanabilir. Ortam sıcaklığının artırılması ile lösler başta olmak üzere doygun olmayan siltlerin ve killerin zemin özellikleri iyileştirilebilir. Killi zemin ısıtıldığında zamanla içerisindeki suyu kaybederek sertleşir. Yeterli ısıya ulaşıldığında sertlik çözülmez. 900ºC'nin üstündeki ısılar killeri tuğla haline getirebilir. Ancak zeminleri yerinde bu gibi ısılarla iyileştirme hem ekonomik hem de pratik bir yöntem değildir. Bunun yanında elde edilen bilgiler doğrultusunda 400-600 ºC'de ısıtıldığında killerde büyük ölçüde nem ve su kalmadığı gözlemlenmiştir (Demiröz ve Karaduman, 2009).

2.3.1.2 Dondurma metodu

Boşluk suyunu dondurmak suretiyle yapılan, akma ve göçme eğilimi gösteren ortamlarda açık kazıların, tünellerin, yeraltı kazılarının yapımını kolaylaştırmak amacıyla uygulanan bir zemin iyileştirme metodudur. Zemin içerisine yerleştirilen boruların içerisinden geçirilen soğuk hava yardımıyla zeminde sıcaklığı düşürülmesi sağlanabilir. Bu yöntemde, çabuk dondurma işlemi sıvı nitrojen ve sıvı karbondioksit kullanarak geliştirilmiştir. Nitrojen (-20)-(-40) C^o olan tuzlu suyla karıştırıldığında nitrojenin kaynama noktası (-196) C^o değerlerine gelmektedir. Bu sayede daha hızlı soğutma sağlanabilmektedir. Genel kural olarak her ortamda dondurma uygulanabilir fakat maliyetler çok yüksektir. Bu yöntem için en ideal uygulama şartları, yumuşak zeminlerde, yeraltı su seviyesinin altında ve 7.00-8.00 m. derinliklerinde yapılmasıdır. Bu yöntemin kesinlikle değişken yeraltı sularının olduğu zeminlerde uygulanamaz. (Demiröz ve Karaduman, 2009).

2.3.2 Geosentetik uygulamalar

Geosentetiklerin son yıllarda inşaat sektöründe kullanımı giderek artamaktadır. İnşaat sektöründe kullanılan başlıca geosentetik çeşitleri geotekstil, geogridler, geomembranlar, geonetler, geokompozitler, geoborular, geofoam, geotüp, geoboru ve geosentetik kil kaplamalarıdır. Yumuşak killer üzerine oturan dolguların takviyesinde ve iyileştirmesinde kullanılmaktadır. Dolgu inşasında en önemli fonksiyonu ise çekme donatısı olarak kullanılırsa kaymayı önlemeye çalışmasıdır. Ayrıca zeminin permeabilitesini azaltmak ve taşıma gücü kapasitesini arttırmakta da kullanılabilmektedir. Bu malzemeler genel olarak, zemin tabakaların veya dolgu tabakalarının diğer zemin katmanlarından ayırmakta, dolgu tabakaları veya zemin tabakalarının filtrasyonunda, zemin içerisinde drenajın sağlanmasında, zeminlerin güçlendirilmesinde, korunmasında ve yalıtımda kullanılmaktır.

Geosentiklerden geotekstilin üretim tekniği açısından temel olarak iki tip geotekstil yapısı vardır. Bunlar; örgülü geotekstiller ve örgüsüz geotekstillerdir. Geotekstillerin genel olarak ayırma, filtrasyon, drenaj, güçlendirme, koruma ve yalıtım amaçlı kullanılmaktadır. Geogridler genellikle güçlendirme amaçlı kullanılmaktadır. Bu geogridlerde tek yönlü ve çift yönlü çalışma durumuna gore sınıflandırılabilmektedir. Geogridlerin , kaplamasız yollarda agreganın altında, toprak dolguların ve dolgu

barajların güçlendirilmesinde, şev yenilmeleri ve heyelanlarının onarılmasında, kaplamalarda asfalt donatısı olmak üzere birçok kullanım alanına sahiptir.

Geomembran esas olarak geçirimsizliğin sağlanmasında kullanılmaktadır. Geomembranlar zemin içerisinde hemen hemen her türlü su izolasyonu uygulamasında kullanılabilmektedir. Bunlar; sıvı atıklar için kaplama malzemesi olarak, su kanalları için kaplama malzemesi olarak, tünellerin içinde geçirimsizliği sağlamak için, kaya dolgu barajların geçirimsizliğinin sağlanmasında, şişen zeminlerin kontrolünde, dona hassas zeminlerin kontrolünde, asfalt üst kaplamaların altında sızdırmazlığı sağlayan tabaka olmak üzere sıralanabilmektedir (Demiröz ve Karaduman, 2009), (Url 04).

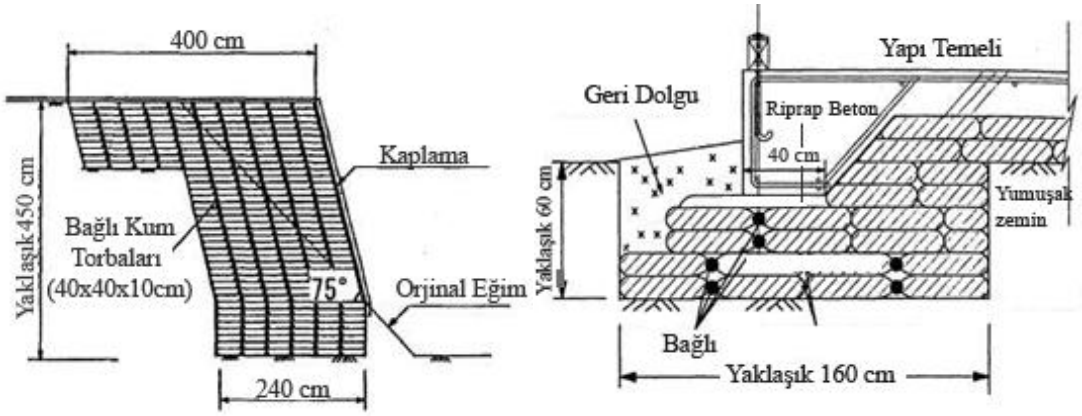
2.3.3 Biyoteknolojiler

Mekanik veya kimyasal yollarla, zemindeki havanın dışarıya çıkarılarak danelerin birbirlerine daha yakın bir konuma getirilmesiyle, taşıma gücünü artırılmasında, permeabilitenin azaltılmasında ve sıvılaşma potansiyelini düşürülmesinde bakterilerin kullanılabileceği düşünülmektedir. Yapılan laboratuvar araştırmalarında, bazı tip bakterilerin oluşturduğu kalsit çökeltilerinin, farklı koşullarda beton, granit ve zemin numuneleri üzerinde bağlayıcı olarak görev yapabildiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmalarda ise zarar görmüş yapılardaki çatlakaların ve hasarların bu bakteriler yardımıyla giderilebileceği düşünülmüş ve olumlu neticeler alınmıştır. Diğer tip bir bakterinin ürettiği biyopolimerik malzemelerin zemine karıştırılması ile zemin mukavemetinde artışlar elde edilmiştir. Bazı bakteri türlerinin çimentolaşmaya neden olabildiği, zemin daneleri arasındaki boşlukları azaltarak, kısmi bir zemin iyileşirmenin sağlanabildiği görülmüşse de yapılan çalışmalar ile bulunan bu verilerin büyük bir kısmı laboratuvar ortamında elde edilmiştir (Çanakcı ve diğ., 2002).

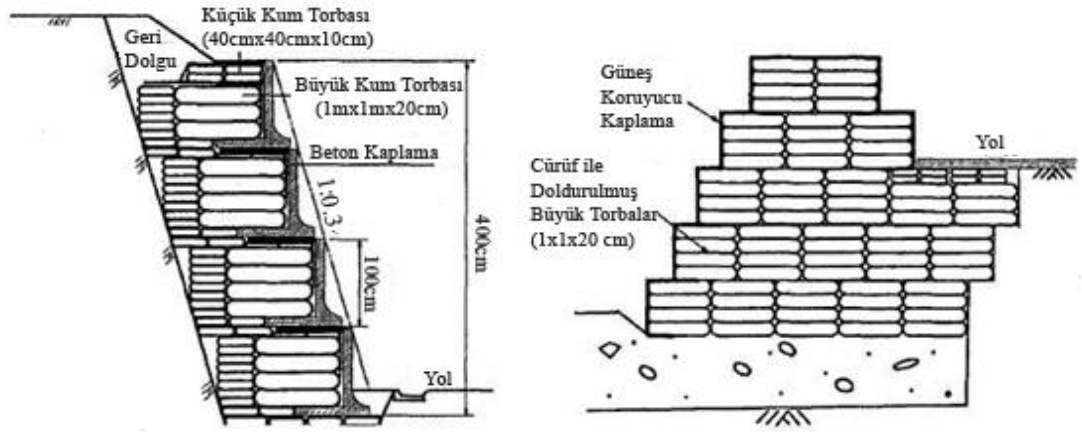
2.3.4 Kum torbası

Son zamanlarda geliştirilmekte ve kullanılmakta olan bu yöntemde polietilen ve polipropilenden imal edilmiş torbalar, farklı zeminlerle veya farklı atıklarla doldurulur. Daha sonra bu torbalar uygun şekillerde dizilir. Bazı torbalar birbirlerine, tüm torbaların akmasını engellemek için dikilir. Tüm torbalar birbirlerine bağlıdır fakat sadece uygun görülen bazı torbalar birbirine dikilir. Bu torbalar belirlenen

düzende yerleştirildikten sonra sıkıştırılma işlemi her kademede gerçekleştirilir. Torbalar arası boşluklar muhakkak kazılan zemin ile doldurulmalıdır. Dolgu malzemesi olarak kazılan zemin, inşaat molozları, kırma taş, asfalt atıkları, volkanik küller, kömür cürufu vb. birçok malzeme kullanılabilmektedir. Böylece atıkların tekrar kullanılması sağlanmıştır. Bunun yanında uygulama esnasında, kazık uygulamaları ile mukayese edildiğinde çok daha az gürültü oluşur. Kum torbası iyileştirme yöntemi, yapı temellerinde, istinat duvarların yapımında, volkanik çamurların yönünü değiştirmek için yapılan bentlerde kullanılmaktadır. Şekil 2.15 ve Şekil 2.16 da farklı kum torbası uygulamaları görülmektedir (Matsuka ve diğ., 2003).



Şekil 2.15 : Kum Torbalarından Oluşturulan Bir İstinat Yapısı ve Temel Altı Uygulaması (Matsuka ve diğ., 2003)



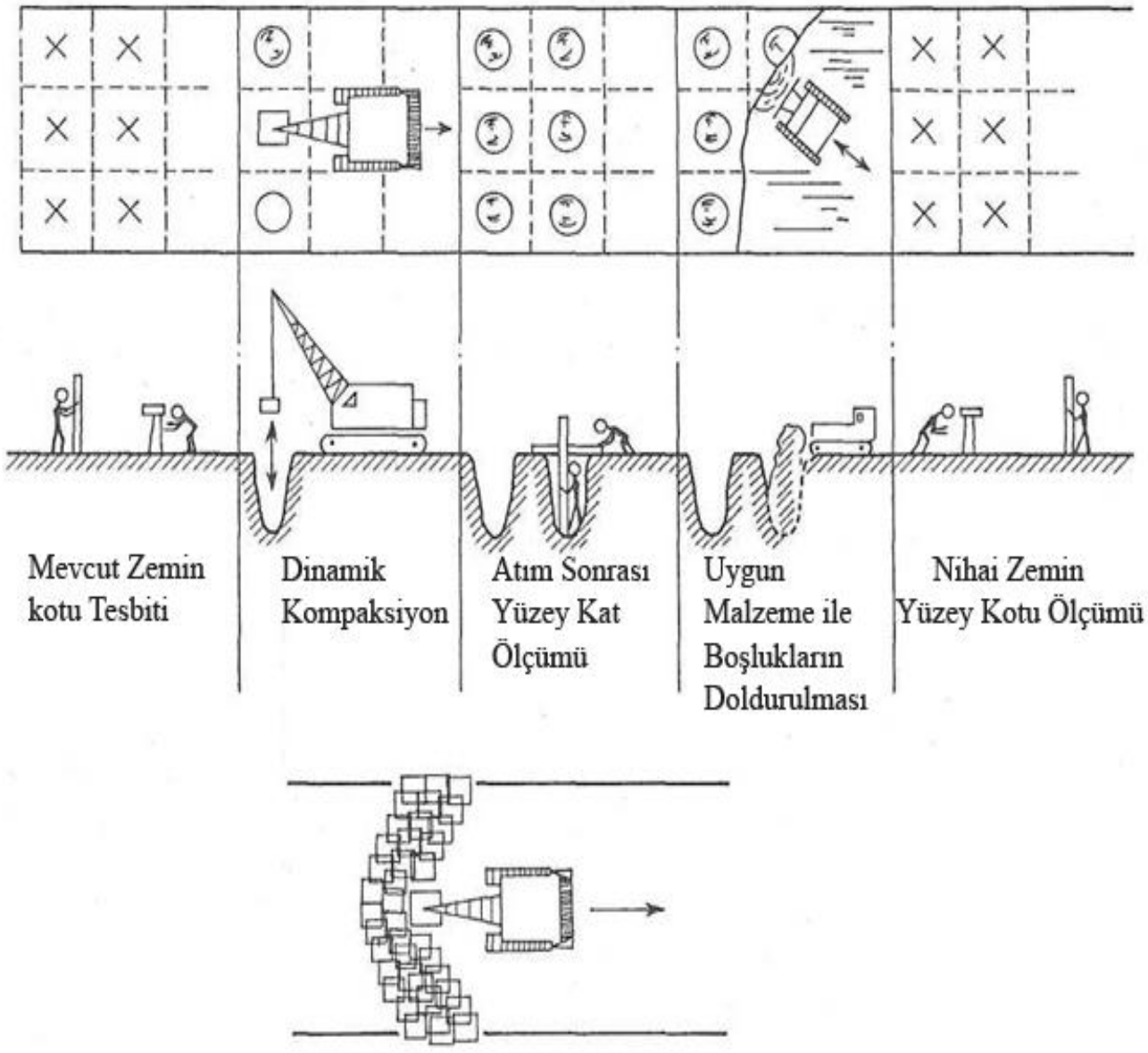
Şekil 2.16 : Kum Torbaları Kullanılarak Oluşturulan Farklı İstinat Yapıları (Matsuka ve diğ., 2003)

3. DİNAMİK KOMPAKSİYON

Günümüzde zayıf zeminlerin iyileştirilmesi için pek çok yöntem mevcuttur. Her bir metodun kendine has avantajları ve dezavantajları vardır. Dinamik kompaksiyon bu iyileştirme yöntemlerinden bir tanesidir (Hu ve diğ., 2005). Dinamik kompaksiyon yönteminin amacı, granüler zeminlerin yeraltı su seviyesinin altında ve üstünde sağlamlaştırılmasın, sıkıştırılmasını sağlayarak taşıma kapasitelerinin artırılması, oturmaların azaltılması ve sıvılaşma potansiyelinin düşürülmesidir (Miao ve diğ., 2006). Dinamik kompaksiyon, kontrollü yüksek enerji darbeleri ile zayıf zeminleri güçlendirilmesini sağlar. Uygulama esnasında zeminlerin tepkisi, zemin tipine ve verilen enerjiye göre değişmektedir. Bu teknikteki tecrübeleri ve daha önceki uygulamaları da göz önüne alarak kapsamlı olarak zemin davranışını anlamak, başarılı bir zemin iyileştirmesi için büyük önem arz etmektedir (Scombe, 2004). Dinamik kompaksiyon zeminlerin mekanik özelliklerinin derin seviyelere kadar iyileştirilmesine yönelik bir zemin iyileştirme yöntemidir. Bu yöntemde, taban zemini, büyük bir ağırlığın değişken yükseklikten serbest düşüm ile zemin yüzeyine belirli ara mesafeler ile düşürülmesi sonucunda sıkıştırılmaktadır (Durgunoğlu ve diğ., 2002). Şekil 3.1'de dinamik kompaksiyon uygulaması şematik olarak gösterilmektedir. Dinamik kompaksiyonda esas zemine enerji uygulamak olsa da doygun temel zemini yerinden kaldırılmadan, üstüne düşürülen ağırlıklar yardımıyla sıvılaşmaya zorlanmakta ve sıkışma bu şekilde gerçekleştirilmektedir (Önalp, 1985). Dinamik kompaksiyonla iyileştirme esnasında, zemin doğal koşularında her hangi bir değişiklik yapılmadan iyileştirilir. Çöp-toprak karışımı gibi heterojen ve doygun olmayan zemin ise zımbalama etkisi ile sıkışmaktadır. Dinamik kompaksiyon ayrıca atık ve döküm alanlarının sıkıştırılması için iyi bir yöntemdir (Yee ve diğ., 1999).

Yeraltı su seviyesinin altında değişken zemin özellikleri içerisinde istenilen sıkılık değerlerine üniform biçimde ulaşabilmek için gerekli teknik bilgi ve tecrübeye sahip olmak gerekmektedir. Bu büyük ağırlıkların düşürülme işlemi teknik açıdan iyi idare edilmez ise zemin yüzeyinin bir kaç metre altında üniform olmayan sıkışmış bir zemin oluşabilir veya benzeri kusurları düzeltmek için tekrar bu sıkıştırma işlemi yapılması gerekebilir. Bu da maliyetleri olumsuz yönden etkiler. Tam olarak

planlanmış bir uygulama teknik yönetime dayalıdır. Bu yüzden dinamik kompaksiyonun başarısı için uygun nitelikli tasarım ve uygulama çok önemlidir. Bu bilgiler doğrultusunda, dinamik kompaksiyon önemli derinliklerde ciddi iyileştirmeler sağlayabilmekte ve diğer iyileştirme yöntemleri ile mukayese edildiğinde daha ekonomik bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır (Scombe, 2004) (Bergado ve diğ., 1996).



Şekil 3.1 : Dinamik Kompaksiyon Uygulaması (Bergado ve diğ., 1996)

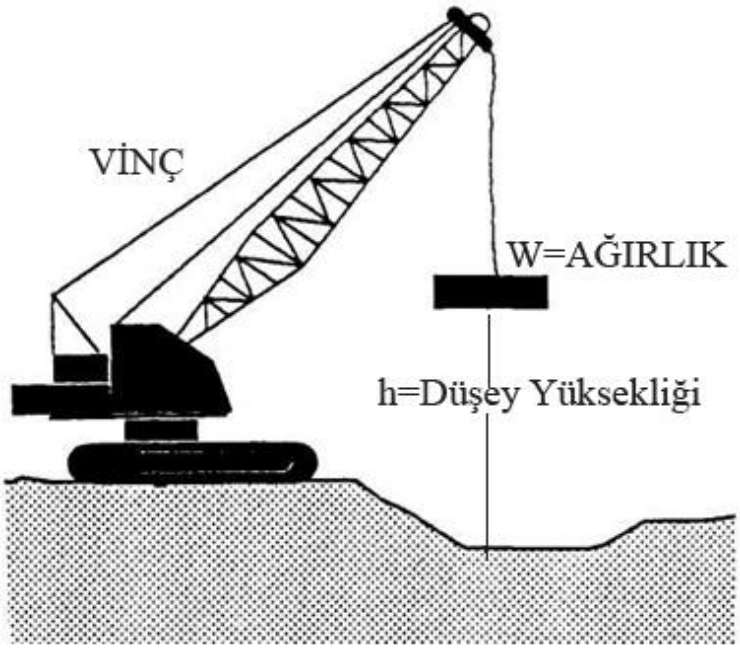
3.1 Dinamik Kompaksiyon Tarihi

Zemin yüzeyine ağırlık düşürmek suretiyle derin zeminlerin iyileştirilmesi prensibinin çok daha eski dönemlere dayandığını gösteren iddialar vardır. Eski Çin'e

ait olan çizimler bu uygulamanın yüzyıllarca önce uygulanmış olabileceğini göstermektedir. Kerisel (1985) Romalıların bu yöntemi inşaat için kullandıklarını ve Lundwall (1968) eski bir savaş topunun 1871 de zeminin sıkıştırılması için kullanıldığını belirtmişlerdir (Bergado ve diğ., 1996). Yirminci yüzyılda bu kompaksiyon tekniği Çin'de bir havaalanında, 1940'larda Dublin'de bir liman alanında, 1955'de ise Güney Afrika'da bir petrol tankı imalatında kullanılmıştır. Dinamik kompaksiyon ilk olarak 70 li yılların başında Menard tarafından geliştirilmiştir. (Bergado ve diğ., 1996) 1930' larda, Ruslar bu uygulamaya benzer bir uygulamayı 1.00-2.00 ton ağırlıkları 5.00-6.00 m' den düşürerek uygulamıştırlardır. Menard dinamik kompaksiyon uygulamasını ilk olarak 1970 de Fransa nın güneyinde 400.00 m^2'lik bir platform alanının iyileştirmesinde kullanmıştır. (Url 11) Paletli vinçlerin gelişmesi ile birlikte günümüzdeki yüksek enerjili düşürme seviyelerinde ilk iyileştirme uygulaması 1970'de Fransa'da uygulanmış, daha sonraları sırasıyla 1973 ve 1975'de İngiltere ve Kuzey Amerika'da günümüzdeki haliyle uygulanmıştır (Scombe, 2004), (Bergado ve diğ., 1996)

3.2 Teçhizat ve Ekipmanlar

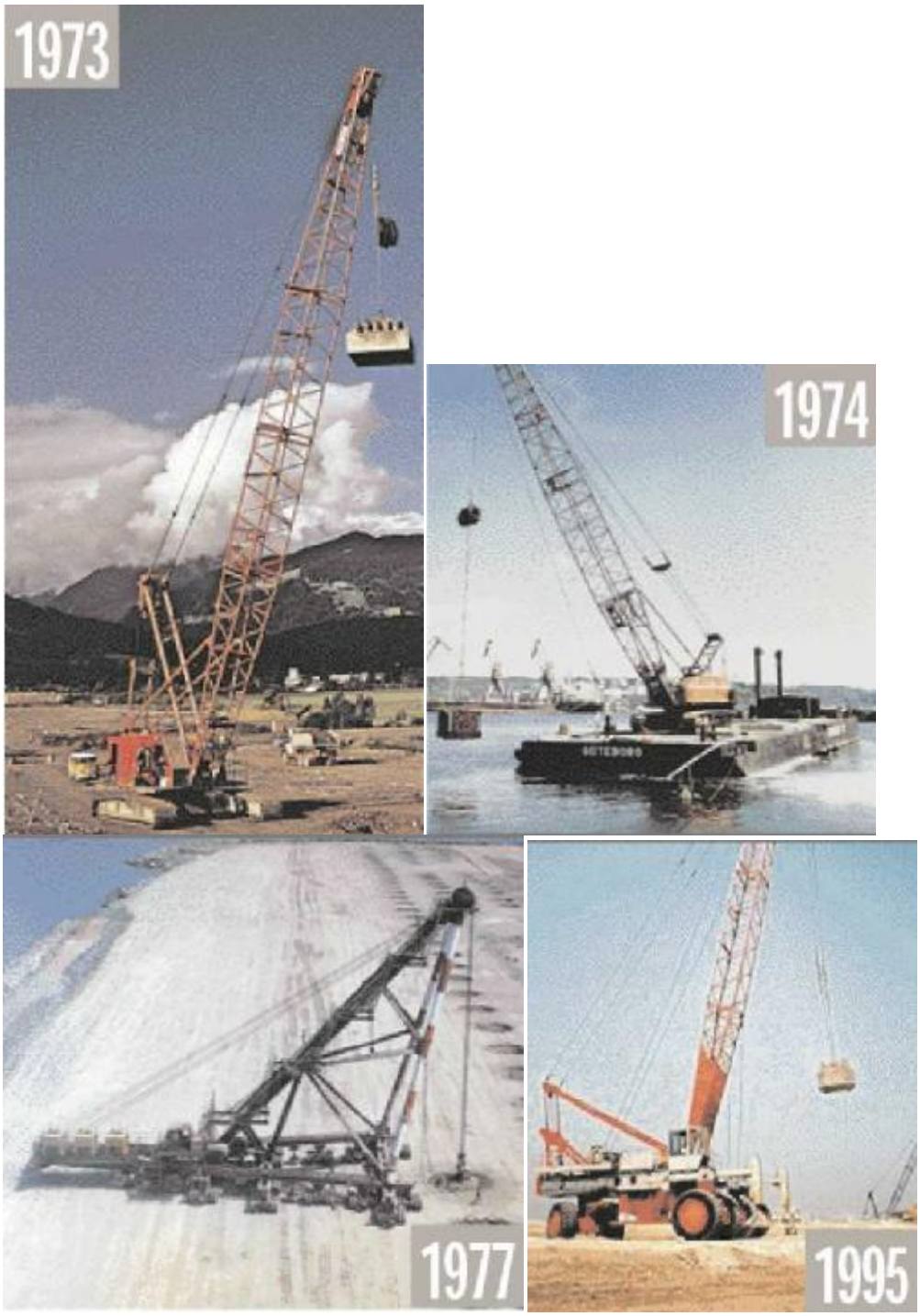
İlk bakışta dinamik kompaksiyonun fiziksel olarak basit bir uygulama mantığı olduğu gözükmektedir. Yeterli kapasitedeki bir vinç, uygun ağırlıklar kullanılarak, belli bir yükseklikten serbest düşüşe bırakılmaktadır. Çoğu uygulamada, her ne kadar güvenlik sebebiyle az da olsa, takviye edilselerde, standart paletli vinçler kullanılmaktadır. Halbuki vinçlerde denge ağırlıkları, vinç kolu esnekliği, tork çeviricileri, makara büyüklükleri, halat çeşidi ve çapı, debriyajı ve kavraması, frenleri vb. gibi birçok etken ve çalışma yöntemi, yetkili kişiler tarafından vinçlerin güvenilirliği ve verimliliği açısından titizlikle analiz edilmek zorundadır. Uygulama, mutlaka güvenli bir biçimde gerçekleştirilmelidir. İngiltere Sağlık ve Güvenlik İdaresi, bir vincin güvenle taşıyabileceği yük kapasitesinin %80'ninden fazlasının kullanılmaması gerektiğini ifade etmektedir (Scombe, 2004). Bazı vinçler kağıt üzerinde aynı olsalar da bu uygulamalardaki titreşimler göz önüne alındığında bazı tiplerin diğer vinçlere göre daha uygun olduğu görülmektedir. Şekil 3.2 de şematik olarak dinamik kompaksiyon kullanılan vinç ve ağırlık görülmektedir (Scombe, 2004).



Şekil 3.2 : Dinamik Kompaksiyonunun Ekipmanı Şematik Olarak (Xanthakos, P. P. ve diğ, 1994)

Son yıllardaki vinç gelişmeleri neticesinde tüm bu uygulama içindeki döngüler otamatik bir biçimde yapılabilmektedir. Bu işlem; her kompaksiyon noktasının, konumunun, numarasının, kullanılacak ağırlığın, düşüş yüksekliğinin, vuruş sayısının, atışlar neticesinde oluşan etkinin ölçümlerinin kayıt edilebildiği bir bilgi işlemci sayesinde kontrol edilir. Belirli özelliklere sahip, bir serbest düşüş vincinde her düşüm sonrası halatın uzunluğu otomatik olarak ayarlanabilmektedır (Scombe, 2004). Bazı vinç tiplerinde hareketli vinçlerden daha ağır yükler kaldırabilmeleri için iki ayrı vincin senkronize edildiği sistemler kullanılmaktadır.

Çoğunlukla uygulamacılar, 6.00-20.00 ton arasında değişin yükleri 20.00 m yüksekliten düşererek kullanmaktadırlar (Scombe, 2004). İşlemde, ağırlık 10.00~20.00 tondan 150.00 tona, düşüş yüksekliği 10.00~20.00 metreden 40.00 metreye kadar çıkabilmektedir. Dinamik kompaksiyon uygulamasında ağırlığı 33.00 ton ve üzerinde olan 30.00 m yüksekliğinde standart vinçler kullanılmaktadır. Hızlı serbest bırakma mekanizması olan özel tasarımlı kaldırma çerçeveleri 50.00 ton ve üstü yüklerde kullanılmaktadır. Menard tarafından Nice Havaalanı projesinde kullanılan sistemde, 170.00 ton ağırlık 22.00 m yükseklikten düşürülmüştür. (Scombe, 2004) Bu sistem derin dinamik kompaksiyon olarak tanımlanmaktadır. Şekil 3.3 de farklı uygulamalarda kullanılan dinamik kompaksiyon ekipmanları görülmektedir.



Şekil 3.3 : Menard Tarafindan Kullanılan Farklı Dinamik Kompaksiyon Ekipmanları (Url 10)

Ağırlık olarak, tipik olarak sıkıştırılmış çelik plakalar, kutu çelikler ve beton veya yeterli durabiliteye sahip betonarme kütleler kullanılmaktadır. Değişik şekil ve büyüklüklerdeki ağırlıkların etkileri ayrıca kapsamlı bir şekilde araştırılmaktadır. Son derece dar biçimli ağırlıklar Turba zeminlerde, özellikle malzemeleri zemin derinliğine doğru hareketini sağlayarak, bir kolon oluşturulması için

kullanılmaktadır. Ayrıca bu metod su altında, mavnalara monte edilmiş vinçler, aerodinamik yapıya sahip ağrılıklar, su direncini azaltmak ve denizyatağına darbe hızını artırmak için şekillendirilmiş kanallar yardımıyla uygulanabilmektedir.

Dinamik Kompaksiyonun başka bir uygulama şeklide, hızlı darbe kompaktörü olarak bilinen yöntemdir. Bu yöntemde, sürekli zemin ile temas halinde olan modifiye edilmiş kazık çekiçleri ile zemine enerjiyi çelik bası ayakları vasıtasıyla iletmektedir. Bu yöntemde, daha yüksek sayıda, daha düşük enerjili darbeler oluşturularak 3,00 m derinliğe kadar iyileştirme sağlanmıştır. Fakat bu yöntem karşılaşılan heterojen yapılı karışık zeminlerde başarısız olmuştur (Scombe, 2004).

3.3 Dinamik Kompaksiyonun Nasıl Çalışır

Dinamik Kompaksiyon tekniği, az nemli ve su altındaki dolgularda, kaya dolgularda, gevşek kumlarda ve alüvyonlu çakıllarda, kohezif olmayan endüstriyel ve şehir atık dolgularında, siltler ve siltli kumlu killerde yüklemeli veya yüklemesiz ve dikey drenaj bandlı ya da drenaj bantsız zeminlerde uygulanmaktadır. Bu metod aynı zamanda belli seviyelerde ince daneli zemin ihtiva eden çakıllarda, taş ve kaya parçaları barındıran zeminlerde ve atıklarda da kullanılabilmektedir (Bergado ve diğ., 1996). Bu yöntemindeki asıl amaç, uygulama başında sıkışabilen ve düşük taşıma gücüne sahip olan zemine yüksek enerji darbelerinin yardımıyla sıkıştırılmasıdır. Dinamik kompaksiyon, suya doygun olmayan zeminlerde, darbe sonucu boşluk oranının süratle düşmesine ve zemin yüzeyinde ani bir oturmaya yol açmaktadır (Durgunoğlu ve diğ., 2002).

Dinamik Kompaksiyon uygulamasında ağırlığın zemine çarpması sonucunda S, P ve R dalgaları oluşur. P ve S dalgaları, zeminde oluşturulmak istenen sıkışmanın oluşmasını sağlar. Fakat R tipi dalgalar ve diğer yüzey dalgaları zararlıdır. Bu dalgalar yüzey tabakalarının gevşemesine ve uygulama yakınındaki yapıların zarar görmesine sebep olurmaktadır. Bu sebepten ötürü uygulamacılar ve mühendisler uygulama esnasında yakındaki binaları ve altyapıları gözlemelidir (Satyapriya, 2000).

Granüler ve kohezyonlu zeminler, yüksek enerji darbelerine maruz kaldıklarında çok farklı tepkiler vermektedirler. Örneğin; killerde permeabilite çok düşüktür. Dolayısıyla dinamik kompaksiyon işlemi sırasında bir boşluk suyu artışı olur fakat

bu artış granüler zeminlerde olduğu gibi hızla dağılmaz. Bu yüzden kaçış yolları (drenaj sağlayan kollar) yapılmadıkça, dinamik kompaksiyon bu tür zeminlerde pratik ve etkili olmaz. Yarı geçirimli olarak tanımlanan zeminlerde (siltler, killi siltler, veya kumlu siltler), genellikle dinamik kompaksiyon etkili olabilmektedir. Ancak bu tür zeminlerde drenaj granüler zeminlerden yavaş olacağı için daha fazla fazda enerji uygulanması gerekmektedir (Lukas ve diğ., 2005). Belirli zeminlerin istenilen derinliklerde iyileştirilmesinin sağlanması için farklı kombinasyonlarda vuruşlar yapılması tasarlanabilir. En genel yaklaşım, bu iyileştirmenin üç aşamada yapılamasıdır. İlk geçişlerde vincin tüm yüksekliği kullanılarak, yeterli sayıda düşüm yapılıp, vuruşlar arası mesafeler geniş tutularak iyileştirilebilecek en derin noktaya kadar iyileştirme yapılması amaçlanmaktadır. Orta kısımlar ise noktalar arasındaki mesafeler daha yakın, genellikle ilk geçişlerin orta kısımlarına veya mesafenin yarısı olarak, daha az vuruş sayısı ve daha kısa mesafelerden düşürülerek sıkıştırılır. Zemin yüzeyi, sürekli ve az sayıda düşümler ile iyileştirilir. Bazı durumlarda geçişleri birleştirmek, bazense bu geçişleri bölmek daha uygun olmaktadır.

Normalde zemin iyileştirmesi için uygulanan kontrollü enerjinin artması ile zemin mühendislik özelliklerininde artması beklenir. Fakat saha ve büyük yükleme değerlerini içeren uygulamalar üzerinde yapılan analizler uygulanan enerji iyileştirme arasında lineer bir bağıntı olmadığını ve bu iyileşme parametrelerinin büyük ölçüde zeminin karakteristik özelliklerine bağlı olduğunu göstermiştir. Zemine verilen benzer enerji seviyeleri için böyle bir kanı olsa da her birim alan (m^2) ve her birim derinlik (m^3) için uygulanan aynı seviyeli enerjilerde granüler zeminler, çöp ve artık içeren zeminlere göre daha iyi sonuçlar vermiştir (Scombe, 2004)

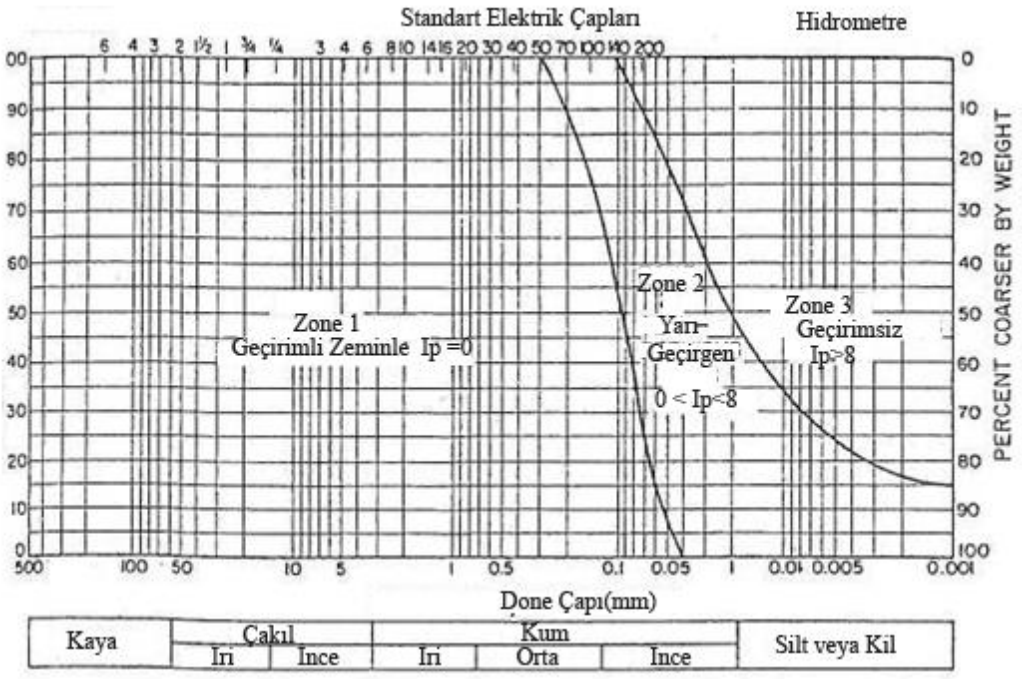
3.4 Dinamik Kompaksiyonun Uygulanabileceği Zeminler

Dinamik kompaksiyonun etkinliğini belirleyen önemli parametreler; zemin sınıfı, doygunluk derecesi, permeabilite ve drenaj mesafesidir. Çizelge 3.1 de dinamik kompaksiyona bu parametrelere göre uygun zeminler gösterilmektedir.

Çizelge 3.1 : Dinamik Kompaksiyon Uygulanabilirlik-Zemin Parametre ve Tip Bağıntıları (Bergado ve diğ., 1996)

Genel Zemin Tipi	Olası Dolgu Sınıflandırması	Olası AASHTO Zemin Tipi	Doygunluk Derecesi	Dinamik Kompaksiyon Uygulanabilirliği
Dane dağılımı kayadan kuma kadar olan 200 nolu elekten geçmeyen geçirimli zeminler (1.Bölge)	İnşaat Molozu Ayrışmış Kayalar Beton parçaları	A-1-a A-1-b A-3	Yüksek veya Düşük	Çok İyi
%35 den fazla silt ihtiva etmeyen geçirimli zeminler (1.Bölge)	Ayrışmış Dolgu, Depo ve Atıklar	A-1-6 A-2-4 A-2-5	Yüksek Düşük	İyi Çok İyi
Yarı geçirimli genellikle kumlu silt ihtiva eden zeminler (kil oranı %25 den az ve $I_p<8$) (2.Bölge)	Uçucu Kül Maden Atıkları	A-5	Yüksek Düşük	Orta İyi
Genellikle geçirimsiz killi zeminler($I_p>8$) (3.Bölge)	Kil Dolgular Maden Atıkları	A-6 A-7-5 A-7-6 A-2-6	Yüksek Düşük	Tavsiye edilmez Orta (Az iyileşme, $w_N<w_P$ olmalı)
Kağıt, organik malzemeler, metal ve tahta ihtiva eden karışık dolgular	Yeni Belediye atık alanları	-	Düşük	Orta (Uzun vadede çözülme ve dağılmalardan dolayı oturmalar beklenebilir. Set ve bent imalatlarında sınırlı kullanım)
Yüksek seviyede organik ihtiva eden zeminler, turba-organik siltler		-	Yüksek	Tavsiye edilmez (Bunun yanında organik zeminlere yeterli granüler dolgu ilave edilip karışıma enerji uygulanabilir)

Doğal zeminlerin çoğu ve dolgular, birleştirilmiş sınıflandırma sistemine göre tanımlanır ki bunlar dane çapı, dağılımı ve atterberg limitlerine göre tespit edilir. Üç bölgeden oluşan tipik bir dağılım tablosu Şekil 3.4 de verilmektedir (Bergado ve diğ., 1996).



Şekil 3.4 : Dinamik Kompaksiyon için USCS Hazırlanan Gruplandırma Sistemi (Bergado ve diğ., 1996)

1. bölgedeki dağılım genel olarak granüler zeminlerdir ve dinamik kompaksiyon için en uygun bölgedir. 3. Bölgedeki dağılım genel olarak kohezif zeminlerdir. Şekil 3.4 de de belirtildiği üzere dinamik kompaksiyon uygulamasına pek uygun değildir. 2. Bölge ise granüler ve kohezyonlu zeminler için geçiş bölgesidir ve dinamik kompaksiyon için uygundur. Ancak birçok geçiş yapılmalı ve böylece daha fazla enerji uygulanmadan oluşan artan boşlık suyu basınçlarının yayılmasına izin verilmelidir (Bergado ve diğ., 1996)

Bu sınıflandırmalar neticesinde zeminlerin dinamik kompaksiyona uygunluğu açısından granüler ve kohezyonlu zeminler başlıkları altında incelenmiştir. Aşağıda bu zemin sınıflandırmalarına bu uygulama için uygunluğu detaylı bir biçimde anlatılmaktadır.

3.4.1 Granüler zeminler

Kum, çakıl, kül, kaya, tuğla, cüruf benzeri kuru granüler zeminlerde yapılan vuruşların, zeminin mühendislik özelliklerinde meydana getirdiği iyileştirmeleri anlamak daha kolaydır. Parçacıkların fiziksel yerdeğiştirmesi, boşlukları azaltır ve rölatif sıkılığın artmasını sağlar bu da taşıma kapasitesinin artmasına ve oturma değerlerinin düşmesine sebep olur (Scombe, 2004). İri daneli zeminlerde dinamik

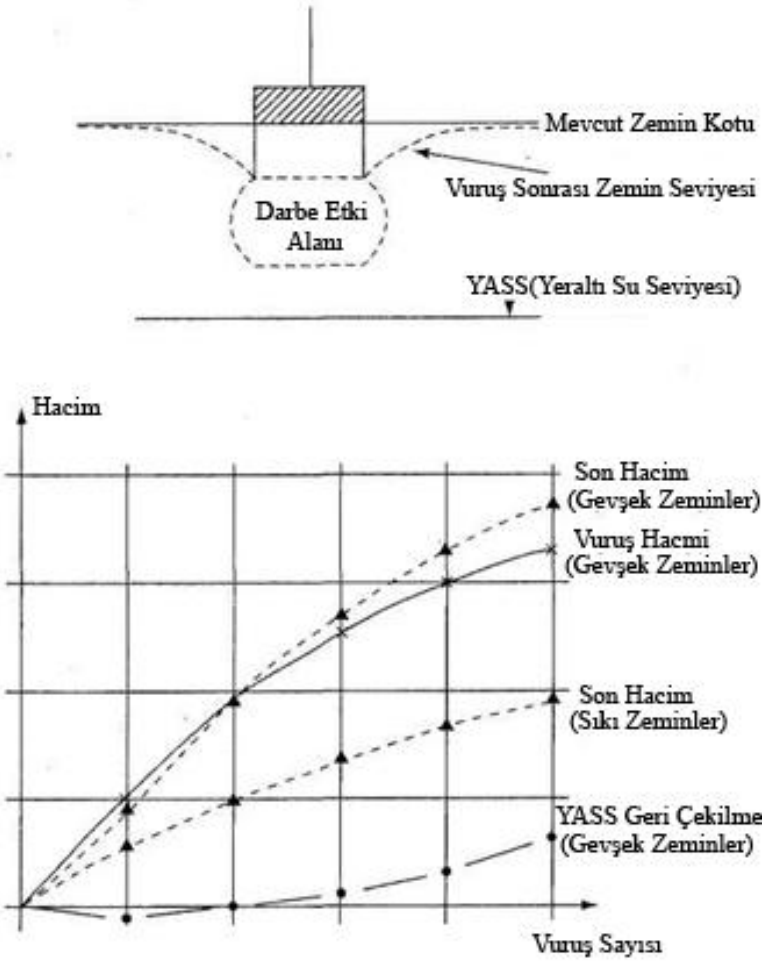
kompaksiyon yer altı su seviyesinin altında ve üstünde iyi sonuçlar vermektedir. Su seviyesinin üzerinde daneler, proctor sıkışmasına benzer şekilde daha sıkı formlara gelmektedir. Su seviyesinin üzerinde sıkışma görülmektedir çünkü atışlar sırasında oluşan boşluk suyu basınçları bir sonraki atışa kadar neredeyse tamamen dağılmaktadır. Bu sebepten zemin daneleri, birbirleri aralarında daha iyi temas kurar, dizilirler ve kenetlenirler. Bu sayede istenilen sıkışma işlemi gerçekleştirilmiş olur (Bergado ve diğ., 1996). İri daneli zeminler iyileştirilirken bazen gerilme tesirlerinin daha derinlere geçişini engelleyen sert bir tampon formasyon oluşur. Fakat bu durum izole edilmiş temel tabanlarında oturma açısından üstün bir performans oluşturur.

Granüler zeminler, yer altı su seviyesinin altında bulunduğu zaman, yeterli sayıda yüzeysel atım neticesinde oluşan dinamik impulslar (tesirler) yüksek oranda boşluk suyuna geçer. Sonunda basınçların artmasına ve sıvılaşmanın oluşmasına sebep olur. Menard'ın bu uygulama üzerine oluşturduğu ilk teori budur. Bu olay, depremde oluşan duruma çok benzer bir durum oluşturmaktadır. Oluşacak olan bu sıvılaşmanın hızına etkiyen ana etkenler, zeminin o anki sıkılığı ve granülometrisidir. Daha sonraki gerilim impulslarının sebep olduğu düşük frekanslı titreşimler, parçacıkları tekrar organize ederek daha sıkı bir duruma gelmelerini sağlar

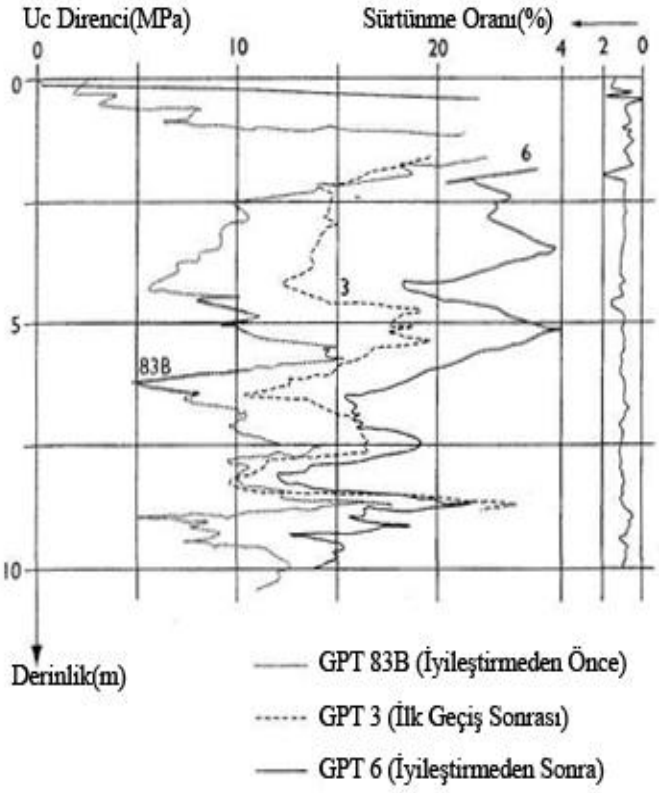
Sıvılaşan tabaka üzerindeki efektif sürşarj yükleri ile birlikte yayılan boşluk suyu basınçları, oldukça kısa bir sürede rölatif sıkılığın artmasına sebep olur. Bu süre iyi derecelenmiş kum ve çakıllarda 1 günden 2 güne, siltli kumlarda ise 1 haftadan 2 haftaya kadar değişebilmektedir (Scombe, 2004). Artan boşluk suyu basınçları kumlarda ve siltlerde kaynama olayının oluşmasına sebep olur. Bu sebepten ötürü zemine uygulanan enerji kısmen etkili olabilmektedir. Yeterli düzeyde bir iyileştirme yapabilmek için, uygulama esnasında oluşan bu ilave basınçların dağılımını izin verecek bir uygulama ve kontrol sistemi oluşturulmalıdır (Bergado ve diğ., 1996). Bu yüzden test programları tanımlanırken, zeminlerin zamana bağlı tepkileri, zeminin serbest drenajlı olduğu düşünelerek göz önüne alınmalıdır. Uzun süreli iyileştirmeler ise olası kimyasal birleşmelerin sonucu olarak veya zemin yapıları içerisindeki kalan yanal gerilmeler sonucunda oluşmaktadır.

Ancak başka bir uygulama görüşünde ise bu işlem sırasında sıvılaşma mantığı kullanılmaması amaçlanmaktadır. Dinamik kompaksiyon için yapılan bu tanımlama sıvılaşmanın kontrol edilip önlenemediği, Kuzey Amerika'nın bazı kısımlarında, Orta ve Uzak Doğu'da sıklıkla karşılaşılan yüksek yeraltı su seviyesine sahip gevşek

kumlarda tam olarak kullanılamamaktadır. Bu yüzden dinamik kompaksiyon, bu tür zeminlerde genleşme ve yüksek boşluk suyu basınçları oluşturulmadan düşük ağırlıklarla daha kısa yüksekliklerden düşürülerek zemin danelerinin yerdeğiştirmesi sağlanarak zeminin sıkıştırılması tasarlanır. Sıvılaşma prensibi göz önüne alındığında, bu yöntemde daha az enerji zemine uygulanmakta ve buna bağlı olarak daha ekonomik olmaktadır. Laboratuvar ve saha testleri göstermiştir ki, en iyi sıkılaşma düzeyini yakalamak için daha az sayıda gerilme impulsu yeterli derecede enerjiyi zemine aktrarak optimum sonuçlar elde edilebilmektedir. Doygun granüler zeminler, zeminin tamamen kuru olduğu durumlara nazaran iyileştirme için daha fazla enerjiye ve geçişe ihtiyaç duyarlar (Scombe, 2004). Şekil 3.5 de granüler zeminlerin tipik hacimsel tepkileri görülebilmekte ve Şekil 3.6 te 15.00 tonluk bir ekipmanla iyileştirilen, yer altı su seviyesinin 2.50 m'de olduğu, temiz kum bir zeminde yapılan elektrikli koni deney sonuçları görülebilmektedir. Bu grafik aynı zamanda, zamanla iyileştirmeyi de göstermektedir (Scombe, 2004).



Şekil 3.5 : Granüler Zeminlerin Hacimsel Tepkileri (Scombe, 2004)



Şekil 3.6 : Uygulama Sahasından CPT örneği (Scombe, 2004)

Her bir kum danesi; Orta Doğu'daki kalkerli kumlar, Kuzey Amerika'daki "şeker" kumu veya İngiltere'deki Thanet kumları gibi zayıf bir yapıya sahipse, iyileştirme uygulaması esnasında bu daneler arasında ezilmeler olur. Küllü, cüruflu ve mıcırlı zeminlerde iyleştirme esnasında benzer tepkiler vermektedir. Bu tip zeminler kuru oldukları zaman daneler arasında meydana gelen bu çökmeler çok fazla belirgin değildir. Fakat su seviyesinin altında verilen enerjininde artmasıyla ince dane oluşum oranı artar ve bu hızlı değişim neticesinde granüler zemin kohezif bir zemin gibi davranmaya başlar (Scombe, 2004).

İyileştirme yapılacak zemin içerisinde, çok sıkı zemin tabakalarının bulunması sıradışı sonuçlar ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir. Örneğin; kum zeminler içerisinde çimentolaşmış tabakalar bulunabilmektedir. Bu tabakalar verilen enerjiyi emer ve altında kalan tabakalar üzerinde kemerleşmeler oluşturur. Benzer bir durumda titreşimle iyileştirme uygulamalarında da görülmektedir. Vibratör etrafındaki çimentolaşmış bölgeler çökmemekte ve vibratörün bu bölgedeki sıkışmaların oluşmasına mani olmaktadır. Bu durumlar ile yüzeye yakın kısımlarda karşılaşıldığı durumlarda, dinamik kompaksiyon ile bu çimentolaşmış katmanlar kırılabilir. Ancak daha büyük derinliklerde bu tabakaların kırılması için gerekli enerji

seviyelerine ulaşmak sahada ekipmaların kapasitesini aşabilmektedir. Bu tabakaların varlığı çoğu kez normal saha araştırmaları ile ortaya çıkmamaktadır.
Özetle, kuru granüler zeminlerde, mükemmel mühendislik performansları elde edilebilmektedir. Ancak, billhassa yer altı su seviyesinin altında kalan ve önemli ölçüde ince daneli malzeme ihtiva eden zeminlerde gerekli önlemler alınmalıdır.

3.4.2 Kohezyonlu zeminler

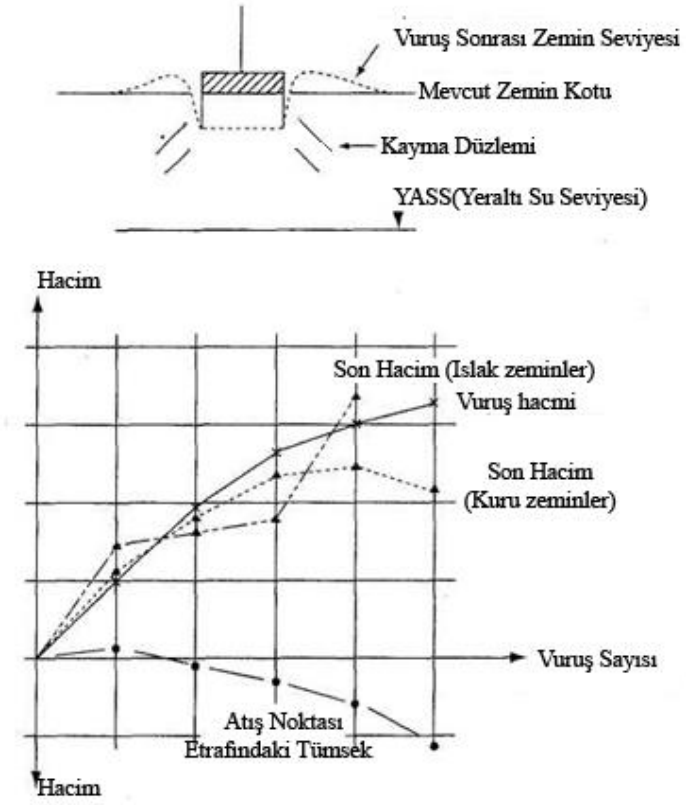
Killi zeminlerin bu iyileştirme uygulamasına karşı verdiği tepkiler granüler zeminlere oranla daha karmaşıktır. Burada da gene yeraltı su seviyesi altında ve üstünde uygulamaları arasında fark vardır.

Konsolidasyon teorisine göre genel statik bir yük ile yükleme yapıldığı zaman suyun uzaklaşmasına ve konsolidasyona sebep olmakta ve zemin dayanımını artırmaktadır. Oluşacak olan bu konsolidasyon oranı, zemine uygulanan yüke, konsolidasyon katsayısına ve drenaj mesafesine bağlıdır. Buna karşılık dinamik kompaksiyon, vuruşlar vasıtasıyla ani yükler uygulayarak bu yükleri bölgesel olarak boşluk suyu basınçlarına geçirir. Bu durum su basıncı eğiminin pozitif olduğu zonlar oluşturur ki bu suyun zemin içerisinden hızla drene olmasına sebep olur. Bu drenaj daha sonra oluşan kayma gerilmeleri ve hidrolik çatlaklar yardımıyla hızlanır. Konsolidasyon bu sebepten ötürü statik yüklemeye nazaran dinamik kompaksiyonda daha hızlı gerçekleşir. Dinamik kompaksiyon, ön yükleme ile tam anlamıyla suyu sıkıştırarak zemin dışına atmaktadır. Tipik bir hacimsel zemin tepkisi Şekil 3.7.'de gösterilmektedir (Scombe, 2004).

Zemin yeraltı su seviyesinin üzerinde olduğu zaman, killer kısmen daha düşük su muhtevalarında olmaktadır. Su muhtevalarındaki küçük azalmalar dahi, taşıma gücü değerlerinde önemli iyileştirmeler sağlar. Ayrıca, drenaj mesafeside kısmen kısadır. Bu gibi koşullarda yapılan iyileştirmeler basit ve hızlıdır.

Kohezyonlu zeminlerin yeraltı su seviyesinin altında olduğu durumlarda, yeraltı suyunun çıkışına, daha uygun, küçük boşluk basınç eğimleri (gradient) oluşturmak için su muhtevası değerlerinde, çok daha büyük azalmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yanında, drenaj mesafeleri de uzun olmaktadır. Vuruşlar sonucu oluşan artan boşluk suyu basınçları, düşük permeabiliteden ve zemin içinde oluşan uzun drenaj mesafeleri sebebiyle hızla dağılamaz. Dağılamayan bu ilave boşluk suyu basınçları, uygulanan enerjinin tam olarak zemine aktarılmasına engel olarak zeminde arzu

edilen sıkışmanın sağlanamamasına sebep olur (Bergado ve diğ., 1996). Bu şartların sonucu olarak eşik enerjisi seviyesine çok daha hızlı bir biçimde ulaşılır ve düşük enejilerin verildiği birçok vuruş geçişi ihtiyacı doğar. Bu da normal uygulama verimi göz önüne alındığında uygulama zamanının artmasına sebep olur. Zayıf doygun alüvyonlu killer ve siltlerde ancak belli bir seviyeye kadar kalın tabakalarda iyileştirme sağlanabilmektedir. Hatta bu işlem esnasında drenaj kuyuları açılır kum veya fitil drenler ile doldurularak drenaj sağlanır.



Şekil 3.7 : Kohezif Zeminlerin Hacimsel Tepkileri (Scombe, 2004)

Bu tip zeminler ince tabakalı ise iyileştirme esnasında daha kısa drenaj mesafesi sayesinde daha hızlı tepkiler alınabilmektedir. Bazı örneklerde, bu tip zeminlerin içerisine ilave edilen iri daneli malzemeler, zeminin granülometrisini değiştirerek iyileştirme için zemini daha elverişli bir duruma getirir veya inşa edilecek binaların altındaki gerek görülen alanlarda zemin değiştirilir (Scombe, 2004). Son yıllarda bu tip zeminlerde, kritik görülen bölgelere, örneğin büyük yükler taşıyan temellerde, taş kolonlar teşkil edilmektedir. Daha sonra bu sıkı kolonlardan dren olarak ve oluşacak olan ilave boşluk suyu basınçlarının sönümlenmesinde yararlanılarak, dinamik kompaksiyon ile ön yükleme yapılarak zeminin iyileşmesi sağlanır.

Yeraltı su kotunun üzerinde olan, ağırlıklı olarak kil ihtiva eden dolgu malzemeleri içindeki kil öbekleri, büyük zayıf granüler malzemeler olarak kabul edilir. Fakat daha bozulmamış, sağlam bir yapı elde edilmesi iyileştirmenin zemin içindeki boşlukların çökmesi ile sağlanabilmektedir. Açıkca bu tür zeminlerde öbeklerin dayanımı ve killin hassasiyeti bu uygulamalar için çok büyük önem arzetmektedir. Ayrıca hava şartlarındaki değişiklikler de sahada belirgin bir biçimde, farklı zemin tepkilerinin oluşmasına sebep olmaktadır. Daha önceki tecrübeler göstermiştir ki bu tip bölgelerin hava şartları özellikle irdelenmelidir. Çamurtaşları ve tortu parçacıkları ağır yağmurlarda parçalanabilen kil malzemelerdir.

Yeraltı su seviyesinin altında kalan kil dolgularda, malzemenin boşluklu yapısı sebebiyle su çok daha kolay hareket edebilmekte ve bu durum uygulama esnasında oluşabilecek olası ilave boşluk suyu basınçlarının azalmasına ve doğal killere göre daha kısa sürede iyileştirmenin gerçekleştiği görülmektedir. Oluşturulan dolgu yüksek su muhtevası değerlerine sahip olabilir fakat burada da iyileştirme büyük oranda boşlukların çökmesi ile sağlanır. Artan boşluk suyu basınçlarının piezometrelerle izlenmesi yararlı olabilmektedir.

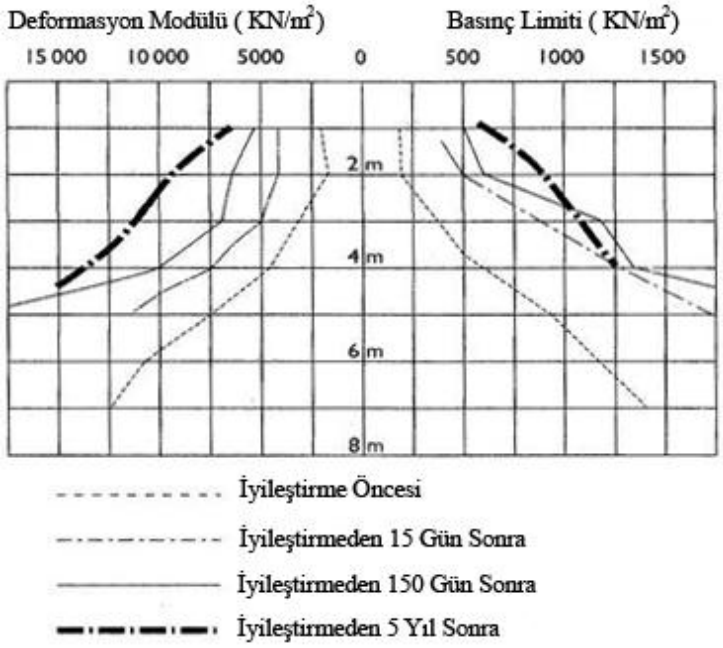
İnce daneli zeminler dinamik kompaksiyon yöntemiyle iyileştirilirken çok yakından ve ciddi bir biçimde kontrol edilmelidir. İyileştirme sırasında, birkaç atış sonrası vuruş yapılan noktanın etrafında kabarmalar oluşur. Şayet atımlara devam edilirse, bu kabarma öyle bir dereceye gelir ki vuruş noktasında oluşan kraterin hacmini aşar. Açıkcası bu durum arzu edilenin tam tersi bir durumdur. Ayrıca oluşan bu ilave kabarmalar çok yakın mesafeli tasarlanmış ızgara sistemlerde de oluşabilmektedir (Bergado ve diğ., 1996)

Zemin, uygun bir iyileşmeyi sağlayacak, aşırı boşluk suyu basınçlarının oluşmasına mani olacak, vuruşlar arası zamanların tespiti için dikkatli bir biçimde irdelenmelidir. Bu yaklaşım uygulama esnasında sürelerin uzamasına ve verimlilik açısında değerlendirildiğinde zaman kaybına sebep olmaktadır. Bu sebeple daha önce yukarıda belirtilen taş kolon uygulamaları dinamik kompaksiyon ile beraber uygulanarak zemin içerisindeki suyun drenajı sağlanır. Ayrıca uygulama esnasında yapılan uygulamadan ötürü oluşabilecek ilave su basınçlarının oluşumunu engellemek için kullanılır

Şayet atışların yapıldığı noktaların çevresinde, aşırı derecede kabarmalar varsa bu uygulama durdurulmalıdır. Uygulama daha uygun zemin özellikleri olan bir noktaya taşınarak devam edilebilir. Yumuşak zeminlerde zemine hafif vuruşlarla aktarılan daha düşük seviyeli enerjiler, her aşamada yavaş yavaş ikişer defa uygulanmalıdır.

Aynı yaklaşım üst kademelerinde ince dane ihtiva eden zeminlerde, belli derinliğe kadar iyileştirme sağlanması istenen durumlarda da uygulanmaktadır. Yüzeydeki zeminin dayanımı kısa sürede düşebilir ve zemin yapısı yeniden şekillendirilip, zemin iyileştirilip istenilen yapısı oluşturulurken zaman harcanır. Üzeri 2.00-3.00 m kalınlıkta sıkı veya çok sıkı kil tabakası altında kalmış olan iyileştirilmesi gereken granüler zeminlerin iyileştirilmesi özellikle çok zordur. Bu durumda normal uygulamalara nazaran daha derin seviyelere ulaşmak için uygulanan yüksek enerjiler, aslında zemin yüzeyini parçalamaktadır.

Aynı profil özelliklerini sahip çoğunlukla granüler malzemeler ihtiva eden zeminlerle mukayese edildiğinde, killi zeminlerin iyileştirilmesi genellikle daha fazla geçiş gerekmektedir. En verimli iyileştirme, zemin tepkilerine göre uygulamanın hızı belirlenirken, en hızlı ve mümkün olan en iyi derecede yapılan iyileştirmedir. Kil zeminler dinamik kompaksiyon ile iyileştirildikten sonra, uzunca bir süre periyodunda iyileşmeye devam eder. Şekil 3.8'de dinamik kompaksiyon uygulaması yapılan sahadan 5 yıl sonra alınan ölçümler görülmektedir (Scombe, 2004).



Şekil 3.8 : Sahadan Düzenli Aralıklarla Alınan Ölçüm Sonuçları (Scombe, 2004)

Özetle kuru kohezif zeminler, dinamik kompaksiyon uygulamasına olumlu yanıtlar vermektedir. Zayıf doğal killerde ve su seviyesinin altında bulunan kil dolgularda iyileştirme dikkatli bir biçimde irdelenmelidir. Taş kolonların zemini sıkılaştırma ve drenaj imkanlarını artırma etkisi dinamik kompasiyon uygulaması ile birleştirildiğinde killi zeminlerde olumlu sonuçlar alınmaktadır.

3.5 Dinamik Kompaksiyonun Tasarımı

Dinamik kompaksiyon uygulaması, bir ağırlığın vinç yardımıyla belirli bir yükseklikten düşürülmesi ile gerçekleştirilir. Bu yüksek enerjili darbeler, zeminin yeterli seviyede sıkışarak zemin içerisindeki boşluk oranının azalmasına, yoğunluğun artmasına ve uzun dönemde dolgularda oluşabilecek oturmaların azalmasına sebep olur. Bu şekilde zemin taşıma gücü de artırılmış olur (Yee., 1999). Dinamik kompaksiyonda bazı vinçler 40.00 ton ağırlığındaki bir ağırlığın 40.00 m yükseklikten düşürebilme kapasitesine sahip olup, bu tür bir ekipmanla zemine tek bir darbede verilen enerji 1600 tonm mertebesinde olabilmektedir (Durgunoğlu ve diğ., 2002). Ağırlık zemine ard arda vurulduğunda zeminde mevcut %4 oranındaki gaz kabarcıklarının hacminin sıfıra yöneldiği ve sıvılaşma olayının buradan kaynaklandığı öne sürülmektedir. Zemin içerisinde yeterli sıkışma ve sıvılaşma durumuna getirmek için gerekli enerji düzeyi "doygunluk enerjisi" (eşik enerjsi) olarak tanımlanmaktadır. Bu uygulamada verim, doygunluk enerjisinin yakalanması bağlı olup, bu değerin üzerinde bir enerjinin uygulanması ayrıca bir yarar sağlamamaktadır. Bir kare içinde elde edilecek sıkışma ağırlığa, düşüş yüksekliği ve sayısına ve vuruş noktalarının konumuna bağlı olmaktadır. (Önalp, 1985) Permeabilite katsayısı önceden tespit edilmiş sahalarda, atışların ardından oluşacak ilave boşluk suyu basınçlarındaki sönme hızının, beklenin çok üstünde çıkması ortamda aşırı hidrolik eğimlerin belirdiğini göstermektedir. Bunun sonucu su dokuyu yırtabilmekte, yüzeyde pınarlar oluşmasına sebep olmakta ve zeminde kaynamalar gözlemlenebilmektedir (Önalp, 1985).

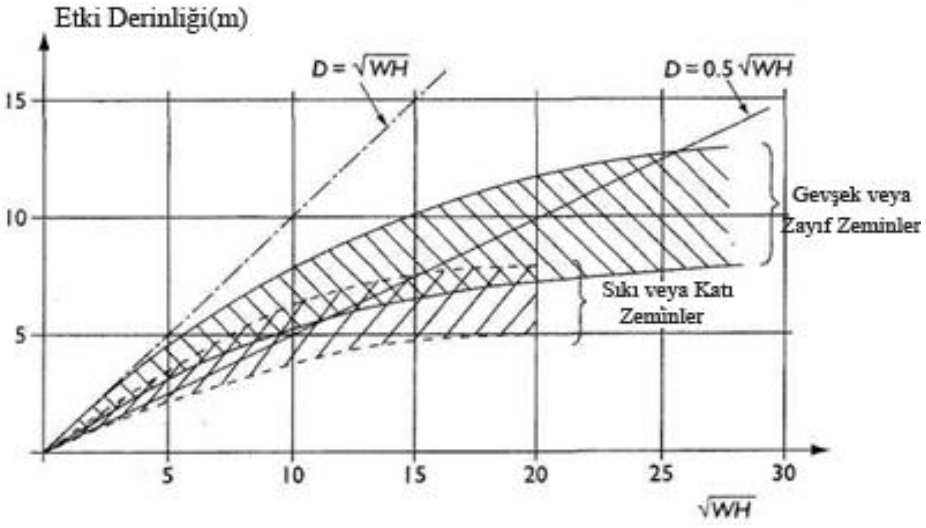
İlk geçişlerde, geniş ızgara modeli ve yeterli düşüm sayısı ile en derin noktaların iyileştirilmesi amaçlanır. Daha sonraki fazda, orta tabakalar sıkıştırılmaya çalışılır. Bu genellikle ilk fazın ortasından itibaren ağırlık azaltılarak ve düşüş sayısı azaltılarak sağlanabilmektedir. Üst zemin tabakaları ise üst üste gelen yakın aralıklarda, sürekli olarak düşük seviyeli enerjiler verilerek sıkıştırılır. Zemin

yüzeyinden itibaren 0.50-1.00 m kalınlığındaki zeminlerin sıkışmaması sıkca görülen bir durumdur ve sıkışmayı tamamlamak için son olarak silidirler kullanılabilmektedir (Yee, 1999).

Zeminin üniform bir şekilde sıkıştırmak, su seviyesinin altında ve üstünde değişen zemin karakteristikleri ile istenen yoğunlukta, sıkılıkta ve mukavemette elde edilebilmesi için sıkıştırma işleminin iyi tasarlanmış bir mühendislik programıyla yapılması gerekmektedir. Dinamik kompaksiyon tasarımı, yöntemin birçok parametresinin değerlendirmesi olarak tanımlanır ve inşaat sırasında mühendislik yönetiminin bir parçası olarak belirtilir. Parametreler ve dizayn tasarımı için önemli noktalar; her bir darbe için vuruş enerjisi ve etkisi, iyileşme (etki) derinliği, atış noktalarının konumlarının boyutlandırılması, geçişler ve vuruşlar arası zaman aralıkları olarak sıralamak mümkündür.

3.5.1 Vuruş enerjisinin belirlenmesi

Meanard iyileştirme derinliğinin metrik enerji verisi olarak ortaya koymuş ve $(WH)^{0,5}$ şeklinde formülize etmiştir (Scombe, 2004). Her darbe için vuruş enerjisi belirleyebilmek için, iyileştirilecek zemin derinliği D için seçilen ağırlık W ve düşürme yüksekliği H dir. Şekil 3.9 da H, D, W değerleri ve gerilme dağılımları belirtilmektedir. Arazi deneyleri analizleri sonucu Mitchell ve Solymar (1984) aşağıda belirtilen Leonards ve diğerleri (1980) tarafından önerilen denklemin D etki derinliği hakkında daha yakın sonuçlar verdiği sonucuna varmıştırlar (Bergado ve diğ., 1996).



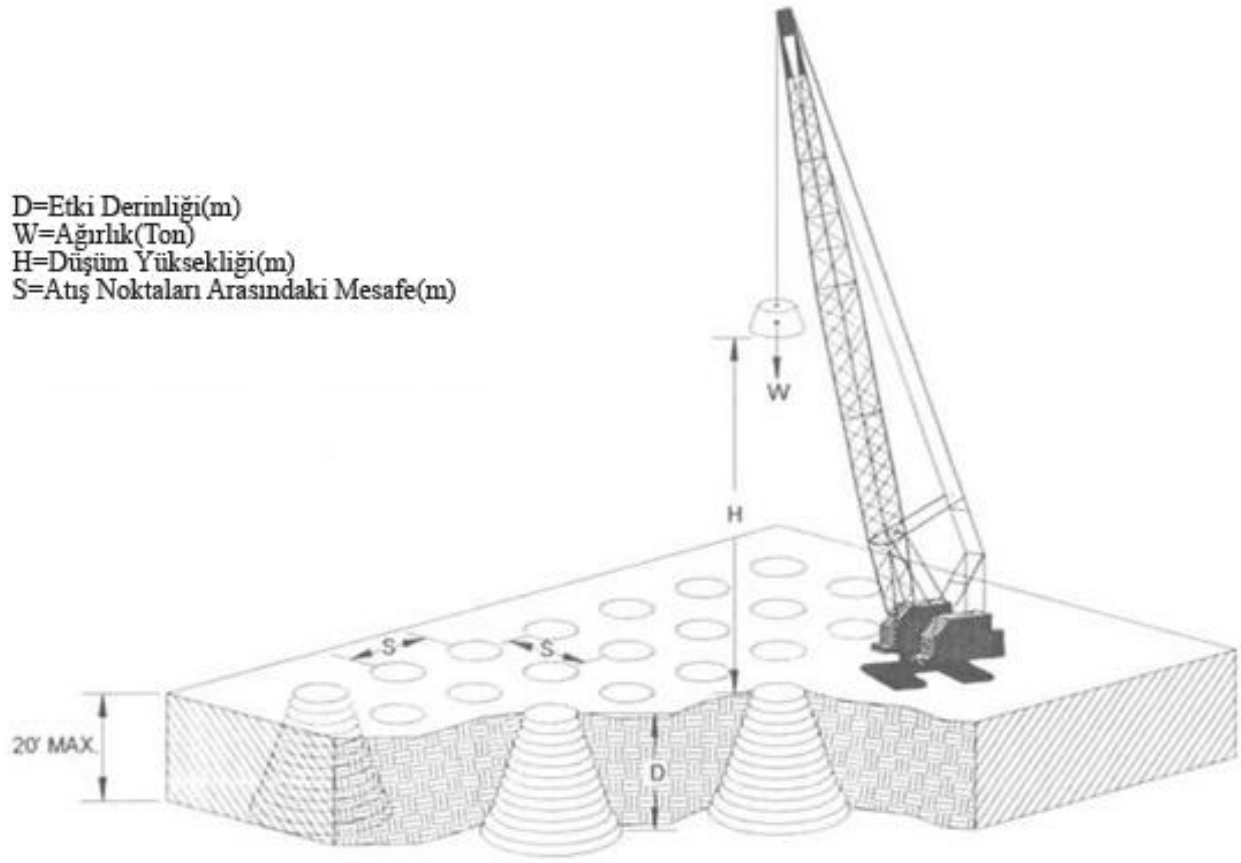
Şekil 3.9 : Zemin İyileştirme Derinliği $(WH)^{0,5}$ bağıntısı (Scombe, 2004)

$$D=n\sqrt{WH} \quad \textbf{(3.1)}$$

D (m) iyileşme derinliği, W (ton) ağırlık, H (m) düşürme yüksekliği, n; iyileştirme derinliğine düşürme yüksekliği ve ağırlığından başka etki eden faktörleri belirten katsayıdır. Bu formül Leonards ve diğerleri (1980) tarafından kısmen kaba daneli ve ağırlıklı olarak granüler zeminler ihtiva eden zeminler için 0.50 ve Mitchell ve Katti (1981) tarafından ise her iki zemin tipi için 0.375 ile 0.70 arasında değişen katsayılar ile geliştirilmiştir. Bu konuyla ilgili en kapsamlı yayınları yapan Mayne ve diğerleri (1984), iyileştirme derinliğinin Şekil 3.10 da gösterildiği üzere zeminin doğal (uygulama öncesi) dayanımına, zemin tipine ve uygulanan enerjiye bağlı olduğunu belirtmiştir (Scombe, 2004). n değerinin, zemin tipinden, uygulanan enerjiden, temas basıncından, ağırlığı çeken kablodan, enerji emen tabakaların varlığından etkilendiğini gösteren kanıtlar vardır. İyileştirme kalınlığını tahmin ederken önerilen ampirik n değerleri Çizelge 3.3 de gösterilmektedir (Bergado ve diğ., 1996). Çizelge 3.2 de ise farklı zemin tipleri için önerilen farklı n değerleri görülmektedir (Yee, 1999).

Çizelge 3.2 : Zemin Tipi ve n Katsayısı Arasıdaki Bağıntı (Yee, 1999)

Kaynaklar	n	Zemin Tipi
Menard&Broise(1975)	1	Tüm Zeminlerde
Leonard, Cutter& Holty(1980)	0.50	-
Smoltczyk	0.50	Dengesiz yapıya sahip zeminlerde
	0.67	Silt ve Kumlarda
	1.00	Saf sürtünmeli zeminlerde
Lukas(1980)	0.65-0.80	-
Mayne, Jones&Dumas(1984)	0.30-0.80	-
Gambin(1985)	0.50-1.00	-
Qian(1987)	0.65	İnce Kumlar
	0.66	Yumuşak Killer
	0.55	Lösler
Van Impe(1989)	0.65	Siltli Kum
	0.35	Belediye çöplükleri
	0.50	Killi kum
Yee, Seitawan&Baxter (1998)	0.50	Kalkerli kum/mercanlı kum
Faisal, Yee&Varaksin (1997)	0.33-0.39	Belediye çöplükleri



Şekil 3.10 : Dinamik Kompaksiyon uygulaması ve Gerilme Dağılımları (Satyapriya ve diğ., 2000)

Çizelge 3.3 : Zemin Tipi ve n Katsayısı Arasıdaki Bağıntı (Bergado ve diğ., 1996)

Zemin Tipi	**Doygunluk Derecesi**	**Tavsiye Edilen n değerleri***
Geçirimli Granüler Zeminler	Yüksek	0.50
	Düşük	0.50-0.60
Yarı Geçirgen , başlıca I_p<8 olan siltler	Yüksek	0.35-0.40
	Düşük	0.40-0.50
Geçirimsiz zeminler, başlıca I_p>8 olan killer	Yüksek	Tavsiye edilmez
	Düşük	0.35-0.40 (w_n<w_p için)

* 100-300 txm/m^2 arası enerji uygulanan ve ağırlığın serbest tek makaralı düşürüldüğü sistemlerde

Leonard ve diğerleri, dinamik kompaksiyon yöntemi ile yapılacak iyileştirmenin bir üst sınırının olabileceğini belirtmişlerdir. Birkaç projenin değerlendirilmesine dayanarak Lukas (1986), dinamik kompaksiyan sonrası yapılan SPT, CPT ve PMT testlerinin tipik üst sınırlarını Çizelge 3.4 te özetlemiştir. Uygulanması gerekli enerji değerleri de Çizelge 3.5 te belirtilmektedir (Bergado ve diğ., 1996).

Çizelge 3.4 : Dinamik Kompaksiyan Sonrası Yapılan SPT, CPT ve PMT Testlerinin Tipik Üst Sınırlarını (Bergado ve diğ., 1996)

Zemin Tipi	SPT (vuruş/ft)	CPT (t/m^2)	Limit Basınç (t/m^2)
Geçirimli İri Daneli Zeminler *Kum ve Çakıl*	12-15	19.20-28.50	2.00-24.60
Yarı Geçirgen Zeminler *Kumlu Silt* *Silt ve Killi Silt*	 10-14 8-11	 13.40-17.20 9.60-13.400	 1.50-2.00 9.60-1.50
Kısmen Doygun Geçirimsiz Zeminler *Kil Dolgular, Maden Atıkları*	 9-12*	 -	 14.80-2.00
Atık Depolama Sahaları	6-12*	-	5.00-9.60

*Zemin içinde büyük parçacıklar ihtiva ediyorsa daha büyük test sonuçları gözlemlenebilir

Uygulanan enerjinin birimi genellikle zemin yüzeyine uygulanan enerji olarak ton-metre/metre kare olarak ifade edilir. Zemin tipi, ilk bağıl yoğunluk, zemin tabakasının kalınlığı ve gerekli olan iyileştirme miktarları gibi değişkenlerden ötürü gerekli enerjinin hassas hesabı mümkün değildir (Bergado ve diğ., 1996).

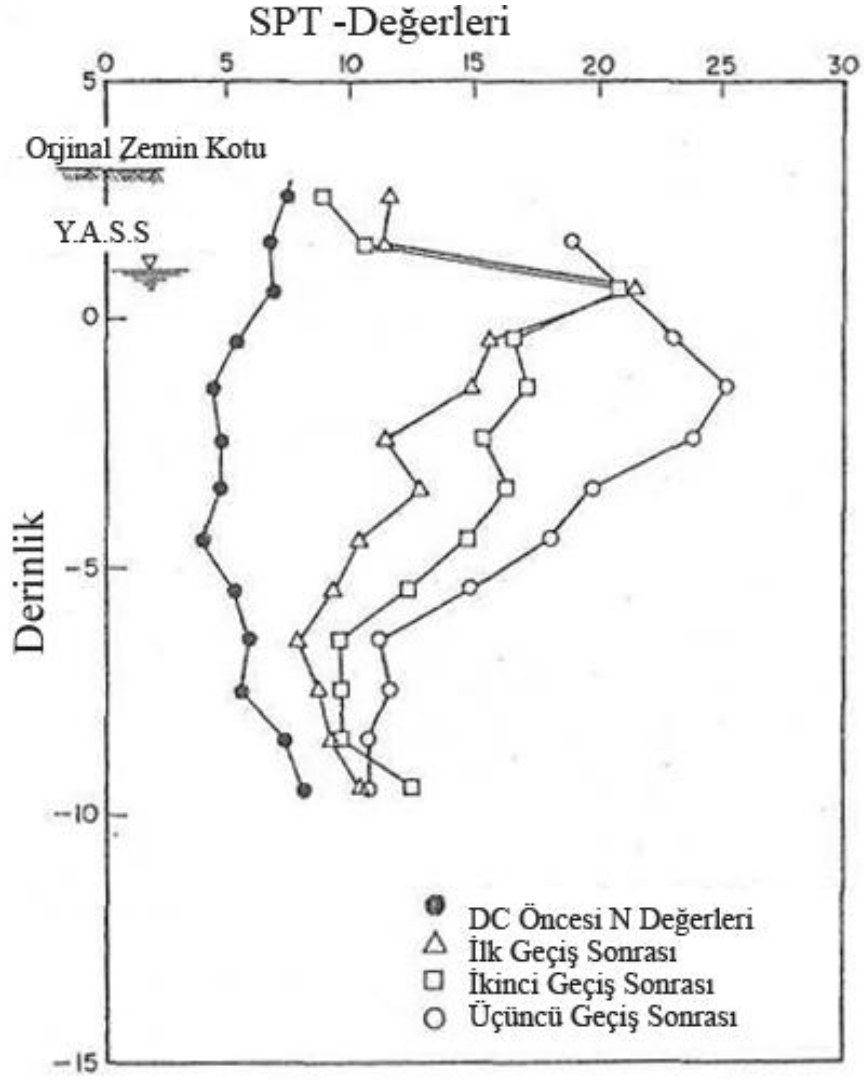
Çizelge 3.5 : Zemin Durumlarına göre Uygulanacak Gerekli Enerji Değerleri (Bergado ve diğ., 1996)

Zemin Tipi	Uygulanan Enerji (tm/m^3)
Geçirimli İri Daneli Zeminler	20-25
Yarı Geçirgen İnce Daneli Zeminler	25-35
Atık Depolama Sahaları	60-110

3.5.2 İyileştirme derinliğinin belirlenmesi

Dinamik Kompaksiyon da vuruş enerjisinin etkisi zemin koşullarına ve tipine bağlı olarak bir derinliğe kadar etkili olabilmektedir. Dinamik kompaksiyonun etkili olabildiği bu derinlik kritik derinlik olarak adlandırılır. Uygulama öncesi alınan SPT değerleri ile iyileştirmeden sonra alınan SPT değerleri gözlemlendiğinde, kritik derinliğe kadar bu değerlerin arttığı ancak kritik derinlikten sonra azalma gösterdiği belirlenmiştir. Şekil 3.11 deki örnekte, deniz tabanında yapılan bir zemin ıslahı çalışmasında 10 metre kalınlığındaki kumlu çakıl bir zeminde uygulanan vuruş geçişleriyle beraber SPT-N değerlerindeki artış derinlikle gösterilmektedir (Bergado

ve diğ., 1996). Bu örnekte, ilk aşamadı yaklaşık 5 olan SPT-N değerlerinin 10 ila 25 arasında değerlere yükseldiği görülmektedir. Daha sonra bu değerlerin git gide azaldığı görülmektedir.



Şekil 3.11 : Dinamik Kompaksiyon Öncesi ve Sonrası SPT Değerlerine Örnek (Bergado ve diğ., 1996)

İyileştirme Derinliğine etkiyen pek çok değişken vardır. Sadece zemin tipi ve uygunluğu değil, yeraltı su seviyesinin yüksekliği, her noktadaki darbe sayıları gibi pek çok etkene bağlıdır. Etki derinliklerini belirlemek amacı ile değerlendirilen saha çalışmalarında, bu derinliklerin her zemine has olduğu ve uygulamadan sonraki iyileşme periyodundan etklendiği gözlemlenmiştir. Uygulama yüzeyinde bulunan zayıf zeminler ve yüksek yeraltı su seviyesi değerleri, gerilme impulslarının fiziksel etkilerini yeterli seviyede göstermelerini engel olurlar. Böylece uygulama esnasında asıl iyileştirme yapılması istenen bölgede sadece küçük miktarlarda iyileşmeler

yapılabilir. Bunun yanında, her hangi bir gerilme impulsuna ait bilgi, dinamik kompaksiyon uygulamasının tasarlanmasında ve titreşimlerin yayılma potansiyellerinin belirlenmesinde çok büyük bir öneme sahiptir.

Derin iyileştirme esnasında vuruşun yapıldığı andaki kinetik enerji, bu yöntemin ana etkenidir ve yükseklik artıkça darbe hızı artmaktadır. Sırasıyla 8.00 ve 15.00 ton ağırlıktaki yükler kullanılarak yüksek hızlı kameralar yardımıyla yapılan çalışmalarda darbe hızları 56.00 km/sa (35.00 mph) ve 80.00 km/sa (50.00 mph) olarak ölçülmüş ve etki derinlikleri 6.00 ve 8.00 m olarak belirlenmiştir (Scombe, 2004).

Dinamik Kompaksiyon uygulamasının zemin içerisindeki şekli, Boussineq'in dairesel temeller altındaki gerilme dağılımına benzerdir. Uygulanan enerji seviyesinde; iyileştirme projeleri üzerinde yapılan özel tasarımlara, özel zemin koşullarına ve mühendislik özellikleri ihtiyaçlarına göre değişiklikler yapılabilir. Aksine titreşimle iyileştirme yöntemlerinde derinliğin artırılması eğilimi vardır. Deprem bölgelerinde istenilen zemin sıkılık değerlerinin sağlanması, titreşim yöntemleri kullanılarak ince zeminlerde, taş kolon avantajları ve drenaj özellikleri göz önüne alındığında daha iyi sonuçlar verebilmektedir. Yüzey dolgularında, taş kolonlar, dinamik kompaksiyon tarafından iyileştirilmesi zor olan derinliklerde bulunan zayıf kohezyonlu zeminlerin güçlendirilmesinde kullanılmaktadır.

Daha önceki bölümlerde belirtildiği üzere, dinamik kompaksiyon uygulaması esnasında uygulanan yüksek enerjiler zemin üst tabakalarını zayıflatabilmektedir. Bu yüzden uygulama esnasında iyileştirme yapılacak bölgelerde uygulama sebebiyle oluşacak tüm tepkileri göz önünde almak gerekmektedir. Örneğin, Suudi Arabistan'da dinamik kompoksiyon ile iyileştirme yapılan bir projede üç farklı kum tabakası için gerekli iyileştirme tek geçişle, düşüş yüksekliği, düşürülen ağırlık ve ızgara sistem mesafeleri uygun değerlerde ayarlanarak sağlanmıştır (Scombe, 2004). Bununla birlikte yapının tüm temelleri derin seviyelerde tasarlanmış ise zemin yüzeyinin iyileştirilmesi için gerekli olan son vuruş safhasına gerek yoktur. İlk atımlar esnasında ızgara sistemleri temellerin bulunacağı derinliklerde vuruş etkilerinin örtüşmesini sağlayacak şekilde tasarlanması yeterlidir.

3.5.3 Atış noktalarının (Izgaralarının) boyutlandırılması

Dinamik kompaksiyon uygulamasında saha ızgaralar biçiminde şekillendirilmektedir. Her atış noktası bu ızgaraların özerinde bulunmaktadır. Bu ızgaraların boyutlandırılması zeminin üniform sıkışmasını sağlayacak şekilde oluşturulmalıdır. Sıkıştırma işleminin henüz başlangıcında çok alçak yüksekliklerden yapılan atışlar, zeminin üst yüzeyine yakın tabakalarda sıkışmanın meydana gelmesine ve sıkışmanın yüzeye yakın dar tabakalarda oluşmasına sebep olacaktır. Bu da sonraki geçişlerin enerjisinin yayılmasını engelleyen bir tabaka meydana getirecektir. Genel bir uygulama olarak, ilk geçişler için daha geniş boyutlar seçilir, ve daha sonraki geçişlerin vuruş noktaları ilk geçişin vuruş izleri arasında belirlenir. İlk tahmin olarak seçilecek olan ilk pas ızgara mesafeleri sıkıştırılma yapılmak istenen derinlikle eşit alınabilir (Bergado ve diğ., 1996).

3.5.4 Geçişler arası zaman aralıkları

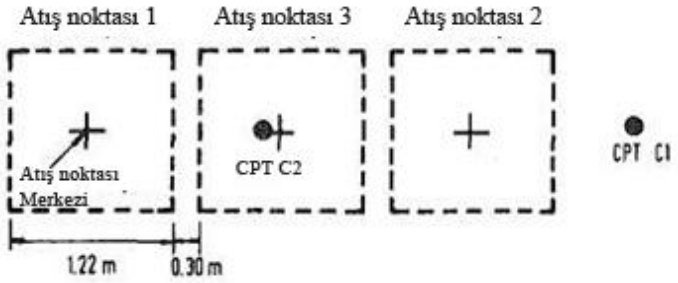
Zemin sıkıştırma işlemine maruz kaldığı zaman, su seviyesinin altında ilave boşluk suyu basınçları oluşmaktadır. Bu ilave boşluk suyu basınçları dinamik kompaksiyon işlemi boyunca birikir ve artar.

Vuruşlar sonucu oluşan ilave boşluk suyu basınçları, zeminin sıkılığına ve geçirimliliğine bağlı olarak farklılık gösterir. Oluşan bu boşluk suyu basınçları, ince daneli zeminlerde yüksek, iri daneli zeminlerde ise düşüktür. Düşük permeabiliteli zeminlerde, vuruşlar sırasında biriken bu ilave boşluk suyu basınçları kalır ve artar. Çok geçirgen zeminlerde, vuruşlar nedeniyle oluşan bu basınçlar bir sonraki vuruşa kadar tamamen yayılıp kaybolmakta hatta bazen hiç artık boşluk basıncı bulunamamıştır (Bergado ve diğ., 1996).

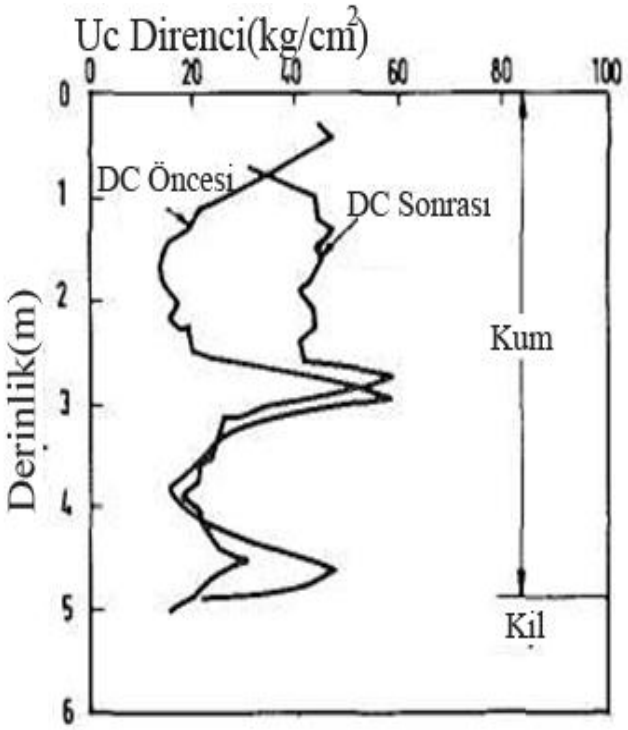
İnce daneli zeminlerde ve geçirimsiz zeminlerde oluşan bu ilave boşluk suyu basınçları, uygulama sahasında belirlenen kalerajlar doğrultusunda oluşturulabilecek drenaj hatları ve drenler yardımıyla, drenaj mesafeleri kısaltılarak azaltılabilir. Bir diğer alternatif ise atışlar neticesinde oluşacak boşluk suyu basınçlarının sönümlemesini beklemektir ki bu durum, çok uzun süreler alabileceğinden ötürü, drenaj hatları oluşturularak veya drenler yardımıyla drenaj mesafeleri azaltılarak bu basınçların sönümlenmesi sağlanabilecektir. Böylece olası kaynama ve zeminde oluşacak yırtılmalara mani olunacaktır.

3.6 Dinamik Kompaksiyon Uygulaması

Bu yöntemde kullanılan temel ekipmanlar basta ağır yük kapasiteli bir mobil vinç ve değişik ağırlıktaki ağırlıklardır. Bu amaçla kullanılan vinçler Özel olarak geliştirilmiştir. Dinamik kompaksiyonda bazı vinçler 40.00 ton ağırlığındaki bir ağırlığın 40.00 m yükseklikten düşürebilme kapasitesine sahip olup, bu tür bir ekipmanla zemine tek bir darbede verilen enerji 1600 ton.m mertebesinde olabilmektedir (Durgunoğlu, 2002).



Şekil 3.12 : Atış Aralıkları, Uygulama Öncesi ve Sonrası CPT Lokasyonları (Chow ve diğ., 1992)



Şekil 3.13 : Atışlar Öncesi ve Sonrası CPT Sonuçları (Chow ve diğ., 1992)

Zemin islahı işleri başlangıcında, sahanın farklı noktalarında ve farklı zemin koşullarında farklı ağırlıklar, serbest düşüş ile değişen yüksekliklerden zemin yüzeyine düşürülerek oluşan kraterlerden şişme ve penetrasyon (şişme ve

penetrasyon deneyleri) değerleri elde edilir. Bununla beraber yapılan atış öncesi ve sonrası, gözlem ve arazi testlerinin de yardımıyla bu penetrasyon ve şişme değerleri kullanılarak, uygulama yapılacak bölge için optimum sıkışma enerjisi belirlenerek uygun kaleraj, pas sayısı, atış yapılacak yükseklik ve ağırlık belirlenir. Belirlenen bu değerler doğrultusunda, atışlar tespit edilen paslarda geçilir. Son olarak dinamik kompaksiyonun son aşaması olan ütüleme aşamasında, daha hafif ağırlıkların sık bir karelaj ile zemin yüzeyine düşürülerek yüzeyde homojen sıkışmış bir tabaka oluşturulması sağlanır. Dinamik kompaksiyonun tasarımı ve uygulama performansı günümüzde halen sahada yapılan deneysel uygulamalara ve tasarımcının tecrübe ve muhakemesine büyük ölçüde bağlıdır (Chow ve diğ., 1992). Deneme atışları sırasında iyileştirilecek zeminin yeraltı su seviyesinin altında olduğu durumlarda, atışlar sonucunda oluşabilecek boşluk suyu basınçları düzenli olarak ölçülür. Gerekli bekleme süreleri tespit edilir. Bu şekilde dinamik kompaksiyon uygulaması için süre, maliyet ve etkinlik değerlendirilmesi yapılabilir. Dinamik kompaksiyon uygulamasının her aşamasında, kalite kontrol deneyleri ile sistematik olarak takip edilmelidir (Durgunoğlu, 2002).

Atık depolama sahaları üzerinde yapılan bir konut projesinde uygulanan dinamik kompaksiyon çalışması öncesi, ön testler (kalibrasyon testleri) yapılmıştır. Testlerde kabarma ve penetrasyon derinliği ölçümleri alınmıştır. Testin amacı, her bir faz için en uygun düşüş yüksekliğini, sıkıştırma için verilecek enerjiyi ve her fazda bu enerjinin ne kadarının aktarılması gerektiğinin belirlenmesidir. Ayrıca test atımları neticesinde oluşan kraterin hacimsel yerdeğiştirmesi değil, daneler arası kompaksiyon olduğundan emin olunmalıdır (Yee, 1999).

Indianapolis'de eski bir atık deposu üzerine inşa edilmiş olan depo inşaatında, zemin iyileştirme tekniği olarak dinamik kompaksiyon yöntemi kullanılmıştır. Dinamik kompaksiyon uygulaması öncesi deneme testleri yapılmıştır. Ön testlerde ilk olarak 4.10 ton ağırlık 9.00 m yükseklikten Şekil 3.12 de gösterilen aralıklarda sırası ile , yedi, yedi ve son fazda üç defa olmak üzere düşürülerek üç fazda yapılmıştır. Bu testlere ait CPT sonuçları Şekil 3.13 de görülmektedir. Daha sonra yapılan deneme testlerinde ise 5.90 ton ağırlık 12.00 m den aynı aralık ve düşüş sayısı ile düşürülerek uygulanmış ve istenen iyileşme değerleri bu şekilde sağlanmıştır (Chow ve diğ., 1992).

Dinamik Kompaksiyon sahada uygulanırken gözönüne alınması gereken birkaç etken vardır. Kullanılan büyük vinçler sahada yüzeyden serbest drenajlarla desteklenmeli ve bu serbest drenaj sistemlerinin kalınlığı iyileştirilen zeminin özelliklerine göre tespit edilmelidir. Şayet zemin granüler bir zeminse, böyle bir tabakaya ihtiyaç duyulmamaktadır. Ancak yağışlı havalarda, kum boyutundaki malzemelerin atışlar sonrası atış yapılan noktadan 60.00 m yüksekliğe kadar fırlayabilmektedir. Bunun için daha iri daneli granüler zeminler ile bu problem çözülebilmektedir.

Kohezyonlu malzemeler içeren zeminlerde, granüler malzemelerden oluşan serbest drenaj tabakası kullanılması gerekmektedir. Bu halı çalışmasının kalınlığı hafif enerjili iyileştirme uygulamalarında ve atık dolguların iyileştirildiği uygulamalarda yaklaşık 150.00 mm kadar olmalıdır. Önemli derinliklerde zeminler iyileştirilmeye çalışılıyorsa, üzerine yapılacak 1.00 m ve üzeri granüler dolgu (halı) tabakası serilmelidir. Belirtilen seviyelerde kullanılan serbest drenaj tabakası, zeminlere iletilecek olan gerilme impulslarının bir kısmını tutar. Daha etkili bir yöntemse, 0.50 m kalınlığında halı çalışmasıyla başlayarak daha sonra atışlar neticesinde oluşacak boşlukların direk olarak doldurulması ile bu çalışma halısı sürekli kılınır ve başarılı atışlar yapılması sağlanır. Yapılan bu uygulama, yapılacak geri dolgunun sağlıklı bir biçimde kontrolüne yardımcı olur. Uygulanan granüler halı tabakası aynı zamanda vinçlere hareket kabiliyeti de vermektedir. Kohezyonlu zeminlerde vinçler hareket etmekte ve yükü tekrar çekmekte zorlanırlar. Bu tabakalar yardımıyla vinçlerin zemine saplanıp kalmasınında önüne geçilmiş olur.

Kış çalışmalarında zemin şartları göz önüne alındığında, dinamik kompaksiyon daha zor ve zahmetlidir. Genel kural yaz şartlarında uygulanan serbest drenaj dolgusunun kış şartlarında %25 artırılmasıdır. Kuru iklimli bölgelerde çalışırken, killi zeminlerde bu dolgu çalışmasına ihtiyaç duyulmamaktadır (Scombe, 2004).

Dinamik kompaksiyon yumuşak ve sıkışabilen zeminlerde uygulanabilir ancak vincin manevra yapabilmesi ve atışlar sonunda yükü tekrar çekebilmek için zemin yüzeyi yaklaşık 1.00 m kalınlığında kum tabakasıyla kaplanmalıdır. Kum dolgu aynı zamanda su seviyesinin yüksek olduğu sahalarda, çalışma sahasını su seviyesinden 1.50-2.00 m yukarıda tutmak amacıyla kullanılmaktadır. Bölgesel olarak örselenmiş yumuşak zemin çukurları kırma taşla değiştirilmelidir (Bergado ve diğ., 1996).

3.7 Dinamik Kompaksiyon Kaynaklı Oturmalar

Dinamik oturmalar sık sık dinamik kompaksiyon uygulamasının bitiş sınırı olarak kullanılır. Çin'de dinamik kompaksiyon uygulaması devam ederken, sürekli olarak ağırlığın zemine giriş derinliği ölçülür ve bu uygulamanın bitiş kriteri olarak son 2 vuruştaki ortalama giriş değerinin 5.00 cm'den küçük olduğu değerler kabul edilir (Cui, 2010). Dinamik kompaksiyon sonucunda oluşan oturmalar, zemine verilen toplam enerjiye ve dinamik kompaksiyonun uygulanış biçimine bağlıdır. Zemin gevşek durumdayken ilk olarak şekil testleri uygulanır. Bu testler basitçe değerlendirilerek uygulama esnasında oluşacak oturmalar yaklaşık olarak tahmin edilebilir. Mayne ve diğerlerinin (1984) kendi çalışmalarına ait 124 farklı sahada yaptıkları çalışmada, uygulama sonucu oluşan oturmaların büyüklüklerine etkiyen en önemli faktörlerin zemine uygulanan toplam enerji ve bulunan zemin tabakasının kalınlığı olduğunu belirtmiştirler. Analizlerde zeminin ilk sıkılığı, kıvamı veya toplam enerjinin sayısal olarak belirlenmesinde önemli etkenlerden olan, ilk geçişler sırasında uygulanan yüksek hızlı veya son geçişlerde uygulanan düşük hızlı enerjilerin toplam enerjiye oranı hesaba katılmamıştır. Ayrıca, killi zeminlerde çok yüksek seviyeli enerjilerin kullanılması, pratikte oluşması gereken optimum oturma değerlerinin altında oturma değerlerinin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır (Scombe, 2004).

8.00 ton (50.00-100.00 tm/m^2) ve 15.00 ton (100.00-200.00 tm/m^2)'luk ekipmanlarla göz önüne alınarak yapılan basit yaklaşımlar sonucu uygulama kaynaklı oturmaların, hedeflenen iyileştirme derinliklerine oranını yaklaşık olarak gösteren değerler Çizelge 3.6 da verilmiştir.

Oturma oranlarını artırmak için uygulanacak enerjileri artırmak lineer sonuçlar vermemektedir. Örneğin, atık ve molozlarda oturma oranlarını %10'dan %15'e çıkarılması istendiğinde uygulanacak enerji %220-225 oranında artırılmalıdır. Çünkü dinamik kompaksiyon esnasında zemin daha sıkı bir konuma gelmekte, boşlukların azalma potansiyeli ise azalmaktadır. Bunun sonucunda her bir atış sonucu oturma miktarlarının artırılması için daha faza enerji ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (Scombe, 2004).

Çizelge 3.6 : Yaklaşık Oturma Değerlerinin İyileştirme Derinliğine Oranı (Scombe, 2004)

Zemin Tipi	Mevcut Zemin Derinliğine Oranı
Doğal Killerde	1-3
Kil Dolgularda	3-5
Doğal Kumlarda	3-10
Granüler Dolgularda	5-15
Atık, Moloz, Organik Zemin ve Turbalarda	7-20

Gevşek malzemelerin sıkı zeminlerden oranla daha fazla sıkışacağı aşikardır. Kül, moloz ve cüruflar uygulama esnasında çökme, kırılma eğilimdedir. Bunun sonucunda granüler dolgular içerisinde büyük oturmalara sebep vermektedirler.

3.8 Kontrol Yöntemleri

Çoğu uygulamada ilk geçiş vuruşları neticesinde oluşan kraterlerin derinlikleri ve genel saha kotu takibi yapılır. Bu uygulamanın kontrolü için saha ve yükleme testleri sık sık uygulanır. Bu uygulamada geniş alanlar hızlı bir şekilde iyileştirildiği için testlerle hızla gerekli bilgilerin elde edilmesi çok büyük önem arzetmektedir. Özelliklede vuruş geçişleri arasında yapılan testlerde uygulamanın devamlılığı ve kontrolü açısından önemlidir. İyileştirme neticelerin tespiti için laborotuvar testleri nadir olarak uygulanır. Killi zeminlerde belirsiz durumların oluşmasını engelleyecek yeterli iyileşme periyodları belirlenmesinde bu testler kullanılmaktadır.

Titreşim metodları veya kazık uygulamalarının penetrasyonu sırasında engel çıkaran zeminler veya üzerinde iri daneler bulunan zeminlerde, dinamik kompaksiyon metodunun uygulanması yaygın bir durumdur. Aynı penetrasyon problemleri keza saha deneyleri içinde söz konusu olabilmektedir. Çok azda olsa bazı uygulamalarda hava basınçlı kazıcılar kullanılarak uygulama öncesi geçişlere mani olan tabakalar altına testler için forajlar yapılır. Fakat bu tür durumlarda yüzeysel yükleme testleri en normal ve uygun test metodu olmaktadır. İyileştirme derinliğinin ve derecesinin, uygun ızgara aralıklarının ve her noktada uygulanacak vuruş sayısının değerlendirilmesi için tüm sahayı kapsayan deneme testleri uygulanır. Tasarımın etkisini belirlemek için birçok test yöntemi kullanılır. Bunların en çok kullanılanları

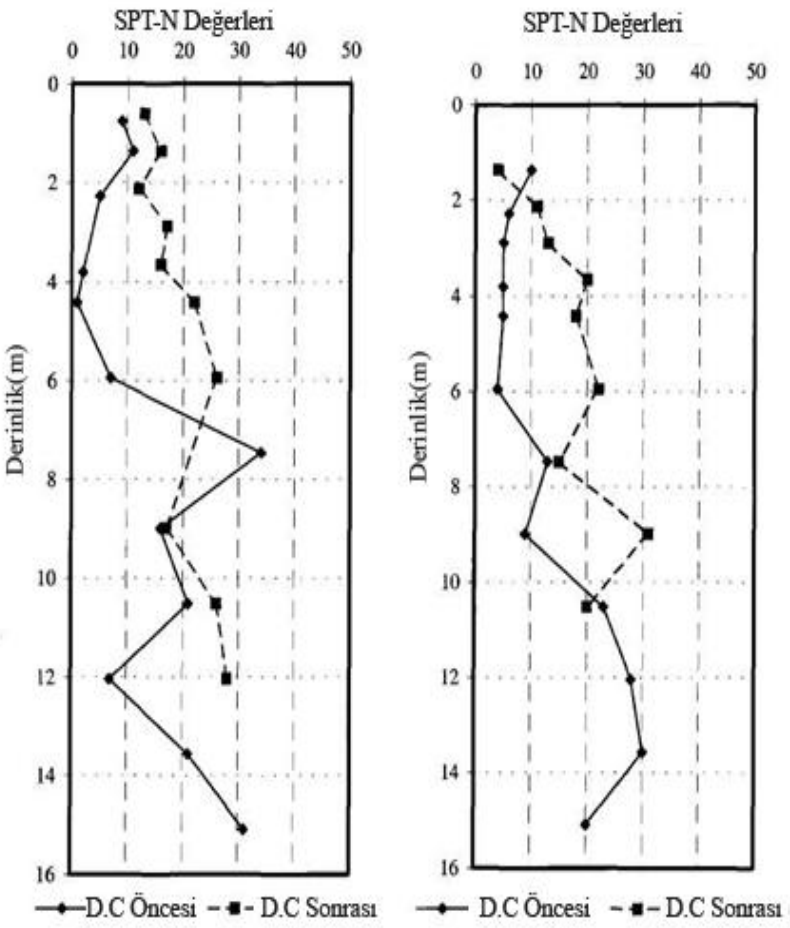
standart penetrasyon deneyi (SPT), koni penetrasyon deneyi (CPT) ve presiyometre deneyi, işlem öncesi ve sonrası uygulanır. Zemin kabarmaları, zeminin sıkıştığını veya hacim değişimi olmadan plastik deformasyon olduğunu gösteren değerlerdir. Bu sebepten her uygulama öncesi gerekli düşüş sayısını tespiti için kabarma ve penetrasyon testleri uygulanmalıdır (Chen ve diğ., 2009). Bu şekilde zeminin istenildiği gibi sıkıştırılması için uygun dinamik kompaksiyon uygulama değerleri tespit edilir. Aşağıda sahada uygulanan bazı testlerin avantajları ve sınırları belirtilmiştir;

1. Standart Penetrasyon Deneyi: Bu deney genellikle hem granüler hem de kohezyonlu zeminler için en kullanışlı deneydir. Fakat dinamik doğası gereği varolan boşluk suyu basınçlarına çok hassastır. Test edilen tabakanın sıvılaşmasına sebep olabilmektedir ve bunula birlikte beklenen değerlerin altında değerler elde edilmesine sebep olmaktadır. Bu testte gerekli bilgiyi sağlama hızı yeterlidir. Buradaki asıl sakınca, normal bir şekilde sıkıştırılmış zeminin oyulup gerekli penetresyonun sağlanması için önemli miktarda zaman kaybına ve maliyete sebep olmasıdır.

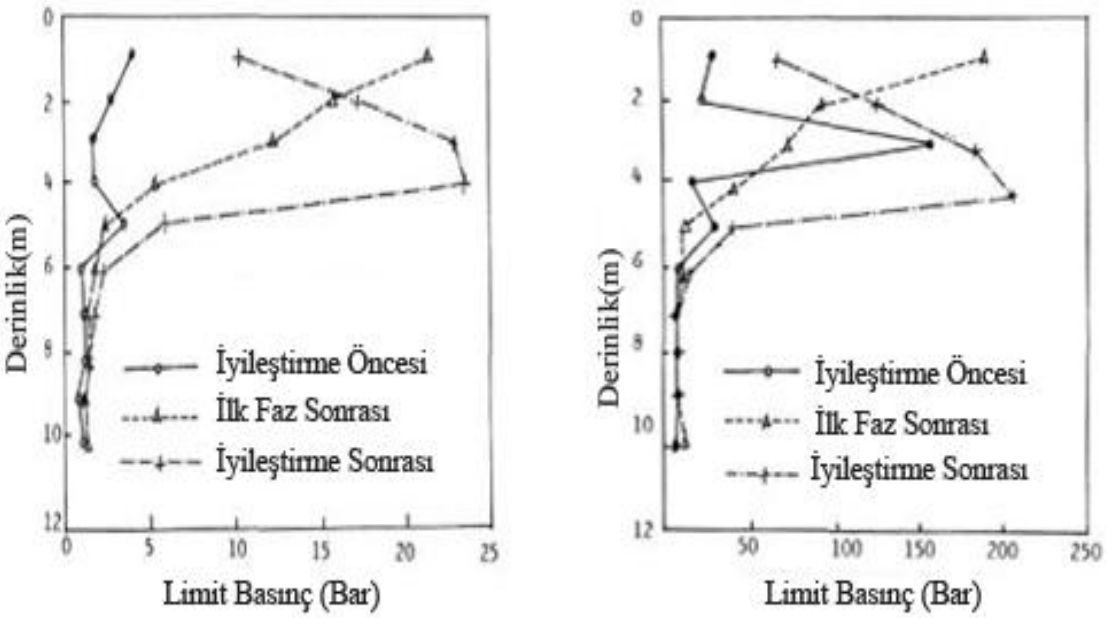
Amerikada Misouri nehri taşkın yatağına yapılan beş katlı ofis binası temel zemininde uygulanan dinamik kompaksiyon öncesi ve sonrasına ait SPT değerleri Şekil 3.14 de görülmektedir (Kumar, 2001).

2. *Pressiyometre:* Dinamik kompaksiyon tekniği bu yöntemle tarihsel olarak birleşmektedir. Yöntem Avrupa'da sıklıkla kullanılmasına rağmen İngiltere'de nadiren kullanılmaktadır. (Scombe, 2004) Bu test ile dinamik kompaksiyon ile iyileştirilen zeminlerin oturma tahkikleri ve taşıma gücü değerleri irdelenebilmektedir. Şekil 3.15 de bir konut uygulamasında kullanılan dinamik kompaksiyona ait presiyometre sonuçları uygulama öncesi, ilk atışlar sonrası ve iyileştirme sonrası olarak gösterilmektedir (Yee, 1999).

Gene farklı bir projede Bursa da yapılan Carrefoursa inşaatı için sahada uygulanan dinamik kompaksiyon öncesi ve sonrası presiyometre sonuçları Şekil 3.16 de görülmektedir (Durgunoğlu ve diğ., 2002).



Şekil 3.14 : Uygulama Öncesi ve Sonrası SPT Sonuçları (Kumar, 2001)

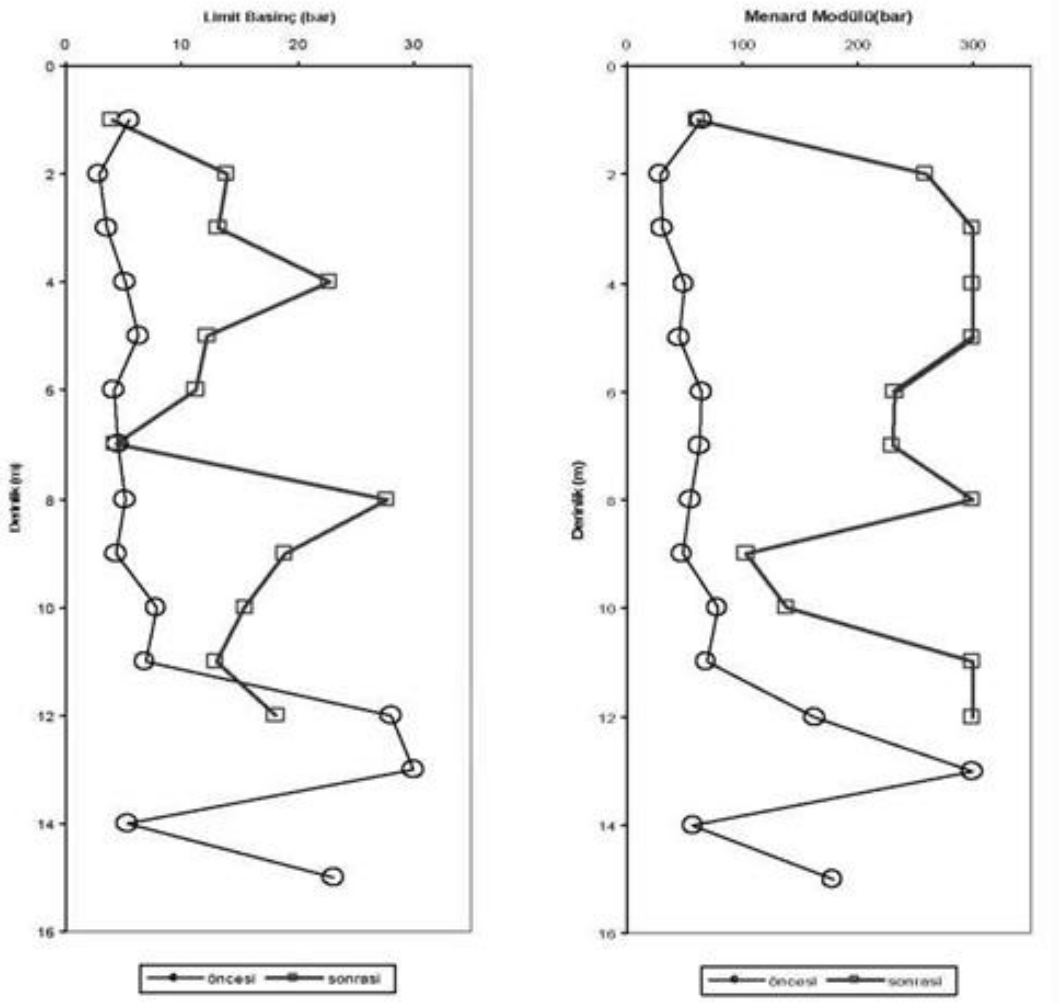


Şekil 3.15 : Uygulama Öncesi, İlk Atışlar Sonrası ve İyileştirme Presiyometre Sonuçları (Yee, 1999)

3. Koni Penetrasyon Deneyi(CPT)

a. Dinamik Koni Penetrasyon Testi: Dinamik Koni Penetrasyon deneyi kısmen ucuz ve sağlıklı bir yöntemdir. Fakat bu yöntem zemin tabakaların belirlenmesi açısından sınırlı bir yöntemdir. Bazı tabakalarda düşük vuruş sayıları gevşek tabakaların veya uygulama esnasında sorunlar oluşmasına sebep olacak kohezyonlu zemin tabakalarının atlanmasına sebep olur.

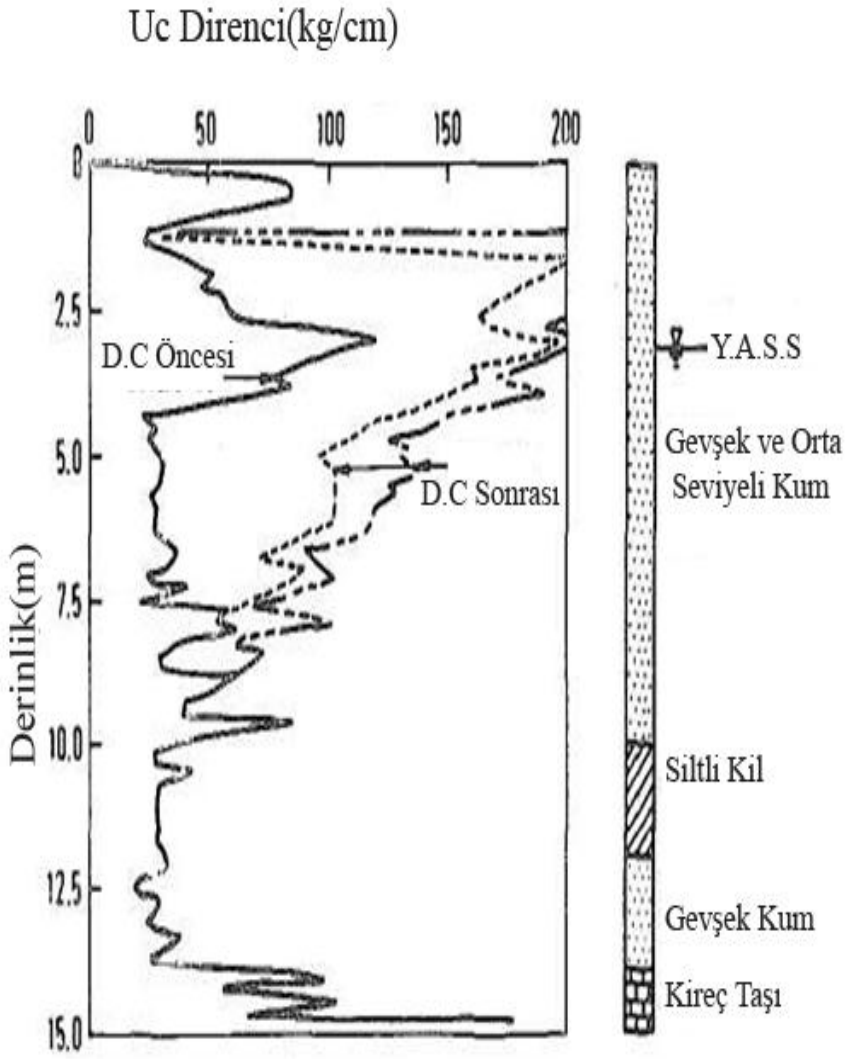
b. Statik Koni Penetrasyon Testi: Bu deney kumların test edilmesi için ideal bir yöntemdir. Çünkü bu deneyde, zemin tipi sürtünme oranına göre belirlenmektedir. Statik koni penetrasyon deneyinin killi zeminlerde daha az başarılı olduğu kabul edilmektedir. Daha önceki deneyimler, bu uygulamanın varolan artan boşluk suyu basınçlarından etkilendiğini göstermektedir. Bu yöntemin iri daneli dolguların olduğu bölgelerde kullanılması tavsiye edilmez.



Şekil 3.16 : Uygulama Öncesi ve Sonrası Presiyometre Sonuçları (Durgunoğlu ve diğ., 2002)

Kuala Lumpur'a 15 km uzaklıktaki Sungei Besi alanında yapılan 15 katlı 8 bloktan oluşan projede, dinamik kompaksiyon uygulaması kullanılmıştır. Bu bölgede dinamik kompaksiyon öncesi ve sonrası CPT testleri sonucları Şekil 3.17 de görülmektedir. (Chow ve diğ., 1992)

4. Dilatometre: Bu metod dinamik kompaksiyon yönteminin takibi için umut vermektedir. Fakat henüz elde zemin ve dolguların iyileştirmelerinin değerlendirmesinin yapılabilmesi için yeterli kaynak bulunmamaktadır (B.C. Slocombe).

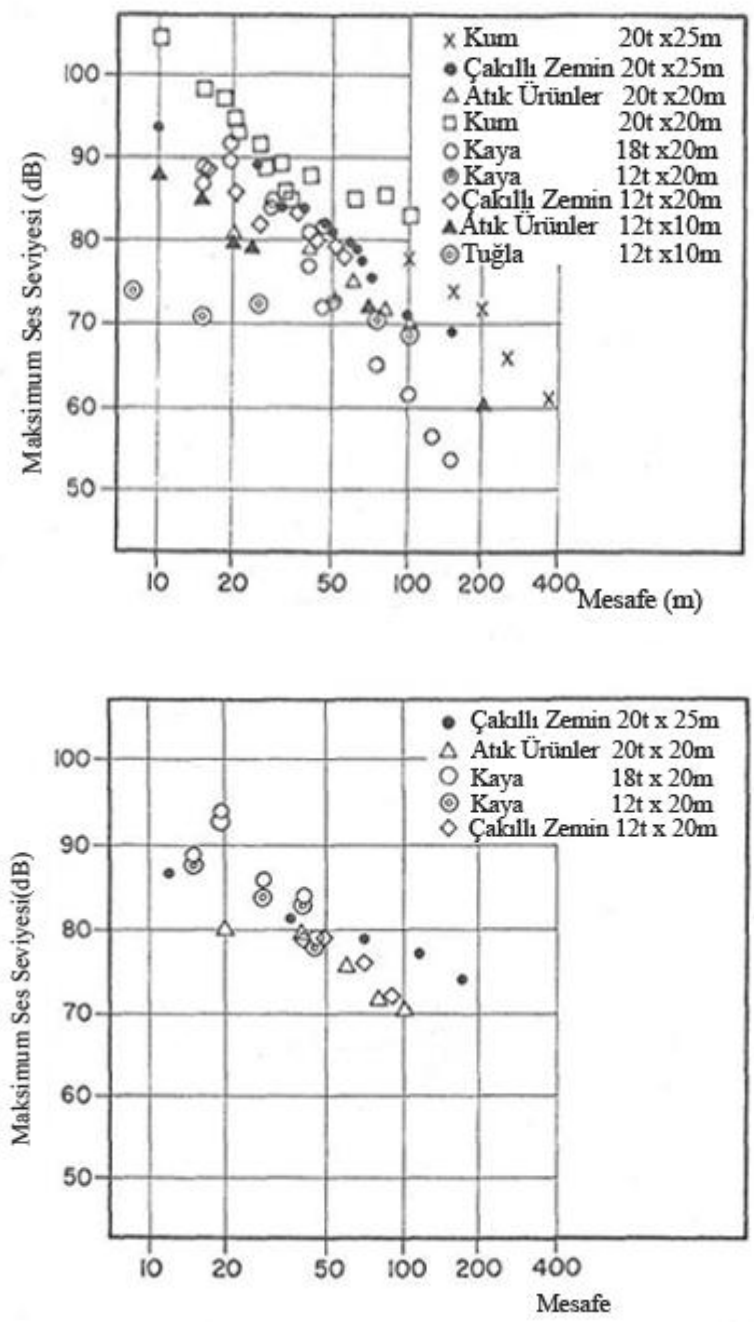


Şekil 3.17 : Uygulama Öncesi ve Sonrası CPT Sonuçları (Chow ve diğ., 1992)

3.9 Dinamik Kompaksiyon Neticesinde Oluşan Çevresel Etkiler

Dinamik kompaksiyonda büyük ve gözle rahatlıkla görülebilir ekipmanlar kullanılmaktadır. Bu işlem sırasında ses ve titreşimler oluşmakta, bu etkiler için

İngiltere'deki uygulamalarda "Kirliliğin Kontrolü Kanunu" (1974) göz önünde bulundurulmalıdır (Scombe, 2004). Dinamik kompaksiyon vuruşları neticesinde gürültü ve titreşim oluşmaktadır. Bu uygulamada kullanılan ekipmanlar ve aygıtlar çeşitli izolasyon malzemeleri ile kaplanarak vuruşlar neticesinde oluşabilecek ses seviyesi düşürülebilir. Vibrasyonu düşürmek içinse, vuruş yapılan noktadan belli bir mesafeye ihtiyaç vardır. Titreşim, ses ve mesafe ilişkisi Şekil 3.18 de gösterilmektedir.



Şekil 3.18 : Atışlar Sonucu Oluşan Vibrasyonların Değişik Zeminlerde Ses ve Mesafe ile İlişkisi (Bergado ve diğ., 1996)

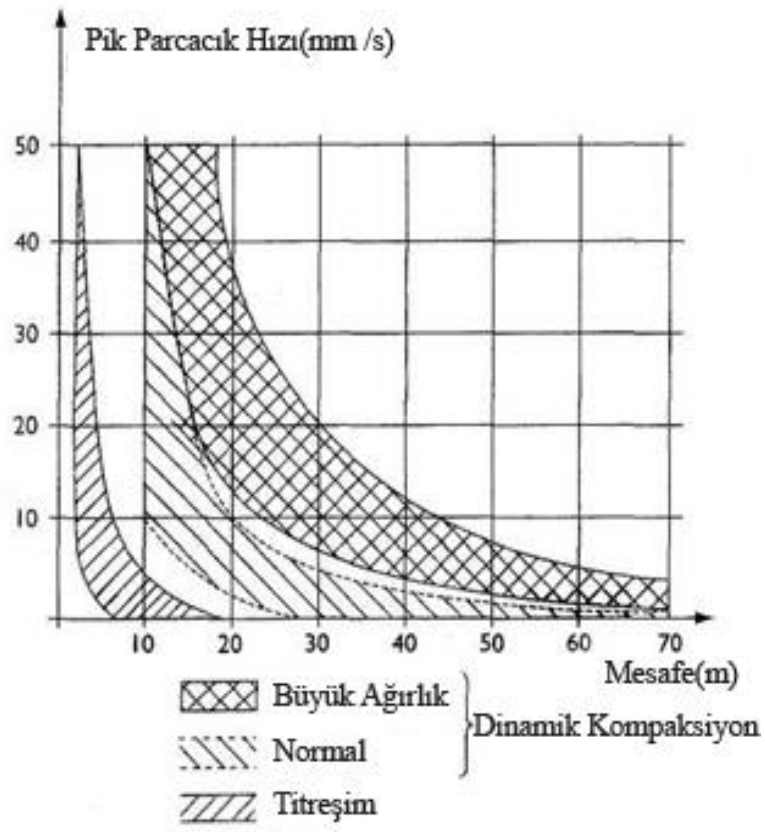
Hava kaynaklı gürültü seviyesi birçok etken tarafından üretilebilir. Dinamik kompaksiyon atışlarının sebebiyle oluşabilecek bu ses seviyeleri kaynağında, en yüksek 110.00-120.00 dB olarak belirlenmektedir. Bu ses ve gürültünün oluşması kaldırma-düşürme döngüsünün sadece %0,5'i kadarını oluşturmaktadır. Önemli ölçüde düşük seviyeli olan kaldırma ve rölanti halindeki ses seviyelerini darbe sırasında oluşan gürültü seviyeleriyle farklı hesaplamalarla birleştirildiğilde uygulama alanından 50 m den daha fazla uzaklıktaki bölgelerde gürültü seviyeleri istenen değerler içerisinde kalmaktadır. Belirlenen gürültü sınır değerleri altında, uygulama alanı içinde belirlenen bölgelerde, bir iş günü boyunca sadece birkaç saat çalışılması mümkündür. Bazen geniş cam levhalar, perde diyaframlar olarak kullanılarak gürültü karakteri değiştirilebilmektedir. Bu uygulamada ekolar, rüzgar yönü, ve vincin eksoz açısı gibi birçok etken göz önüne alınmalıdır (Scombe, 2004).

Bu arada göz önüne alınması gereken en önemli çevresel etki ise zeminde oluşan titreşimlerdir. Bunun yanında, titreşimin büyüklüğü frekans olarak tanımlanır ve bu değer 5-15 Hz değerlerine ulaşırsa yapılara ve altyapılara zarar verebilir ve insanlar tarafından hissedilebilir. İyileştirme yöntemine etkiyen üç titreşim kademesi önerilmektedir. İyi durumdaki bina temelleri seviyesindeki pik parçacık hızı değerleri aşağıdaki gibidir:

Yapısal Hasar	40.00 mm/sn
Küçük Mimari Hasarlar	10.00 mm/sn
Yapı Sakinlerinde Rahatsızlık	2.50 mm/sn

Kötü durumdaki yapılarda ve okul, hastane gibi çevresel olarak hasas olan bölgelerde uygulama esnasında bu değerlerden daha düşük değerler benimsenmelidir. Bazı tip binalarda vibrasyon değerlerinde bir takım artışlar olabilir. Örneğin bir binanın temilinde dalga (parçacık) hızları 1.00 mm/sn iken üçüncü katında 2.50 mm/sn ulaşabilmektedir. Uygulama esnasında oluşacak olan zemin titreşimleri dikkate alınırken altyapılar ve servis binaları yaşlarında hesaba katılmalıdır. Bu tür yapılar için kabul edilebilir hız değerleri 15.00-20.00 mm/sn dir ancak bu durum yüksek basınçlı gaz şebekeleri için geçerli değildir. Zeminin doğal yapısındaki değişkenlerden ötürü, uygulama esnasında zemine aktarılan titreşimler tam olarak belirlenemez. Sahada uygulama esnasında yüzeyden alınan titreşim ölçümler Şekil 3.19 da gösterilmektedir. Dinamik kompaksiyon üst limitler granüler zeminlerde,

atık, atık ve çöp ihtiva eden zeminlerde, alt limitlerse kohezif tabakalarda gözlemlenmektedir. Yüksek yer altı su seviyesinin bulunduğu durumlarda da yüksek limit değerleri bulunabilmektedir (Scombe, 2004).



Şekil 3.19 : Uygulama Esnasında Ölçülen Titreşim Değerleri (Scombe, 2004)

Kısmen daha sıkı kum, çakıl ve kaya altlarında yapılan iyileştirme çalışmalarında, dikkatli değerlendirmeler yapılmalıdır. Çünkü bu tip zeminler küçük kayıplarla titreşimleri çok daha uzun mesafelere iletirler. Daha önceden varolan yoğun yüzeyler veya gömülü tabakalar benzer biçimde davranabilmektedir.

Titreşim problemini ortadan kaldırmanın üç ana çözümü vardır. Bunlardan ilki düşürme yüksekliğini düşürmek ve verilen enerjiyi dengelemek için vuruş sayılarını artırmaktır. Bu şekilde bir vuruş esnasında verilen enerji ve zemine aktarılan gerilme impulsları azaltılır. İkinci yöntem titreşim azaltma yöntemi ise kullanılan ağırlığı küçültmektir. Bu da bir önceki yöntem ile aynı mantıktadır. Üçüncü yöntemse yeterli derinlikte kanallar açılarak yüzey dalgalarının yayılmasının engellenmesidir.

İnsanlar titreşimlerin hissedilmesi hususunda çok hassas olabilmekte, hatta eşik değerleri altında oluşan ve oldukça uzak olan mesafelerde bile bu etkilere fiziksel tepkiler verebilmektedirler. Ayrıca dinamik kompaksiyon uygulamalarından önce

çevredeki binalarda hasar tespitleri ve incelemeler yapılmalıdır. Aksi takdirde uygulama çevresinde oturanlar binalarda uygulama öncesinde meydana gelmiş kırık, çatlak, döküntü gibi hasarları bu uygulamadan kaynaklandığını düşünebilir. Bu da hukuki ve maddi açılardan problem teşkil edebilir.

4. DİNAMİK KOMPAKSİYONA AİT BİR VAKA ANALİZİ

4.1 Saha Özellikleri

Bu vaka analizi Kocaeli İli, Gebze İlçesi Şekerpınar Beldesinde inşa edilen üretim tesisi içerisinde dilatasyonla birbirinden ayrılmış; üretim binası, idare binası, sosyal bina, tesisat merkezi, yağ tankları ve toplama havuzu, yarı açık depo binası, atık deposu, 2 adet güvenlik binası, açık otoparklar ve spor alanlarının zemin iyileştirmesi çalışmalarını içermektedir. Sahanın toplam alanı yaklaşık 69.610 m^2'dir.

İncelenme sahası engebeli ve iki kademeden oluşan bir saha olup, üst kademedeki kotlar +184.30~+186.30 m arasında değişmektedir. Alt kademede ise +173.75~+177.50 m kotları arasında değişmektedir.

Tüm binaların bulundukları kot +182.00 m olup, H1 güvenlik binasının kotu +181.30 m ve H2 güvenlik binasının itibari kotu +183.00 m'dir.

Belirtilen arazi içerisinde yapılan zemin analizleri neticesinde idare ve sosyal binaların bulunduğu B, C, C1 Blokların zemin iyileştirmesi Dinamik Kompaksiyon ile yapılması uygun bulunmuştur.

- *B Blok İdare Binası:* Dört normal katlı, 53.00x23.00 m boyutlarında, oturum alanı yaklaşık 1.250 m^2 olup, temel taban kotu +175.80 m, yaklaşık temel taban gerilmesi 160.00 kN/m^2 (16.00 t/m^2) olarak bildirilmiştir.
- *C Blok Sosyal Bina:* Bodrumsuz 2 katlı, oturum alanı yaklaşık 1350.00 m^2 olup temel taban kotu +176.00 m, yaklaşık temel taban gerilmesi 100.00 kN/m^2 (10.00 t/m^2) olarak bildirilmiştir.
- *C1 Blok Atrium Binası:* Oturum alanı yaklaşık 262.00 m^2 olup, temel taban kotu +176.00 m, yaklaşık temel taban gerilmesi 100.00 kN/m^2 (10.00t/m^2) olarak bildirilmiştir.

Bölgede Marmara iklim tipi hakimdir. Yaz ayları oldukça sıcak ve az yağışlı, yüksek yağışlar ise soğuk kış aylarında gözlemlenmektedir. Kış aylarındaki yağışların çoğu mevsimsel, yaz aylarındakiler ise daha çok bölgesel yağışlar türündedir. Ayrıca, bahar aylarında her iki yağış türü de görülmektedir.

4.2 Zemin Özelliklerinin Belirlenmesi

İnşaat sahasında zemin koşullarının belirlenmesi amacıyla detaylı zemin etüd ve araştırma çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Sahadaki jeolojik birimlerin sınırları gözlemsel yüzey jeolojisi, gerçekleştirilen sondaj ve arazi deneyleri ile belirlenmiştir. Uygulama alanının mühendislik parametrelerini belirleyebilmek amacı ile saha genelinde standart penetrasyon deneyleri, koni penetrasyon deneyleri ayrı ayrı noktalarda uygulanmış ve gözlem kuyuları açılmıştır. Ayrıca sahadan zemin numuneleri alınmış ve bu numuneler laboratuvar deneylerine tabii tutularak zemin özelliklerini belirlenmiştir.

4.2.1 Arazi çalışmaları

Arazi çalışmaları kapsamında sahada standart penetrasyon, koni penetrasyon deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerin uygulama noktaları Ek-1 de gösterilmektedir.

4.2.1.1 Standart penetrasyon testi (SPT)

SPT, esas olarak yerinde yapılan bir dinamik bir penetrasyon deneyidir. İnce taneli zeminlerde dayanım parametrelerine (kohezyon, içsel sürtünme açısı), iri tanelilerde ise zeminin rölatif sıkılığına bağlıdır. 1920'lerden itibaren uygulanan bu arazi deneyi günümüzde çok geniş bir veri tabanına sahip olup, çok yaygın kullanılmaktadır. (ASTM D1586, 1994)

Deneyin uygulanmasındaki farklılıklar ve deneyde kullanılan ekipmanların değişkenliği sebebiyle, SPT'den elde edilen sonuçlar (SPT-N) birçok faktörün etkisindedir. Standart Penetrasyon deneyinde sahada elde edilen SPT-N değerleri ($SPT\text{-}N_{arazi}$); kullanılan yarık tüplü numune alıcısına iletilen toplam teorik enerji, başka bir deyişle enerji oranı, deneyde kullanılan şahmerdan tipi, düşürme ekipmanı, operatörün deneyimi, kedibaşının boyutu ve çapı, kullanılan halatın çapı ve kedibaşı etrafındaki sarım sayısı, sondaj çapı, tij boyu, tij çapı, tij eklemlerinin sıkılığı, halatın düşeyliği, numune alıcı tipi ve jeolojik yük gibi pek çok faktörden etkilenmektedir. Bu değişkenlerin bulunan değerler üzerindeki etkisinden ötürü, SPT-N değerleri üzerinde düzeltmeler yapılmalıdır. (Sivrikaya ve diğ, 2007), (Url 01)

Sondajlarda sistematik olarak gerçekleştirilen Standart Penetrasyon deneyi esnasında, SPT numune alıcısına aktarılan enerji deney sonuçlarını etkileyen en önemli faktörlerden biri olmaktadır. Enerji oranı (ER) % 60 mertebesi genel olarak

referans değer olarak literatürde kabul edilmekte olup bu oran SPT deney düzeneğine ve yöntemine bağlı olarak değişebilmektedir. Ayrıca ilave düzeltme faktörleri, tij boyuna, delik çapına ve numune alıcısı tipine göre etkili olmaktadır. SPT/N değerinin aynı zamanda jeolojik yük altındaki efektif gerilme değerine bağlı olduğu da dikkate alındığında tüm yukarıda sıralanan faktörler için düzeltilmiş SPT/N darbe sayısı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir:

$$(N_1)_{60}=N_{30}(C_N C_E C_B C_R Cs) \qquad (4.1)$$

$$C_N=\sqrt{1/\sigma_v'} \qquad [\sigma_v'=kg/cm^2] \qquad (4.2)$$

Çizelge 4.1 : Düzeltme Faktörleri

Düzeltme faktörü	Açıklama	İndis	Önerilen Düzeltme Değeri
Jeolojik yük		C_N	$\sqrt{1/\sigma'_v}$
Enerji oranı	Klasik sistem Emniyetli sistem Otomatik sistem	C_E	0.5 ila 1.0 0.7 ila 1.2 0.8 ila 1.3
Delik çapı	65 mm'den 115 mm'e kadar 150 mm 200 mm	C_B	1.0 1.05 1.15
Tij boyu	3 m'den 4 m'ye kadar 4 m'den 6 m'ye kadar 6 m'den 10 m'ye kadar 10 m'den 30 m'ye kadar >30 m	C_R	0.75 0.85 0.95 1.00 <1.00
Numune alıcısı Tipi	Standart numune alıcısı (kaplamalı tipte) Kaplamasız standart numune alıcısı	C_S	1.00 1.10 ila 1.30

Bu bağıntılarda,

N: Sahada ölçülen SPT darbe sayısı

C_N: Jeolojik yük düzeltme faktörü

C_E: Deney yöntemine bağlı olarak aktarılan enerji düzeltme faktörü; (Ülkemizde genel olarak ER %60 değeri kullanılır)

C_B: Delik çapı düzeltme faktörü;

C_R: Tij boyu düzeltme faktörü

C_S: Numune alıcısı için düzeltme faktörüdür.

İlgili düzeltme faktörleri aşağıda Çizelge 4.1'de özetlenmektedir.



Şekil 4.1 : Sahada Uygulanan Bir SPT

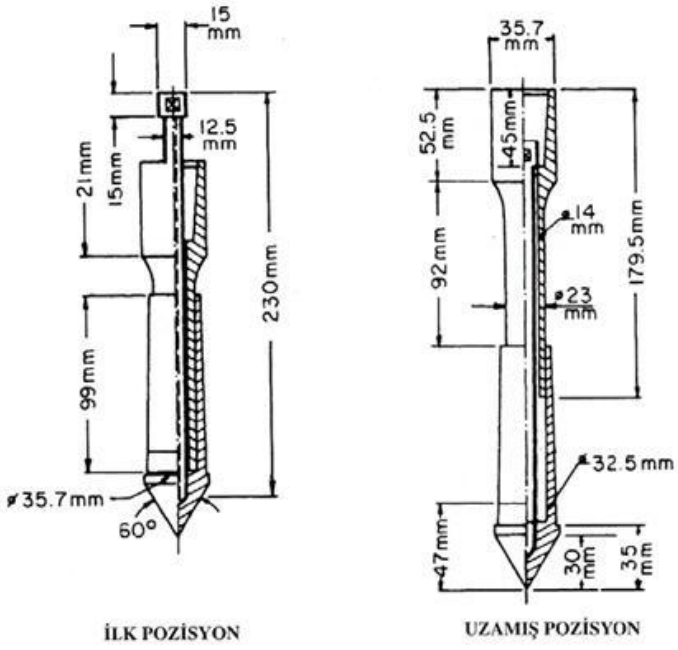
SPT Saha Uygulaması

Zemin koşullarına bağlı olarak, sistematik 1.00-1.50 m ara ile Standart Penetrasyon deneyleri gerçekleştirilerek SPT/N darbe sayıları belirlenmiş ve sahadan zemin numuneleri alınmıştır. SPT deneyi kedibaşına sarılı kendir halat kullanılarak

yapılmıştır. Kullanılan yarık tüplü numune alıcısının ilk 15.00 mm'lik (6 inch) ilerleyişini sağlayan darbe sayısı numune alıcısının örselenmemiş zemin içerisinde olmasını sağlamak amacıyla ihmal edilmiştir. Refü kriteri ise 50.00 mm ilerleme için 50 darbeden fazla gerekmesi durumu için tariflenmiştir. Sahada her biri farklı bölgelerde olmak üzere toplam 35 ayrı noktada SPT yapılmıştır. Şekil 4.1'de sahada uygulanan bir standart penetrasyon testi görülmektedir. Bu SPT'lerden 11 tanesi dinamik kompaksiyon alanında yada yakın bölgelerdedir. Dinamik kompaksiyon sahasında ve yakınlarında uygulanan standart penetrasyon testlerine ait log'lar Ek-2'de görülmektedir. SPT'ler sonucu elde edilen N değerlerinin düzeltilmiş SPT/$N_{1,60}$ değerleri Ek-3'de verilmektedir.

4.2.1.2 Koni penetrasyon deneyi (CPT)

Hollanda koni (Dutch cone) veya derin penetrasyon deneyi olarak da adlandırılan bu deney günümüzde temel mühendisliği problemlerinde karşılaşılan sorunların çözümüne ve tasarıma yönelik olarak ülkemizde de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Durgunoglu ve diğ, 1996). Koni penetrasyon deneyi uygun zemin koşullarında, sürati, deney esnasında sondaj gerektirmemesi, doğrudan ölçüm yapabilmesi, derinlikle sürekli veri sağlaması nedeniyle zemin etütlerinde ve temel mühendisliği değerlendirmelerinde tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir (Emrem ve diğ, 2000), (Url 07), (Url 01).



Şekil 4.2 : Mekanik Konik Penetrometre Ucuna Örnekler
Dutch Manto Konisi (ASTM D3441-05)

Deneyin Yapılışı

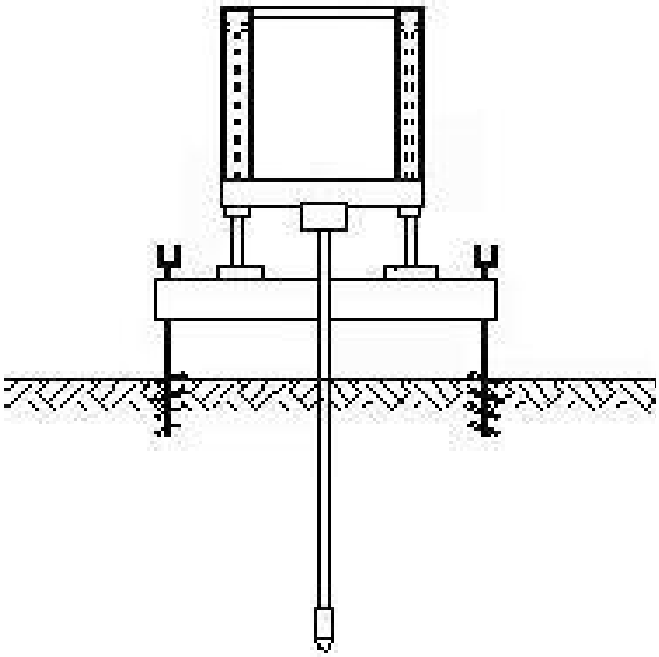
CPT ekipmanı bir yükleme ünitesi, penetrometre, tijler ve ölçme-kaydetme aygıtlarından oluşur. Penetrometre, konik uçlu, uç açısı 60°, çapı 35.50 mm, sürtünme çevre yüksekliği 134.00 mm olan bir direnç ölçerdir. Zemin uç direnci (q_c) 1000 $mm^{2'}$lik uç alanında, çevre sürtünmesi direnci (f_s) 15000 mm^2 lik yanal yüzeyde ölçülür. Penetrometre hidrolik bir kriko yardımıyla zemine itilir. Penetrometre zemine itilirken 1.00 m boyunda çelik borular (tij) kullanılır. Hidrolik kriko ve tijler yardımıyla penetrometre zemine sürüldükten sonra iç çubuklara bir kuvvet uygulanır. Bu uygulama, Şekil 4.1 de görülen konik ucu aşağıya doğru uzatılmış pozisyona hareket ettirir. Konik ucun uzatılmış pozisyona hareket ettirmek için gerekli kuvvetin konik ucun kesit alanına bölümü q_c olarak tanımlanır. q_c koni üzerine etkiyen toplam kuvvetin koninin kesit alanına (10.00 cm^2) bölümü, f_s kol yüzeyine etkiyen toplam sürtünme kuvvetinin çeper alanına (150.00 cm^2) bölümüdür. Çeper sürtünmesi genellikle sürtünme oranı (F_R) cinsinden ve (f_s/q_c) x 100 olarak ifade edilir. Deney esnasında her seviyede CPT değerleri okunabilmekle beraber genellikle 20.00 cm de bir okuma alınmaktadır. Bu deney gevşek ve üniform zeminlerde iyi sonuçlar verirken; sıkı, köşeli, taneli ve çakıllı zeminlerde ise istenilen sonuçlar tam netice vermemektedir. Deney derinliği boyunca zeminin sürekli profilinin çıkarılması mümkün olsa da bu deneyin en olumsuz yönü numune alınamamasıdır. Şekil 4.3 de CPT deneyi şematik olarak gösterilmektedir. CPT deneyi neticesinde elde edilen q_c, f_s ve F_R değerleri kullanılarak zeminlerin tanımlanması ve sınıflaması mümkündür. Şekil 4.4'te CPT sonuçlarına göre zemin sınıflandırılması değerleri gösterilmektedir.

Şekil 4.5 de en yaygın kullanılan mekanik koni ve elektrik koni tipi konik penetrasyon deney sistemleri görülmektedir. Mekanik penetrometrede yük değerleri manometreden operatör tarafından okunur. Elektronik tipte ise cihaz yük değerleri doğrudan okunarak sistem bilgisayarına kaydedilir. (Url 01), (Url 07), (SAL, 2010)

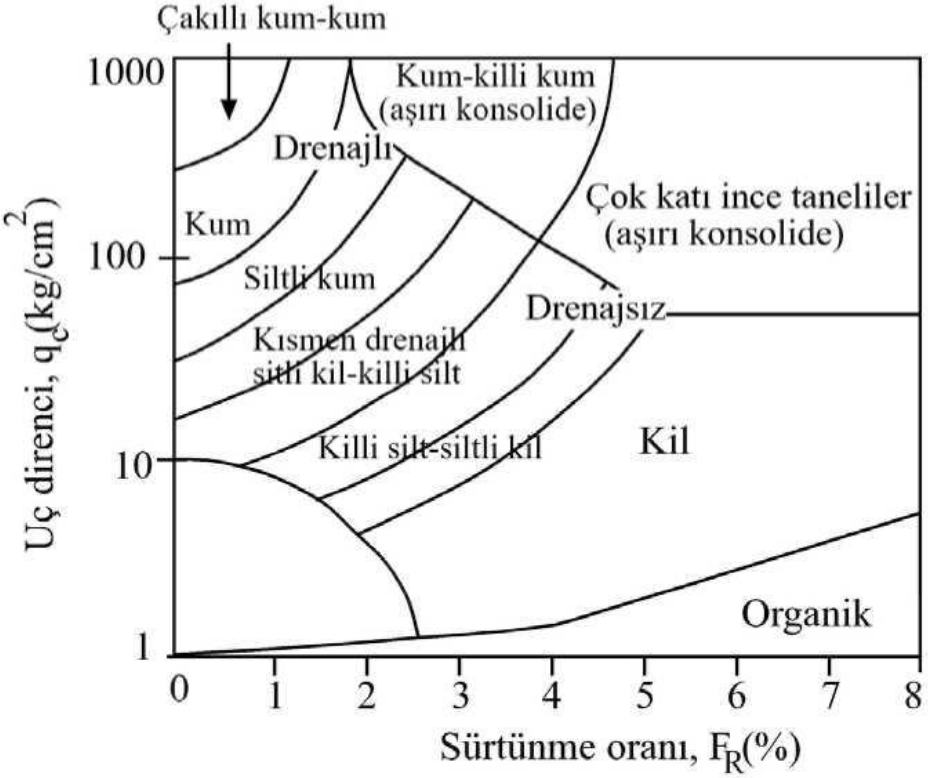
CPT Saha Uygulaması

Sahaya 1 adet CPT makinesi mobilize edilmiştir. Elektrik konili sistem kullanılmıştır. Lokasyonları Ek-1 de gösterilen 52 noktada CPT deneyi yapılarak arazi büyük ölçüde taranmıştır. Dinamik kompaksiyonun uygulanacağı alanda ise

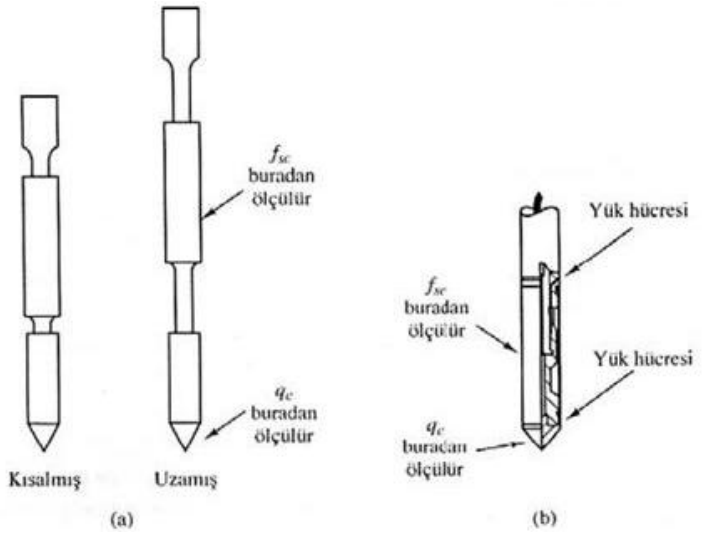
toplam 4 adet CPT yapılmıştır. Dinamik kompaksiyon alanında uygulanan CPT deneyi sonuçları Ek-4 de gösterilmektedir.



Şekil 4.3 : Koni penetrasyon düzeneğinin şematik gösterimi (Emrem ve diğ, 2000)



Şekil 4.4 : CPT sonuçlarına göre zemin sınıflaması (Url 01)



Şekil 4.5 : Koni Çeşitleri a.Mekanik Koni, b. Elektrik Konisi (Coduto, 1994)

4.2.2 Laboratuvar çalışmaları

Uygulama sahasına ait zemin parametrelerinin ve özelliklerinin belirlenebilmesi, zemin sınıflandırılmasının yapılması amacı ile sondajlardan alınan örselenmiş zemin numuneleri üzerinde laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Bu kapsamda Atterberg limitleri belirlenmiş, elek analizleri yapılarak zemin sınıflandırılması yapılmış, doğal su muhtevaları belirlenmiş ve ayrıca sahada açılan gözlem kuyularının birinden alınan örselenmiş numune üzerinde standart *proctor* testi yapılmıştır. Laboratuvar deney sonuçları Çizelge 4.2 de özetlenmekte olup detaylı laboratuvar deney föyleri Ek 5'de sunulmuştur.

Doğal su muhtevası, w_n (%) = 13

Likit Limit, w_L (%) = 45

Plastik Limit, w_P (%) = 17

Plastisite İndisi, I_p (%) = 28

Sahadan alınan örselenmiş zemin numunesi üzerinde yapılan standart proctor testi sonucunda optimum su muhtevası w_{opt}(%)=11 maksimum kuru birim hacim ağırlığı ise γ_{maks}= 19,24 kN/m^3 olarak belirlenmiştir. Bu deneye ait sonuçlar Ek 6'da sunulmaktadır.

Çizelge 4.2 : Zemin Mekaniği Laboratuvarı Deney Sonuçları

Sondaj Kuyusu No	Numune No	Derinlik	Su muhtevası Wn (%)	Atterberg limitleri			Elek analizi		Sınıflandırma
		(m-m)		w_L	w_P	I_P	+No.10 (%)	-No.200	USCS
SK-7	SPT-2	3.00-3.45	9	34	15	19	18	26	SC
SK-7	SPT-6	9.00-9.45	15	42	15	27	11	53	CI
SK-8	SPT-1	1.50-1.95	15	43	16	27	21	31	SC
SK-8	SPT-4	6.00-6.45	15	62	22	40	21	45	SC
SK-8	SPT-10	15.00-15.10	12	NP	NP	NP	54	4	GP
BH-6	D9	12.00-12.07	-	NP	NP	NP	45	8	SW-SM
BH-7	D5	6.00-6.45	-	NP	NP	NP	50	8	SW-SM
BH-8	D4	6.00-6.09	-	NP	NP	NP	53	6	SW-SM
BH-10	D3	4.50-4.62	-	NP	NP	NP	52	6	SW-SM
BH-11	D11	15.00-15.07	-	NP	NP	NP	48	9	SW-SM
BH-12	D6	7.50-7.95	-	NP	NP	NP	30	14	SM

4.3 Mühendislik Analizleri ve Değerlendirmeleri

4.3.1 Zemin türlerinin değerlendirilmesi

Dolgu

Dinamik Kompaksiyon uygulama sahasında yapılan sondajlar ve arazi çalışmaları neticesinde, yüzeyden itibaren en üstte kalınlığı 4.50 m ile 13.50 m arasında değişen DOLGU ZEMİN tabakası yer almaktadır. Dolgu birimler, kahverengi, gri pembe, nemli-kuru, ayrışmış granodiyorit ürünü, ince-orta taneli köşeli çakıllı, ince-iri taneli, izafi sıkılığı son derecede değişken çok gevşekten, çok sıkıya değişken özelliktedir. Dolgu zemin malzemesi sahanın tesviyesi sırasında yüksek kesimlerdeki malzemenin kazılıp, çukur veya düşük kotlu kesimlere kontrollü şekilde doldurulmasıyla oluşmuştur. Dolgu zemin genel zemin dağılımı kumdur. Ancak dolgu zemin içerisinde yer yer kalınlığı 10.00 ila 80.00 cm değişen kil bantları ve organik zemin tabakaları yapılan CPT testleri ve açılan gözlem kuyuları yardımıyla belirlenmiştir. Dolgu tabakası içerisinde yapılan standart penetrasyon deneylerinde penetrasyon direnci N_{30}= 5-50+ değerleri arasında belirlenmiştir. Düzeltilmiş SPT değerleri ise $N_{1,60}$=4-50+ arasında değişmektedir Penetrasyon dirençleri arasındaki farklılık dolgu zeminin heterojen yapısından kaynaklanmaktadır.

Ortalama $N_{1,60}$=30, N_1=40, N_{70}=20 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.3 : SPT N Darbe Sayıları ile D_R Relatif Sıkılık Arasındaki Bağıntı (Kumbasar ve Kip, 1999)

Sıkılık	Çok Gevşek	Gevşek	Orta	Sıkı	Çok Sıkı
D_r	0	0.15	0.35	0.65	0.85 1
N	0	4	10	30	50

Çizelge 4.4 : SPT $N_{1,60}$ Değerleri ile Kayma Mukavemeti Arasındaki Bağıntı (Bowles, 1996)

$N_{1,60}$	Kayma Mukavemeti Açısı (Ø)
0-5	26-30
5-10	28-35
10-30	35-42
30-50	38-46

Sahada karşılaşılan kaba daneli kumlu, zeminlerin (dolgu) Çizelge 4.3 den sıkılığı Orta-Sıkı sıkılıkta, içsel sürtünme açısı Çizelge 4.4 de verilen değerlere göre düzeltilmiş SPT/$(N_1)_{60}$ değerlerine göre Ø =38° olarak belirlenmiştir.

$$Ø=27.1+0.3N_1-0,00054N_1^2 \quad \textbf{(4.1.)}$$

$$Ø=\sqrt{18N_{70}}+15 \quad \textbf{(4.2)}$$

Formülleri kullanılarak (4.1) formülünden Ø =38°, (4.2.) formülünden ise Ø =34° bulunmuştur. Ortalama bir değer alınarak Ø =37° olarak alınmıştır (Wollf, 1989) (Shioi ve Fukui, 1982), (Bowles, 1996).

Yapılan Laboratuar testleri neticesinde; Likit limit değerleri w_L(%)=34-62; plastik limit değerleri w_P(%)=15-22, plastisite indisi değerleri I_p(%)=19-40 arasında değişmektedir. Tabii su muhtevası değeri ise w_n(%)=9-15 arasında değerler almaktadır.

Kum Zemin

Yapılan sondajların bazılarında zemin yüzeyinden itibaren, diğer sondajlarda ise dolgu birimlerin altında kalınlığı 3.50 m ila 15.15 m arasında değişen ve bazı sondajlarda ana kayaya kadar uzanan, ayrışmış granodiyorit ürünü olan kahverengi, gri, pembe, nemli-kuru, ince-orta taneli köşeli çakıllı, ince-iri taneli, orta sıkı-çok sıkı kum birimler ile karşılaşılmıştır. Bazı seviyelerde ince taneli kum ve killi kum birimler geçilmiştir. Kum tabakası içerisinde uygulanan standart penetrasyon

deneylerinde penetrasyon direnci N_{30}= 30-50+ değerleri arasında belirlenmiştir. Düzeltilmiş SPT değerleri ise $N_{1,60}$=19-50+ arasında değişmektedir.

Ortalama $N_{1,60}$=37, N_1=50, N_{70}=36 olarak belirlenmiştir.

Sahada karşılaşılan kum tabakasının sıkılığı Çizelge 4.3 den Sıkı olarak belirlenmiş, içsel sürtünme Çizelge 4.4 de verilen değerlere göre düzeltilmiş SPT/$(N_1)_{60}$ değerlerine göre Ø=42°, (4.1) formülünden Ø=41°, (4.2.) formülünden ise Ø=41° bulunmuştur. Ortalama bir değer alınarak Ø=41°olarak alınmıştır. (Wollf, 1989) (Shioi ve Fukui, 1982), (Bowles, 1996).

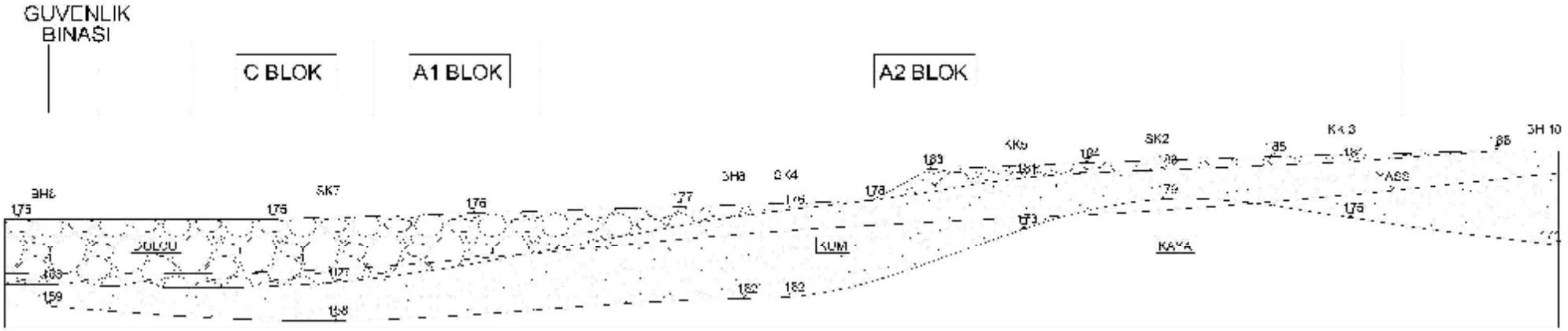
Yapılan Laboratuar testleri neticesinde tabii su muhtevası değeri ise w_n(%)=12 arasında değerler almaktadır.

4.3.2 İdealize zemin profilleri

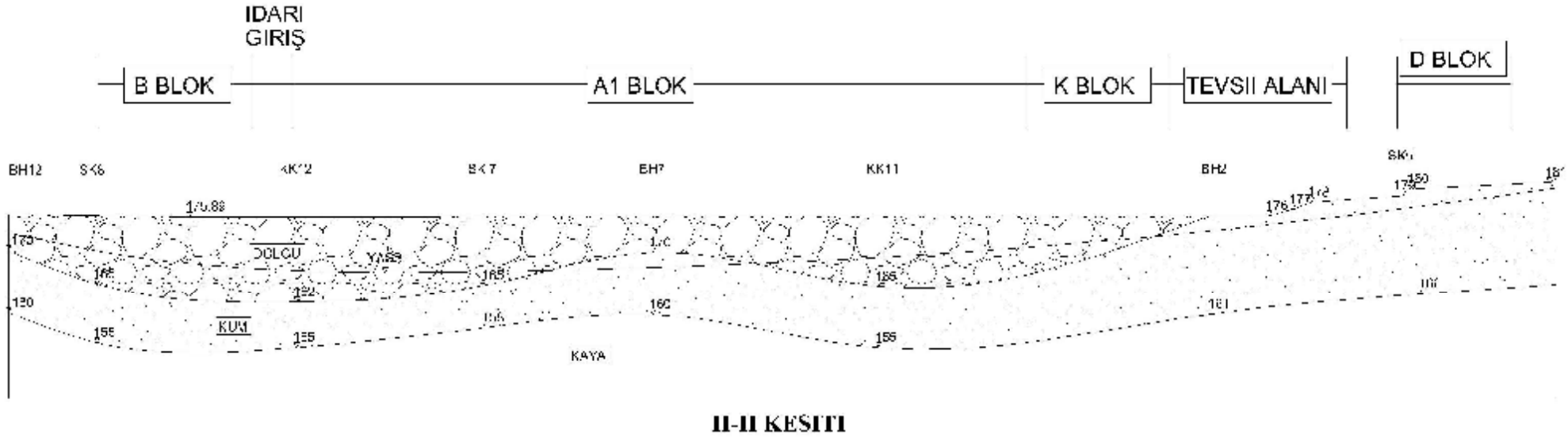
İnceleme sahasında yapılan arazi ve laboratuar testleri neticesinde; zeminin durumu, zemin profili ve zemin parametreleri tespit edilmiş, temel dizaynına esas olacak kriterler belirlenmiştir. Bu proje kapsamında uygulama alanında inşası planlanan; üretim binası, idare binası, sosyal bina, tesisat merkezi, yağ tankları ve toplama havuzu, yarı açık depo binası, atık deposu, 2 adet güvenlik binası, açık otoparklar ve spor alanları (basket/futbol sahaları) yapılması planlanmaktadır.

İnceleme sahasında yapılan sondajlarda yüzeyden itibaren en üstte kalınlığı 1.00 m ile 13.50 m arasında değişen “Dolgu Zemin” tabakası yer almaktadır. Bu dolgunun altında ve bazı sondajlardan zemin yüzeyinden itibaren 4.70 m ile 15.15m kalınlıkları arasında değişen ve kimi sondajlarda ana kayaya kadar uzanan ayrışmış granodiyorit ürünü olan kahverengi, gri, pembe, nemli-kuru, ince-orta taneli köşeli çakıllı, ince-iri taneli, orta sıkı-çok sıkı “Kum Zemin” tespit edilmiştir. Kum zeminden sonra ise bazı sondajlarda kayaya ulaşıldığı gözlemlenmiştir.

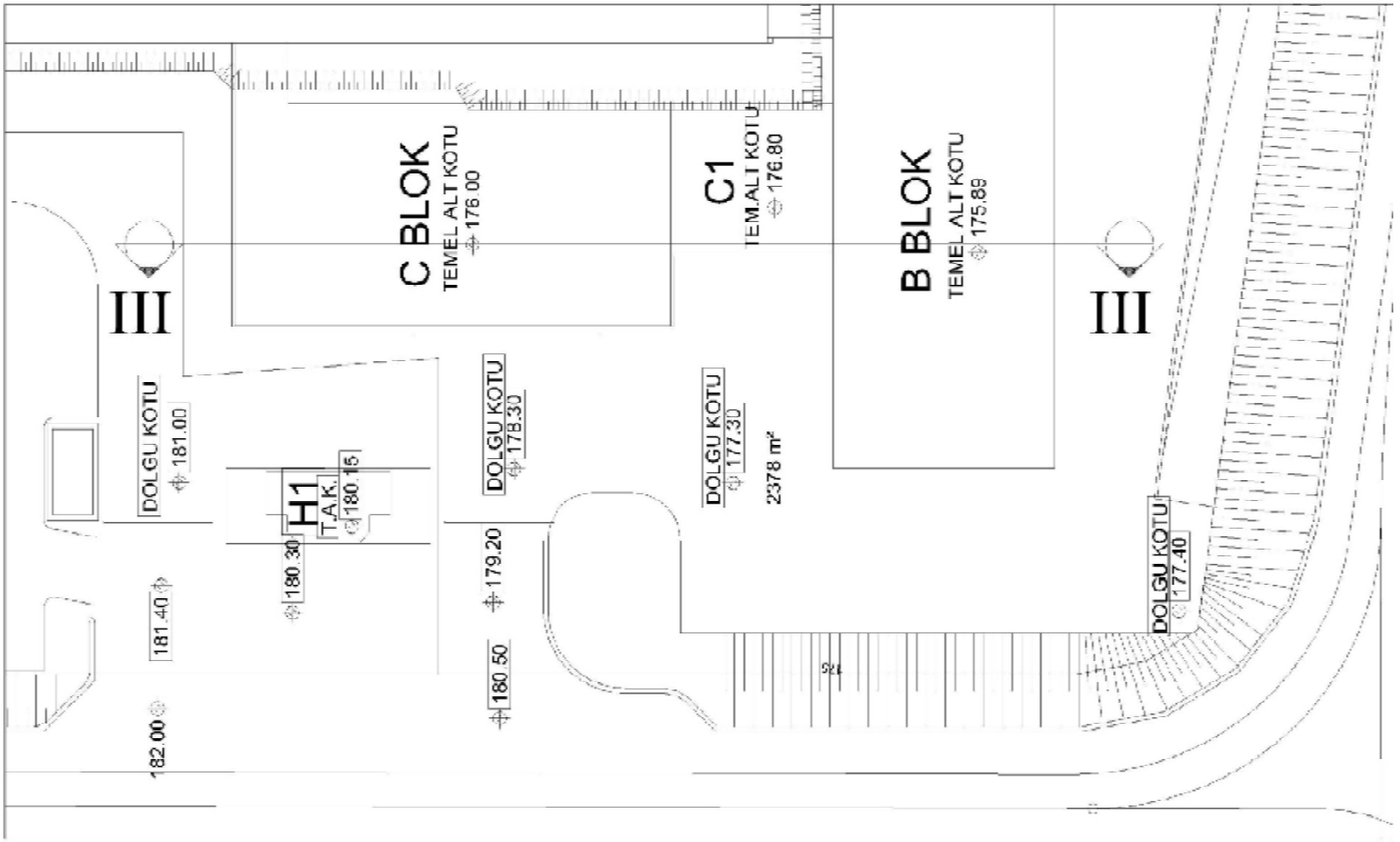
Binaların uygun parametreler ile analizi ve zemin hakkında elde edilen bilgilerin daha iyi irdelenmesi açısından saha üzerinde bazı kesitler belirlenmiş, Ek 7’de gösterilen bu kesitler daha önce sahada uygulanan deneyler yardımıyla çizilerek idealize zemin profilleri oluşturulmuştur. Genel zemin profilleri Şekil 4.6 ve Şekil 4.7 de gösterilmiştir. Şekil 4.8 de dinamik kompaksiyonun uygulandığı alan ve Şekil 4.9’da bu alana ait idealize zemin profili görülmektedir.



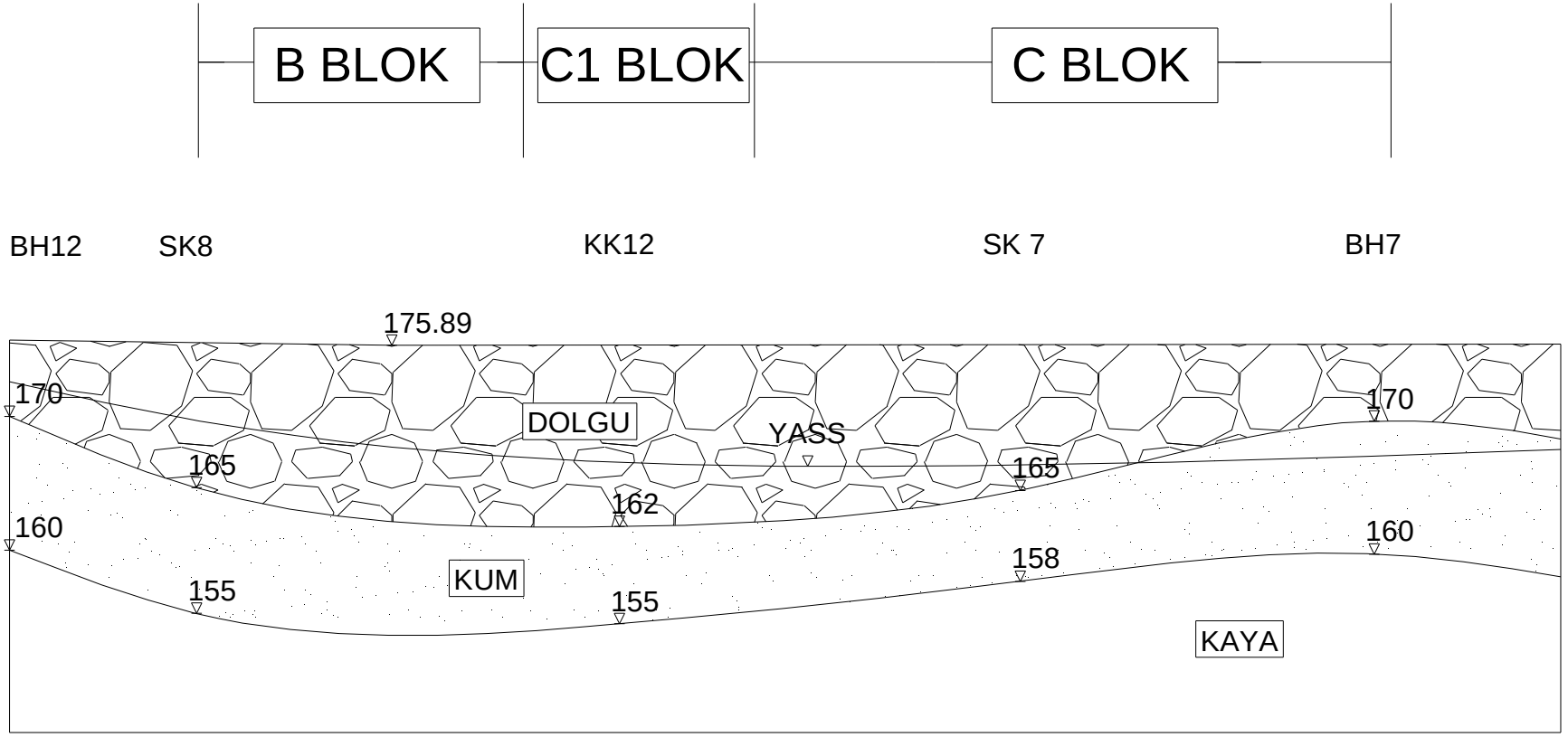
Şekil 4.6 : I-I Zemin Kesiti



Şekil 4.7 : II-II Zemin Kesiti



Şekil 4.8 : Dinamik Kompaksiyon Uygulama Alanı



III-III KESITI

Şekil 4.9 : III-III Zemin Kesiti

4.3.3 Taşıma gücü ve oturma değerlendirmesi

Bu bölümde dinamik kompaksiyon uygulanan alana ait taşıma gücü ve oturma analizleri irdelenmektedir.

4.3.3.1 Taşıma gücü değerlendirmesi

Dinamik Kompaksiyon uygulanan B, C, C1 Blok altlarında radye temel kullanılmıştır.

B Blokta 0.90x23.10x53.10m boyutlarında radya temel tasarlanmış ve temele aktarılan yükler 160.00 kN/m^2 olarak belirlenmiştir. Müsade edilen oturmalar 5cm, farklı oturmalar ise 2.50 cm mertebelerindedir.

$q_d=2.20xNxC_w$ **(4.3.)**

$C_w=0,50+0,50\times\frac{D_w}{B+D_f}$ **(4.4)**

$q_s= q_d/G_s$ **(4.5)**

q_d: Taşıma gücü (t/m^2)

q_s: Güvenli taşıma gücü (t/m^2)

G_s: Güvenlik katsayısı

N: Ortalama SPT değeri

C_w: Yeraltı suyu düzeltme değeri

B: Temel kısa uzunluğu (m)

D_w: Zemin üst kotundan yeraltı su seviyesi derinliği (m)

D_f: Temel dip derinliği (m)

B Blok için $N_{1,60}$=30, D_w=6.90m, D_f=0.90m, B=23.10m, G_s=2.50

Formül (4.3) ve (4.4) kullanılarak B blok için hesaplanan $q_{d=}$ 42.63 t/m^2= 426.25 kN/m^2 (Kumbasar ve Kip, 1999)

(4.5) formülü ile q_s= 170.5 kN/m^2 $q_s>q_a$ her hangi bir taşıma gücü problemi yoktur.

C1 Blokta 0.90x16.80x15.60m boyutlarında radye temel tasarlanmış ve temele aktarılan yükler 100.00 kN/m^2 olarak belirlenmiştir. Müsade edilen oturmalar 5.00 cm, farklı oturmalar ise 1.67 cm mertebelerindedir.

C1 Blok için $N_{1,60}$=30, D_w=8.50m, D_f=0.90m, B=15.60m, G_s=2.50

Formül (4.3) ve (4.4) kullanılarak B blok için hesaplanan $q_{d=}$ 50.00 t/m^2= 500.00 kN/m^2 (Kumbasar ve Kip, 1999)

(4.5) formülü ile q_s= 200.00 kN/m^2 q_s>q_a her hangi bir taşıma gücü problemi yoktur.

C Blokta 0.90x29.65x45.60m boyutlarında radye temel tasarlanmış ve temele aktarılan yükler 100.00 kN/m^2 olarak belirlenmiştir. Müsade edilen oturmalar 5cm, farklı oturmalar ise 1.67 cm mertebelerindedir.

C Blok için $N_{1,60}$=30, D_w=8.45m, D_f=0.90m, B=29.65m, G_s=2.50

Formül (4.3) ve (4.4) kullanılarak B blok için hesaplanan $q_{d=}$ 43.45 t/m^2= 434.50 kN/m^2 (Kumbasar ve Kip, 1999)

(4.5) formülü ile q_s= 174.00 kN/m^2 q_s>q_a her hangi bir taşıma gücü problemi yoktur.

4.3.3.2 Oturma değerleri

Sahada ve laboratuvarda yapılan deneyler ve açılan gözlem kuyuları neticesinde, zeminin genel yapısının iri daneli zeminlerden oluştuğu belirlenmiştir. Bu tür zeminlerde oturmaların inşaat aşamasında gerçekleştiği bilinmektedir. Ancak yapılan araştırmalar ile görülmüştür ki zemin içerisinde belli seviyelerde ve kalınlıklarda kil tabakaları ve organik zeminler bulunmaktadır. Ayrıca temelin oturacağı zeminin tamamıyla dolgu zemin içerisinde bulunması ve bu zeminin yapılan SPT testlerinde elde edilen değerler göz önüne alındığında heterojen bir yapıya sahip olması daha ileriki aşamalarda oturma problemleri ile karşılaşabileceği gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Dolgu zeminlerde görülen düşük mukavemet ve heterojen zemin yapısı temel altı zeminlerin taşıma güçlerinde ve farklı oturmalarda çok önemli farklılıkların ortaya çıkmasına sebep olur. Bu tür zeminlerde taşıma kapasitesini artıracak ve farklı oturma miktarlarını düşürecek yeterli seviyede iyileştirme yapılmalıdır (Hu ve diğ., 2005). Bunun yanında yapılan testlerin farklı mevsim ve iklim şartlarında yapıldığı ve bir kısmında yeraltı suyuna rastlamazken , bir kısmında yeraltı suyunun bulunduğu görülmektedir. Bu durumun dolgu içerisinde özellikle killi ve gevşek bölgelerde oturma problemi doğurabileceği düşünülmektedir.

4.3.3.3 Zemin islahı

Yapılan saha araştırmaları, laboratuvar çalışmaları neticesinde zeminlerin taşıma gücü açısından bir problem teşkil etmediği ancak, temellerin oturduğu dolgu zemin göz önüne alındığında bir iyileştirme yapılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Zemin iyileştirme yöntemlerinin bir kısmı çoğunluğu kum ihtiva eden bu dolgu zemin için uygun bulunmuştur. Fakat maliyet zaman faktörleri göz önüne alındığında en ekonomik ve hızlı iyileştirme tekniği olarak dinamik kompaksiyon yöntemi ortaya konulmuştur.

4.3.4 Belirlenen zemin özelliklerine göre dinamik kompaksiyon uygulamasının tasarımı ve uygulanması

4.3.4.1 Dinamik kompaksiyon uygulaması ve tasarımı

Dinamik Kompaksiyon uygulama alanında dinamik kompaksiyon yönteminin uygulanması için ön testler ve araştırmalar yapılarak öngörülen ve hesaplanan değerler ile saha sonuçları mukayese edilir. Bulunan sonuçlar neticesinde uygulama için gerekli olan düşme yüksekliği, ağırlığı, bekleme süresi ve düşüm sayıları son haline getirilir ve sahada uygulanır.

Dinamik kompaksiyon etki derinliği darbe başına verilen enerji ile doğru orantılı olup, ön hesap raporunda 12.00 tonluk bir ağırlığın, ortalama 24.00 m. yükseklikten düşürülmesi önerilmiştir. Dinamik kompaksiyon etki derinliği, denklem (3.1) den aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$D=n\sqrt{WH}$

Burada;

n= 0.50-0.80; zemin katsayısı

(Uygulama yapılacak zemin için n = 0.60 diğeri uygundur)

WxH = 12 ton x 24 m = 288.00 tm.

Etki derinliği ;

$D=0.66\times\sqrt{288}=10.18$ m olarak hesaplanmıştır.

Bu tür dolguların sıkıştırılabilmesi için uygulamada ıslah edilecek zemin tabakasının 1.00 m^3 ü için verilmesi gereken enerji miktarı 250.00-350.00 kJ/m^3 aralığında olduğu öngörülmüştür.

$E=E*xh$ (4.6)

8 m derinliğindeki tabakanın 1 m^2 sinin sıkıştırılması için gereken enerji miktarı (4.6) eşitliğinden

$E=350x8= 2800\ kJ/m^2=2800\ kNm/m^2=280.00\ tm/m^2$ olarak belirlenmiştir.

W=12.00 Ton

Düşme yüksekliği=24.00 m

Düşme aralıkları=3.60 m

Yukarıda belirtilen enerji zemin tabakalarına üç fazda verilecektir. Birinci fazda 12.00 ton ağırlık 24.00 m yükseklikten 3.60x3.60 m karelaj ile 6 sefer düşürülecektir. İkinci fazda, 12.00 ton ağırlık 20.00 m arasında yükseklikten 3,60x3,60 m karelaj ile 6 sefer düşürülecektir.

$E_1=12x24x6/(3.60)^2 = 137\ tm/m^2$

$E_2=12x20x6/(3.60)^2 = 111\ tm/m^2$

Üçüncü faz ütüleme fazıdır. Bu fazda 12 ton ağırlık 8 m den 4 er kez 3.60 x3.60 m karelajla düşürülerek toplam 37 tm/m^2 ilave enerji verilir.

$E_3=12x8x4/(3,6)^2= 37\ tm/m^2$

Toplam enerji miktarı:

$E=E_1+E_2+E_3= 281\ tm/m^2$

Zemine uygulanacak enerji miktarı sıkıştırılacak tabaka kalınlığına bağlı olarak deneyler sonucunda kesinleştirilecektir. Bölgelere göre farklı karelajlar ve düşüm yüksekliklerine karar verilecektir.

Bu uygulama öncesi saha genelinde dinamik kompaksiyona başlayabilmek için, öncelikle testlerin ve uygulamanın yapılacağı alandaki bitkisel toprağın kaldırılmalıdır.

Bu sayede, dinamik kompaksiyon ile iyileştirilmesi planlanan zemin yüzeyinde vincin hareketine imkan sağlanacaktır. Gerekli görülen bölgelerde granüler dolgular yapılarak vincin manevra yapmasına engel olabilecek durumlar ortadan kaldırılır.

Sahada uygulanacak olan dinamik kompaksiyon toplam üç aşamada gerçekleştirilecektir. Birinci aşamada vuruş noktalarının merkezden merkeze mesafeleri, düşen kütlenin çapının iki katından az olmayacak şekilde bir ızgara düşüm şeklinde uygulanacaktır. İkinci aşamada ise düşüm noktaları birinci aşamada faydalanılan karesel uygulamanın tam merkezine gelecek şekilde uygulama yapılacaktır. Üçüncü aşama ütüleme aşamasıdır. Bu son aşamada daha az yükseklikten sık aralıklarla düşümler yapılarak zemine enerji uygulanacaktır.

Dinamik kompaksiyon çalışmasına başlamadan önce yeterli zemin iyileştirmesinin sağlanıldığından emin olmak amacı ile her düşüm noktasında kaç adet düşüm yapılacağı belirlenecektir. Yapılan test atışları neticesinde optimum düşüm sayısının belirlenecektir. Bu aşamada uygulama esnasında oluşan çukurun hacmi ile zemin kabarması hacmi arasındaki farkın grafik üzerinde maksimum olduğu noktaya tekabül eden düşüm sayısı optimum düşüş sayısıdır.

Birinci ve ikinci aşama dinamik kompaksiyon uygulamasını takiben sahada uygulama esnasında oluşan çukurlar uygun nitelikte granüler malzeme ile en az % 98 proktor sıkılığında tesviye edilecektir.

Tüm aşamalara ait uygulama kriterleri Çizelge 4.5 de verilmektedir.

Çizelge 4.5 : Uygulama Kriterleri

Asama	Düşüm Sayısı	Yükseklik (m)	Karelaj	Kütle	
				Taban Çapı	Ağırlığı
1	(*)	24.00	3.60 mx3.60 m	1.80	12
2	(*)	20.00	3.60 mx3.60 m	1.80	12
3	(*)	8.00	3.60 mx3.60 m	1.80	12

(*) Testler ile belirlenecektir.

Test alanlarında iyileştirme öncesi ve sonrası sondaj çalışması yapılarak her sondajda 1.00 m'de bir sistematik SPT deneyleri yapılacaktır. Bu deneyler sonucunda iyileştirme öncesi ve sonrasında elde edilen iyileştirme oranları karşılaştırılarak ıslah derecesi belirlenecektir.

Dinamik kompaksiyon uygulaması esnasında oluşan zemin titreşimleri kabul edilen limitlerin üzerinde olmamalıdır. Söz konusu titreşimler genel olarak pik tanecik hızı olarak ifade edilmekte olup 12.50 mm/saniye tanecik hızı literatürde çevre yapıların tehlikeye atılmaması için üst limit olarak verilmektedir. Söz konusu sahada gerçekleştirilecek olan uygulama esnasında minimum güvenli yapı mesafesi aşağıda hesaplanmaktadır.

$$PPV=20\times\left[\sqrt{W\times H/d}\right]^{1,03} \quad (4.7)$$

PPV: Pik Tanecik Hızı

W:Dinamik kompaksiyon uygulamasında kullanılan ağırlık

H: Düşüm yüksekliği

D: Minimum güvenli uygulama mesafesi

$$12.50=20x\left[\sqrt{12\times 24}/d\right]^{1,03}$$

Minimum güvenli mesafe, d= 26.80 m.

Bu mesafe içerisinde uygulama alanında herhangi bir yapı bulunmamaktadır.

Dinamik kompaksiyon çalışması islah sınırından itibaren en az ıslah derinliğinin yarısı kadar mesafeyi kapsayacak şekilde uygulanacaktır. Bu uygulamadaki amaç ileride yapı çevresinde kısa-uzun vadede oluşabilecek farklı oturmaları önlemektir.

4.3.4.2 Dinamik kompaksiyon ön testleri

Sahada dinamik kompaksiyon tasarımı tamamlandıktan sonra ön test çalışmaları yapılmaya başlanır. Test sahasındaki deneme atımları tamamlandıktan sonra elde edilen sonuçlara göre karelaj, düşme sayıları ve geçiş sayılarına karar verilir.

Ön test programın amacı, düşüm enerjisinin, düşüm sayısının, faz sayısının, karelajın ve zemin tipine göre gerekli görülürse bekleme süresinin tespiti ve ön tasarım değerlerinin doğruluğunun tespiti ve uygulama programının elde dedilen veriler ışığında uygun biçimde yenilenmesinin sağlanmasıdır.

Ön test uygulama alanları Ek 8'de gösterilmektedir. Ön testelere ait uygulama detayları Çizelge 4.6 da belirtilmiştir.

Ön test uygulamasında daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi dinamik kompaksiyonda, vincin rahatlıkla hareket edebilmesi için nebati toprak sıyırılacak

gerekli görülen alanlar granüler malzeme ile doldurulmuştur. Saha, zemin yüzeyinden itibaren istenilen temel kazı kotları sağlanacak şekilde kazılmış, uzaklaştırılmış ve dinamik kompaksiyon uygulamasına hazırlanmıştır. Söz konusu sahada uygulama öncesinde yapılması öngörülen sondaj çalışmaları ve SPT deneyleri, Ek-1 de belirtilen noktalarda uygulanmıştır. SPT deneyleri sistematik olarak 1,00 m aralıklarla yapılmıştır.

Çizelge 4.6 : Ön Testlere Ait Uygulama Detayları

TEST NO			TEST 2	TEST 4	TEST 5
ORTALAMA DOLGU KALINLIĞI		m	8	8	5
TOKMAK AĞIRLIĞI	1. PAS	ton	12	12	12
	2.PAS	ton	12	12	12
	3.PAS	ton	12	12	12
DÜŞÜŞ YÜKSEKLİĞİ	1. PAS	m	20	20	20
	2.PAS	m	18	12	16
	3.PAS	m	6	6	6
DÜŞÜŞ SAYISI	1. PAS		6	6	6
	2.PAS		6	6	6
	3.PAS		4	3	4
KARELAJ		m	3.60	3.00	3.20

Ön testler için 1.faz geçişlerine başlamadan önce test sahasında ilk ve ikinci aşama düşüm sayılarının belirlenmesine yönelik olarak testler gerçekleştirilmiştir. Bu testlerde bir adet birinci aşama test noktasına düşümler yapılmıştır. Düşümler esnasında kabarma yüksekliği ve kuyu derinliği ölçümleri yapılarak optimum düşüm sayısı belirlenmiştir.

Testi takiben ön testler için ilk aşama dinamik kompaksiyon uygulamasına, Ek 8'de gösterilen bölgelerde belirlenen karelajlarda uygulamıştır. Tüm fazlar tamamlandıktan sonra belirlenen alanlarda SPT testleri 1.00 m aralıklarla yapılmıştır. Ek 9'da uygulama öncesi ve sonrası SPT logları görülmektedir. Çizelge 4.7 den ve Şekil 4.10 den, Test 2 alanında yapılan SPT değerleri ve grafiği görülmektedir. Bu tabloda ve grafikte, derin bölgelerde iyileştirmenin sağlanabildiği ancak orta kısımlarda bazı bölgelerde iyileştirmenin istenen seviyelerde olmadığı görülmektedir. Zemin yüzeyinde ise istenen iyileştirmenin sağlandığı SPT verilerinde göre görülmektedir. Çizelge 4.8 den ve Şekil 4.11 den, Test 4 alanında yapılan SPT değerleri görülmektedir. Burada derin bölgelerde iyileştirmenin tam olarak gerçekleşmediği, orta ve üst kısımlarda ise iyileşmenin istenen seviyelerde olduğu görülmektedir. Çizelge 4.9 dan ve Şekil 4.11 den, Test 5 alanında yapılan

SPT değerleri görülmektedir. Bu bölgede yapılan SPT testlerinde ise bölgenin üst, orta kısımlarında iyileştirmenin sağlanabildiği, dip kısımlarda istenen iyileştirmenin sağlanamadığı görülmektedir.

Çizelge 4.7 : Test 2 Bölgesinde İyileştirme Öncesi ve Sonrası SPT sonuçları

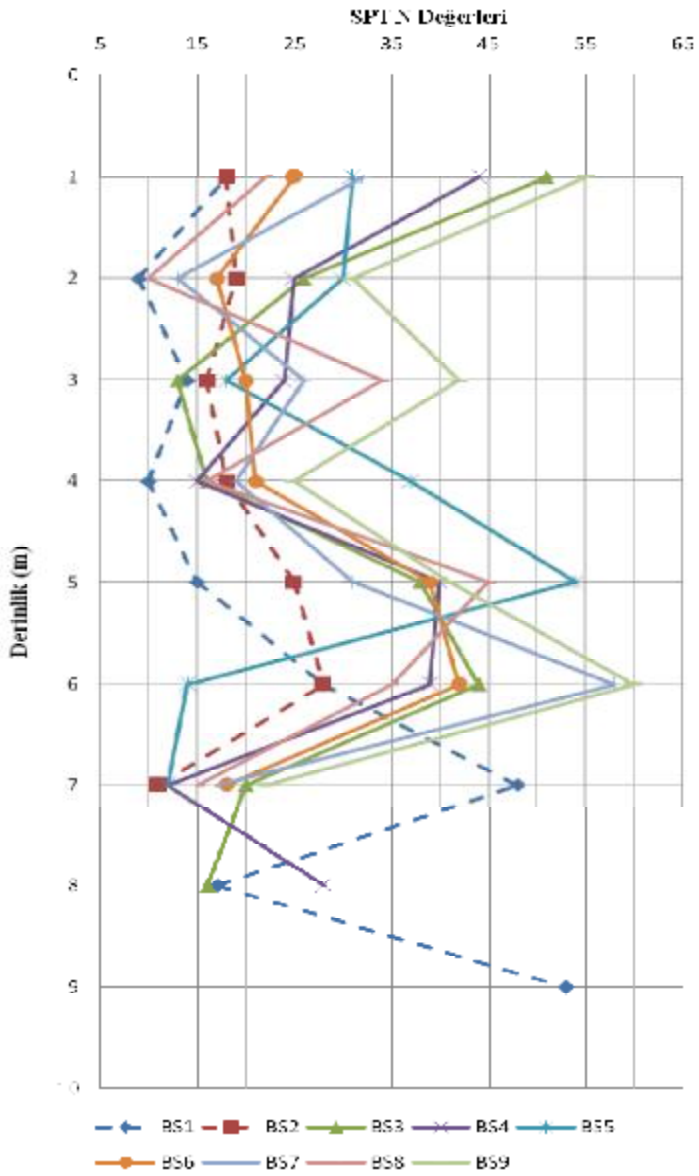
			DERİNLİK (m)									
	SONDAJ NO	**TARİH**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
İYİLEŞTİRME ÖNCESİ	BS1	13.05.09	18	9	14	10	15	28	48	17	53	50/3
	BS2	14.05.09	18	19	16	18	25	28	11	50/8	50/4	
İYİLEŞTİRME SONRASI	BS3	15.05.09	51	26	13	16	38	44	20	16	50/10	
	BS4	15.05.09	44	25	24	15	40	39	12	28	50/10	
	BS5	16.05.09	31	30	18	37	54	14	12	50/6		
	BS6	17.05.09	25	17	20	21	39	42	18	50/6	50/4	
	BS7	17.05.09	32	13	26	19	31	58	17	50/10	50/4	
	BS8	18.05.09	22	10	34	16	45	35	15	50/9	50/5	
	BS9	23.05.09	55	31	42	25	41	60	22	50/10		

Çizelge 4.8 : Test 4 Bölgesinde İyileştirme Öncesi ve Sonrası SPT sonuçları

			DERİNLİK (m)									
	SONDAJ NO	**TARİH**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
İYİLEŞTİRME ÖNCESİ	BS1	13.05.2009	18	9	14	10	15	28	48	17	53	
	BS2	14.05.2009	18	19	16	18	25	28	11	50/8	50/4	
İYİLEŞTİRME SONRASI	CS2	20.05.2009	19	10	8	29	34	46	22	19	50/11	50/3
	CS3	20.05.2009	39	21	7	43	23	71	10	19	27	50/12

Çizelge 4.9 : Test 5 Bölgesinde İyileştirme Öncesi ve Sonrası SPT sonuçları

			DERİNLİK (m)								
	SONDAJ NO	**TARİH**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
İYİLEŞTİRME ÖNCESİ	BS1	13.05.2009	18	9	14	10	15	28	48	17	53
	BS2	14.05.2009	18	19	16	18	25	28	11	50/8	50/4
İYİLEŞTİRME SONRASI	CS4	22.05.2009	23	26	22	36	25	26	13	30	50/12
	CS5	25.05.2009	15	25	25	62	78	18	24	22	50/10

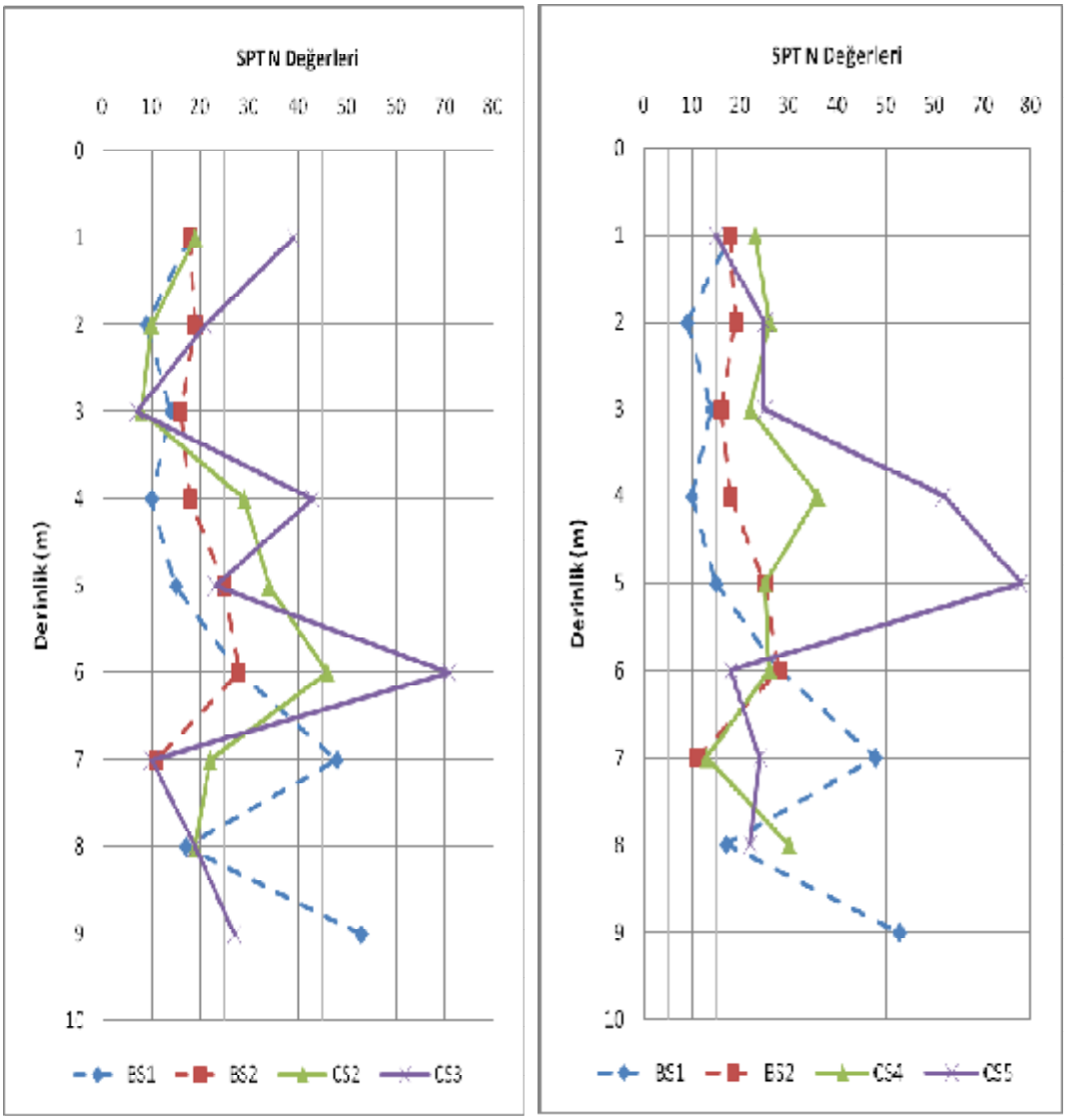


Şekil 4.10 : Test 2 Ait Bölgesine İyileştirme Öncesi ve Sonrası SPT N Değerleri

Yapılan testler neticesinde dinamik kompaksiyon alanında uygulanacak yöntemin düşüm sayıları ve yüksekliği, ağırlık ve karelajı belirlenmiştir. Çizelge 4.10 da nihai uygulama değerleri görülmektedir. Test uygulama karelaj noktaları 1.,2., ve 3. paslar için Ek 10 da gösterilmektedir. Uygulanan toplam enerji

$E=140.60+112.50+44.60=297,7tm/m^2>281tm/m^2$ gerekli uygulama enerji seviyesi sağlanabilmektedir.

Ayrıca testlerde görüldüğü üzere uygulama derinliği yaklaşık 8,00-9,00 m civarında olup gerekli ortalama iyileştirme derinliğini sağlamaktadır.



Şekil 4.11 : Test 4 ve 5 Bölgelerine Ait İyileştirme Öncesi ve Sonrası SPT N Değerleri

Çizelge 4.10 : Nihai Uygulama Kriterleri

Aşama	Düşüm Sayısı	Yükseklik (m)	Karelaj (mxm)	Ağırlığı (ton)	Uygulanan Enerji
1. Pas	6	20	3.20 x3.20	12	140.60
2. Pas	6	16	3.20x3.20	12	112.50
3. Pas	3	6	2.20 x2.20	12	44.60

Bu uygulamaları takiben dinamik kompaksiyon çalışması esnasında oluşan çukurlar uygun nitelikte granüler malzeme ile, % 98 Modifiye Proktor değeri sağlayacak şekilde, temellerin grobeton alt kotuna kadar doldurulmuş ve uygun bir şekilde tesviye edilmiştir. Bunun üzerine temeller inşa edilecektir.

4.3.5 Dinamik kompaksiyon uygulaması sonrası yapılan deneyler ve değerlendirmeler

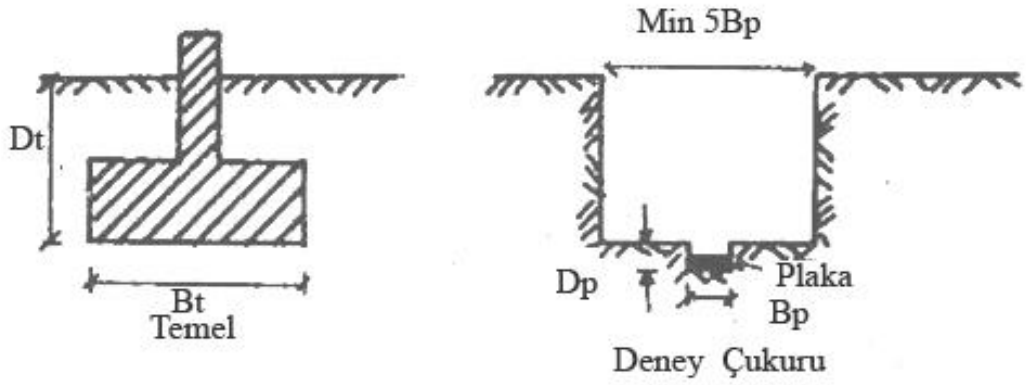
4.3.5.1 Plaka yükleme deneyi ve değerlendirmeleri

Plaka yükleme deneyi, gerilme deformasyon özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan en eski arazi deney yöntemlerinden biridir. Plaka yükleme deneyinde zeminin emniyetli taşıma gücü, temellerin muhtemel oturmaları, zemin elastisite modülü ve zemin yatak katsayısı belirlenebilmektedir. Deneyin özü, temel taban düzeyinde, rijit bir plakanın belli kademelerde yüklenmesi ve bu yüklemeler esnasında plaka altında oluşan oturmaların ölçülmesidir. Hemen hemen her türlü zeminde uygulanabilmekle beraber diğer yöntemlerle uygulanması zor olan zeminlerde, örneğin kaba daneli ve bloklu zeminlerde, katı kilde ve yumuşak kayaçlarda uygulanabilmektedir.

Plaka yükleme testi bir çok ülkede standartlarla tanımlanmış. Bu tanımlanan standartlarda plaka yükleme ekipmanı; yükleme sistemi, hidrolik kriko, plaka, komparatör (Deplasman ölçer), sehpa olarak belirlenmektedir. Plaka yükleme deneyinde yükleme, deneyde uygulanacak gerilmeyi karşılayacak mertebede ölü ağırlıkla yüklü treyler tipi bir kamyon, bir reaksiyon kirişi veya bir iş makinası ile yapılabilir. Deneyde yükün aktarılması için hidrolik kriko kullanılır. Kullanılan bu krikonun kapasitesi 10.00 ton'dan az olmamalı. Uygulanan artışları ±%2'sini geçmeyen hatalar ile gösterebilen yük göstergesine (manometre, elektronik, yük hücresi veya kuvvet halkası) sahip olmalıdır. Deneyde kullanılacak plaka, kare veya daire biçimli olabilir. Çelikten yapılan plakanın kenar uzunluğu veya çapı 300-1000 mm olabilir. Çok sık olmamakla beraber büyük çaplı plakalarda kullanılmaktadır. Yüklemeler sırasında oluşacak taban basınçları plaka üzerinde deformasyonlara sebep olmamalıdır. Çünkü temel pratikte rijit olarak kabul edilir. Bu nedenle, plaka kalınlığının en az 25.00 mm olması öngörülmüştür (Uzuner, 1988). Plakanın oturmasını 1/100 mm hassasiyetle gösterecek, 25.00-50.00 mm hareket kapasiteli iki veya üç adet deplasman ölçer kullanılmalıdır. Bu deney düzeneğinde kullanılan basınç çevirici ve elektronik deplasman ölçerlerin deney öncesinde mutlaka kalibrasyonu yapılmalıdır (Ceylanoğlu ve diğ., 2004). Bunların mesnetlendirilmesi için rijit üç ayaklı çelik veya alüminyum köprü kullanılmaktadır. Plaka yükleme deneyi, temel taban düzeyinde yapılmalıdır. Plaka yükleme temelin bulunacağı kota

kadar kazılarak içine yerleştirilen düzenekle veya temel zemin yüzeyinden itibaren yapılacaksa zemin yüzeyine kurulan düzenek yardımıyla uygulanır.

Şayet deney bir çukur içerisinde yapılacaksa, deney için açılan çukurun genişliği, plaka genişliğinin (kenar uzunluğunun veya çapının) en az 5 katı kadar olmalıdır (Uzuner, 1988). Şekil 4.12 de temel ve plaka yükleme çukuru görülmektedir. Plaka yükleme deneyinde ayrıca, aşağıdaki ilişkinin sağlanması istenilir



Şekil 4.12 : Temel ve Plaka Yükleme Çukuru (Uzuner, 1988)

$$\frac{D_t}{B_t} = \frac{D_p}{B_p} \qquad \textbf{(4.7.)}$$

D_p: Plaka Derinliği

D_t: Temel Derinliği

B_t: Temel Genişliği

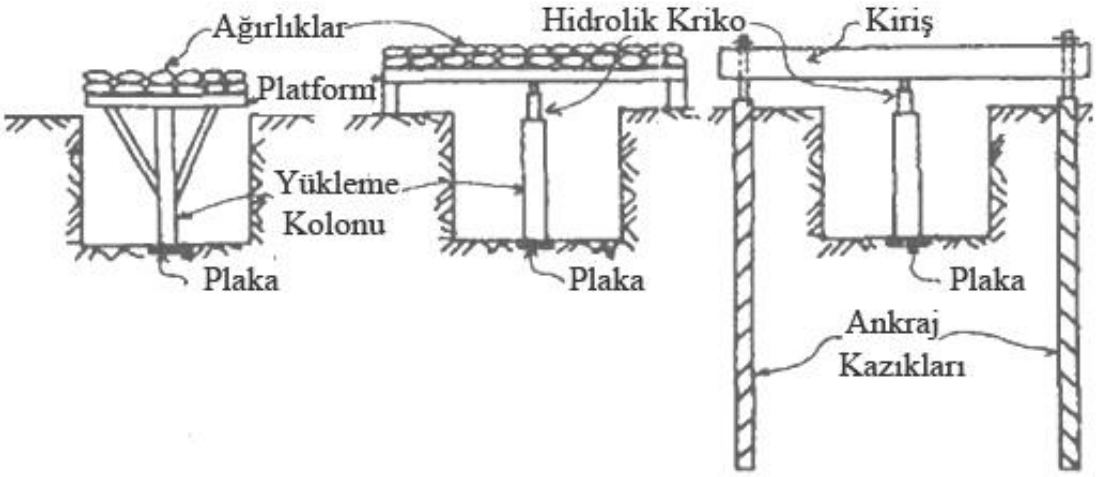
B_p: Plaka Derinliği

Böylece temel ve plaka için benzer derinlik koşulları sağlanmış olur. Gerçek temelin altının pürüzlü (sürtünmeli) olduğu düşünülürse, plaka alt yüzeyinin de pürüzlü olması sağlanmalıdır. Zira, pürüzlü tabanlı temelin, pürüzsüz tabanlı temele göre daha fazla yük taşıdığı bilinmektedir (Uzuner, 1988).

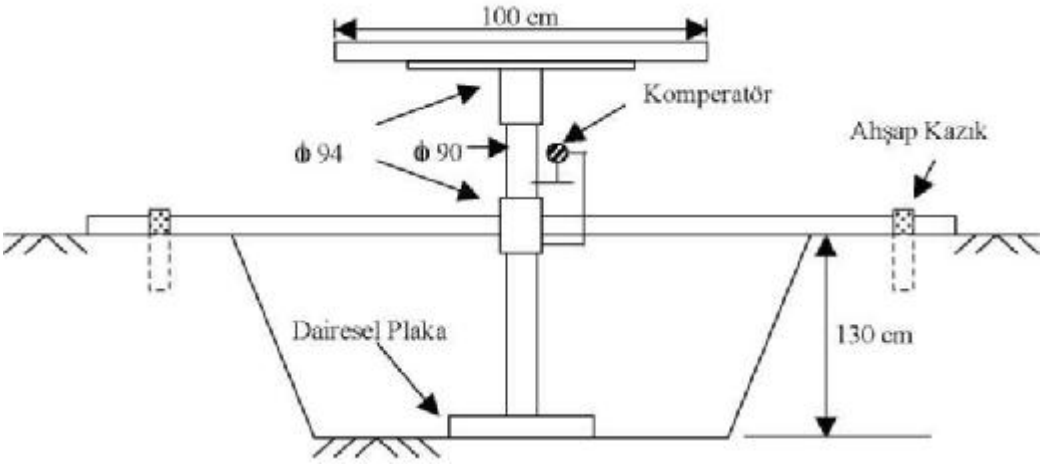
Plakanın yüklenmesi yapılabilmesi için birçok düzenek oluşturulabilir. Plakaya doğrudan veya bir yerden hidrolik kriko yardımı ile yüklenebilir. Şekil 4.13 ve Şekil 4.14 de çeşitli yükleme düzenleri görülmektedir.

Plaka yatay olmalı ve zeminle tamamen temas edecek şekilde oturtulmalıdır. Deneye başlamadan 0.10 kg/cm^2 (10kPa) seviyesinde 1-2 dakika süreli bir ön yükleme yapılarak plakanın zemine tam olarak oturması sağlanmalıdır.

Zeminle plakanın temasını sağlamak için plakanın oturacağı alan dikkatlice düzeltilir ve üzerine ince bir kum tabakası serilir.



Şekil 4.13 : Şematik Olarak Çeşitli Yükleme Düzenleri (Uzuner, 1988)

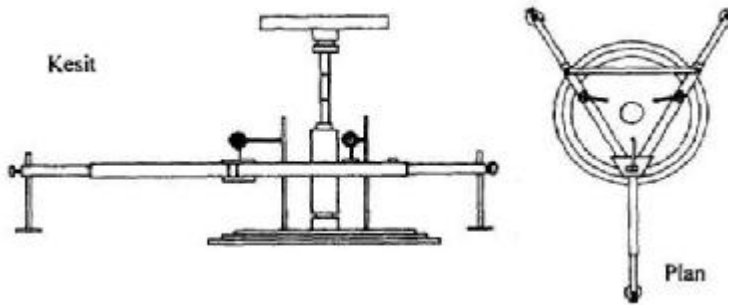


Şekil 4.14 : Plaka Yükleme Düzeneği (Url 04)

Plakanın oturacağı alan hazırlanırken, zeminin örselenmemesine, bozulmamasına özen göstermelidir. Çünkü, deney sonuçları plaka genişliğinin iki katından daha az bir zemin kalınlığının özelliklerini yansıtmaktadır. Şekil 4.15'de sehpalı yükleme sistemi görülmektedir.

Deney zemin yüzeyinden yapılacaksa üstteki nebati zemin kaldırılır ve plaka pürüzsüz bir yüzeye yerleştirilir. Üç ayaklı sehpa, alüminyum ayaklar veya ankrajlar plaka oturmasından etkilenmeyecek mesafelerde mesnetlenir. Yükleme kademe kademe yapılır. Her bir kademe, tahmin edilen plaka emin taşıma gücünün 1/5'i veya plaka sınır taşıma gücünün 1/10'u mertebesinde seçilebilir (Uzuner, 1988). Plaka oturma miktarları, plakanın yüklenmesinden etkilenmeyecek uzaklıktaki noktalara

yerleştirilen yerdeğiştirme veya deformasyon ölçerler (komparatörler) yardımı ile ölçülür. Yer değiştirme ölçme saatleri, plaka ortasına göre, simetrik ve karşı noktalara yerleştirilmelidirler. Böylece, deney sırasında plakanın yataya göre dönmesi de izlenebilir. Saatlerin okumalarının ortalaması plaka oturması olarak alınır. Saatler 0.01 mm duyarlıkta olmalıdır. İstenilen gerilme seviyesine çıkıldığında veya sistemin kapasitesine ulaşıldığında deneye son verilir. Ancak plaka 10.00 mm oturma değerine kadar mutlaka yüklenmelidir. Her yükleme adımında 1, 4, 10, 20, 40, 60 dakikalarda ve daha sonra birer saat ara ile oturma değerleri kayıt edilir (Uzuner, 1988). Her yükleme kademesinde, oturmalar pratik olarak sona erinceye kadar oturma değerleri ölçümüne devam edilir. Oturma sona erdiği anda sonraki yükleme kademesine geçilir. Böylece yüklemeye, sınır taşıma gücüne veya plaka emniyetli taşıma gücünün 2-3 katına kadar devam edilir. İstenirse boşaltma da kademeli yapılabilir. Deney sonunda oturma-yük-zaman ilişkisi çizilir.



Şekil 4.15 : Sehpalı Yükleme Düzeneği Plan ve Kesiti

Plaka yükleme deneyi ile birlikte zeminin emniyetli taşıma gücü değerleri, oturma değerler, elastiste modülü ve yatak katsayısı değerleri belirlenebilmektedir. Killi zeminlerde yapılan plaka yükleme deneylerinin daneli zeminlerde yapılan deneylerden daha farklı değerlendirilmesi gerekir. (Url 04)

Plaka yükleme deneyi ile emniyetli taşıma gücünü belirlemek için iki yaklaşım vardır. İlki deney sonunda çizilen oturma-yük eğrisinde, kırılma noktasına karşılık gelen plaka sınır taşıma gücü, 2-3 gibi bir güvenlik sayısına bölünerek, plaka emniyetli taşıma gücü taşıma gücü bulunur. Sıkı ve sert zeminlerde genel kayma kırılması oluşup, oturma-yük eğrisinde kırılma noktası belirgindir. Buna karşılık, bölgesel kayma kırılmasının oluştuğu gevşek veya yumuşak zeminlerde, oturma-yük eğrisinde kırılma noktası belirgin değildir. Böyle bir durumdan; oturma-yük eğrisi her ikisinin de logaritmik olarak hazırlandığı eksen takımında çizilir. Oturma(Log.)-

yük(log.) eğrisinin başlangıç ve son kısımları doğrusal olup, bu doğrusal kısımların kesişme noktası kırılma noktasını verir (Uzuner, 1988). Diğer yaklaşımsa, oturma-yük eğrisinde 10.00 mm oturma değerine karşılık gelen yük, 2-3 gibi bir güvenlik sayısına bölünerek plâka emin taşıma gücü belirlenir.

Plaka emin taşıma gücünden, temel taban boyutlandırılmasında kullanılacak emniyetli zemin taşıma gücünün belirlenmesi gerekir.

$$q_{zem}=q_{pem} \qquad (4.8.)$$

Kohezyonlu zeminlerde taşıma gücü kabaca temel boyutundan bağımsız olup emniyetli zemin taşıma gücü (4.8) eşitliği ile belirlenir

Daneli zeminlerde ise taşıma gücü, temel genişliği ile kabaca orantılı olarak arttığından, emniyetli zemin taşıma gücü (4.9) eşitliği ile belirlenir

$$q_{zem}=q_{pem}\frac{B_t}{B_p} \qquad (4.9)$$

Plaka yükleme deneyi kısa süreli bir deney olduğu için, uzun süreli konsolidasyon oturmasını yansıtmaz. İri Daneli zeminlerde temelin oturmasının tahmini için aşağıdaki bağıntıyı kullanılabilir.

$$\delta_t=\delta_p\left(\frac{2B_t}{B_t+B_p}\right)^2 \qquad (4.10)$$

δ_t: Temelin oturması

δ_p: Plakanın oturması

Her ne kadar zemin elastik, lineer bir davranış göstermese de, bazı yaklaşık hesaplamalarda kullanılmak üzere zemin elastisite modülünün bilinmesi gerekir. Zeminin elastisite modülünün bilinmesi için bir çok yol vardır. Bunlardan biri de plaka yükleme deneyidir. Zemin Elastisite Modülü aşağıdaki bağıntılarla hesaplanabilmektedir

$$E=0,75xDx(\Delta P/\Delta s) \qquad (4.11)$$

ΔP: Basınç-Oturma eğrisinde iki nokta arasındaki basınç farkı

Δs: Basınç-Oturma eğrisinde iki nokta arasındaki oturma farkı

D: Plaka çapı

$$E=\frac{\pi q(1-\mu^2)}{4\delta} \qquad (4.12)$$

q: Plaka üzerindeki gerilme

μ: Poisson oranı

δ: Plakanın oturma miktarı

Elastik bir zemine oturan temellerin herhangi bir noktasındaki çökme, aynı noktadaki taban basıncı ile orantılıdır. Bu orana "Yatak Katsayısı" denir ve (4.13) denklemi ile hesaplanabilir.

$s_{(x)}=P_{(x)}/k$

$k=P/S\ [F/L^3]$ (4.13)

(b) çapındaki yükleme plakası altında oluşan gerilme soğanı b'nin yaklaşık 3 katı derinlikte önemli derecede azalacaktır. Oysaki temel zemini etki derinliği daha fazla olmaktadır. Zemin yatak katsayısı, plaka yükleme deneyinin başlangıç doğrusal kısmının eğimi olarak hesaplanır. Zemin yatak katsayısı bir çok etmene, bu arada plaka genişliğine bağlı olarak değişir. Bu sebeple plaka yükleme deneyinin uygulandığı zeminlerde yatak katsayısı (4.14.) eşitliği ile belirlenebilmektedir.

$$k_c=k_p\left(\frac{B_t+B_p}{2B_t}\right)^2 \quad (4.14)$$

Kohezyonlu zeminlerde ise yatak katsayısı (4.15.) eşitliği ile hesaplanabilmektedir.

$$k_t=k_p\frac{B_p}{B_t} \quad (4.15.)$$

k_t: Temel için yatak katsayısı

k_p: Plaka için yatak katsayısı

Plaka Yükleme Deneyi Saha Uygulaması

Saha genelinde toplam 8 noktada plaka yükleme deneyi yapılmıştır. Yapılan bu 8 plaka yükleme deneyinin 2 tanesi dinamik kompaksiyon uygulama alnında bulunmaktadır. Bunlardan biri C Blok altıda diğeri ise B Blok altında uygulanmıştır. Sahada plaka yükleme noktaları Ek 11 de görülmektedir.

Deneylerde 750.00 mm çaplı yük plakası kullanılmış, bir paletli bekho ekskavatör karşı ağırlık olarak kullanılarak, hidrolik kriko aracılığıyla, zemin yüzeyine oturtulan plaka ile zemine iki devreli basınç uygulanmıştır. Uygulanan azami basınç, üstyapı tasarımcısı tarafından verilen kriterlere göre, B Blokta 160.00 kPa ve C Blokta

100.00 kPa dır. Oturma okumaları, plakaya tutturulmuş ve referans köprülerine basan üç adet komparatörle alınmıştır.

Yükleme kademeli olarak yapılmış, her kademede, oturma hızı 0.02 mm/dk'dan daha yavaş hale gelene kadar beklenmiştir. Deney sırasında alınan okumalar Ek-12 verilmektedir.Sonuçlar özet halinde Çizelge 4.11 gösterilmektedir.

Çizelge 4.11 : Plaka Yükleme Değerleri

Deney	**Uygulanan Gerilme (kPa)**	**Plaka Çapı (mm)**	**1. Devrede Maks. Oturma (mm)**	**2. Devrede Maks. Oturma (mm)**
B	160	750	4.80	4.84
C	100	750	2.61	2.32

B Blok altında plaka yükleme deney sonuçları kullanılarak denklem (4.10) dan oturma değeri;

δ_p=4.84mm

B_t=23.10m

B_p=0.75m

δ_t=18.16 mm değeri tasarım kriteri olarak verilen 5cm=50 mm değerini sağladığı görülmektedir.

C Blok altında plaka yükleme deney sonuçları kullanılarak denklem (4.10) dan oturma değeri;

δ_p=2.61mm

B_t=29.65m

B_p=0.75m

δ_t=9.93 mm değeri tasarım kriteri olarak verilen 5cm=50 mm değerini sağladığı görülmektedir.

Bulunan oturma değerleri, belirtilen sınır değerleri içerisinde kalmıştır. Dinamik kompaksiyon uygulamasının, istenen iyileştirmeyi sağladığı yapılan plaka yükleme deneyi ile belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Hızla gelişen dünyada insan nüfusunun artışıyla inşaa alanları azalmış buda zemin açısından kullanılamayan alanların yeniden değerlendirilmesini gündeme getirmiştir. Bu yapılaşma açısından sakıncalı olan alanlar çeşitli iyileştirme yöntemleri ile iyileştirilerek belirli sınır değerler ve dikkatli tahkikler yapılarak, yapılaşma alanları olarak kazanılmıştır. Bu iyileştirme yöntemlerinden dinamik kompaksiyon bu çalışmanın konusu olmuştur. Günümüzde dinamik kompaksiyon özellikle granüler zeminlerde, dolgularda, katı atık depolarının islahında ne kadar etkili bir yöntem olduğu kanıtlanmıştır. Aynı zamanda maliyeti ve uygulama süresi açısından da diğer yöntemlere göre daha uygun bir yöntem olduğunu ispatlanmıştır. Bu çalışmada toplam 69.610 m^2 yerleşim alanına sahip bir üretim tesisi içerisinde bulunan yapıların oturacağı zemin incelenmiştir.

- Saha genelinde, 11 tanesi dinamik kompaksiyon alanında olmak üzere 35 ayrı noktada SPT yapılmıştır. Yapılan bu deneyler neticesinde ortalama SPT-N değerleri, dolgu tabakası için 31, kum tabakası için 57 ve düzeltilmiş SPT değerleri; SPT-$N_{1,60}$ dolgu tabakası için 30, kum tabakası için 37, SPT-N_1 dolgu tabakası için 40, kum takası için 50, SPT-N_{70} dolgu tabakası için 20, kum takası için 36 değerleri belirlenmiştir. Belirlenen bu ortalama SPT değerleri doğrultusunda kayma mukavemeti açısı, dolgu tabakalarda Ø=37˚, kum tabakasında ise Ø=41˚ olarak bulunmuştur.
- Saha genelinde, 4 tanesi dinamik kompaksiyonu alanında olmak üzere 52 ayrı noktada CPT yapılmıştır. Yapılan bu deneyler neticesinde dolgu tabakası içerisinde yer yer kalınlığı 10.00 ila 80.00 cm kalınlığında değişen kil bantlarına ve organik tabakalar belirlenmiştir.
- Bu testlerin yanında gözlem kuyuları açılmış ve dolgu zemin içerisindeki mevcut kil tabakaları ve organik malzemeler tespit edilmiştir.
- Yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda, dolgu zemin için likit limit değerleri (%) 34-62, plastik limit değerleri (%) 15-22, plastisite indisi (%) 19-

40, tabii su muhtevası değerleri (%) 9-15 arasında belirlenmiştir. Kum zeminlerde ise tabii su muhtevası (%) 12 olarak bulunmuştur. Sahadan alınmış örselenmiş numune üzerinde yapılan standart proctor testi neticesinde optimum su muhtevası (%) 11, maksimum kuru birim hacim ağırlığı ise 19.24 kN/m^3 olarak belirlenmiştir.

- Yapılan laboratuvar çalışmaları, SPT, CPT deneyleri ve açılan gözlem kuyuları neticesinde idealize zemin profilleri oluşturulmuştur. Bu idealize zemin profillerinden ve yapılan deneylerden, zeminin büyük oranda sıkı kum ve çok gevşekten, çok sıkıya değişen sıkılıkta dolgu zeminlerden oluştuğu, bu tabakaların altında ise sağlam kayaçların bulunduğu belirlenmiştir. Fakat yapılan CPT deneyleri ve açılan gözlem kuyuları ile dolgu olarak belirlenen tabakalar içerisinde yer yer kil ve organik geçişler belirlenmiştir. SPT deneyleri sonucunda elde edilen değerlerin düzensiz olması, özellikle dolgunun heterojen yapısını işaret etmektedir.

- B, C, C1 blokları için yapılan taşıma gücü ve oturma değerlendirmeleri sonucunda; B bloğun taşıma gücünün 170.50 kN/m^2 olarak hesaplandığı ve müsade edilen 160.00 kN/m^2 değeri sağladığı, C1 blokta taşıma gücünün 200.00 kN/m^2 olarak hesaplandığı müsade edilen 100kN/m^2 değeri sağladığı, C blokta ise taşıma gücünün 274.00 kN/m^2 olarak hesaplandığı müsade edilen 100.00 kN/m^2 değeri sağladığı belirlenmiştir. Zeminleri granüler zeminler olduğu düşünülerek oturmaların inşaat aşamasında gerçekleşeceği düşünülmüş fakat zeminin heterojen yapısı, özelliklede temellerin oturacağı dolgu tabakası içerinde bulunan kil ve organik tabakalar göz önüne alındığında, ilerleyen zamanlarda oturmalar açısından problemler teşkil edeceği düşünülmüştür.

- İlerleyen zamanlarda bina bütünlüğünü ve yapısını bozacak oturmaların meydana gelmemesi için saha genelinde iyileştirme yapılması uygun bulunmuştur. Yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda B, C ve C1 Blokların zeminlerinin, dinamik kompaksiyon uygulamasına uygun olduğu ve diğer yöntemlere oranla daha ekonomik olduğu belirlenmiştir.

- B, C ve C1 blokları zemininde uygulanacak olan dinamik kompaksiyon çalışması için öncelikle uygulama yöntemi hesapları yapılmıştır. Bu hesaplar

sonucunda, uygulama 3 geçiş olarak tasarlanmıştır. 1. geçişlerde 12.00 ton ağırlık, 24.00 m yükseklikten, 3.60 mx3.60 m karelajla, 2. geçişlerde 12.00 ton ağırlık 20,00 m yükseklikten, 3.60 mx3.60 m karelajla ve son olarak ütüleme safhası olarak adlandırılan 3. geçişlerde de 12.00 tonluk ağırlık 8.00 m yükseklikten, 3.60 mx3.60 m karelajla düşürülmesi planlanmıştır.

- Sahada bu hesap değerlerinin uygunluğu için belirlenen bölgelerde deneme atışları yapılmıştır. Deneme atımları öncesi ve sonrası yapılan SPT deneyleri ile atımların zeminde oluşturduğu iyileştirmenin seviyesi takip edilmiştir. Belirlenen hesap değerleri elde edilen SPT deneyi sonuçlarına göre yenilenerek son uygulama değerleri belirlenmiştir. Bu atımlar sonucunda belirlenen uygulama prosedürünün, 1. geçişlerde 12.00 ton ağırlık, 20.00 m yükseklikten, 3.20 mx3.20 m karelajla, 6 defa düşürülerek, 2. geçişlerde 12.00 ton ağırlık 16.00 m yükseklikten, 3.20 mx3.20 m karelajla, 6 defa düşürülerek ve son olarak ütüleme safhasında 12.00 tonluk ağırlık 3.00 m yükseklikten, 2.20 mx2.20 m karelajla, 3 defa düşürülerek uygulanmasına karar verilmiştir.
- Dinamik kompaksiyon belirlenen kriterlerde uygulandıktan sonra, B, C ve C1 blok altındaki zeminin istenen değerler getirildiğini belirlemek amacıyla sahada plaka yükleme deneyleri yapılmıştır. 2 adedi dinamik kompaksiyon uygulama alanında olmak üzere saha genelinde toplam 8 noktada plaka yükleme deneyi uygulanmıştır. Bu deneyler B ve C bloklarda uygulanmıştır. Plaka yüklenme deneyleri sonucu elde edilen değerler doğrultusunda oturma değerleri, B blokta 18.16 mm olarak hesaplamıştır ve müsade edilen 50.00 mm oturma değerini sağlamaktadır, C blokta 9.93 mm olarak hesaplamıştır ve müsade edilen 50.00 mm oturma değerini sağlamaktadır.
- Yapılan testler neticesinde dinamik kompaksiyonun belirtilen dolgu ve kum tabakasında başarı ile uygulandığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak belirlenen üretim tesisini zeminin, dolgu ve kum tabakalardan teşkil edildiği belirlenmiştir. Temel zeminlerinin oturduğu dolgunun kontrolsüz dolgu olduğu ve heterojen bir yapıya sahip olduğu ve bunun da ilerleyen süreçte oluşabilecek oturmalarla yapıda hasarlar meydana gelebileceği belirlenmiştir. Bunun neticesinde sahada iyileştirme yapılması gerekliliği doğmuştur. Zemin yapısı göz

önüne alındığında, dinamik kompaksiyon uygulamasının diğer iyileştirme yöntemlerine nazaran daha ekonik olduğu belirlenmiştir. Saha zemin özellikleri ve yapılan deneyler neticesinde sahanın B, C, C1 bloklarının bulunduğu alanların dinamik kompaksiyona uygun olduğu belirlenmiş ve bu bölgede dinamik kompaksiyon uygulanmıştır. Uygulama sonrası yapılan plaka yükleme deneyleri neticesinde dinamik kompaksiyonun olumlu sonuçlar verdiği ve başarıyla uygulandığı gözlemlenmiştir. Bu vaka analizi dinamik kompaksiyonun uygulandığı granüler zeminlerde başarıyla sonuç verdiğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

Aksoy, İ. H., "Hafif Dolgu Malzemeleri ve Geoteknikte Kullanımı", Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 9. Ulusal Kongresi, cilt 2, p. 519-524, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 2002

Aksoy, İ. H., Haşal, M. E., "Uçucu Kül-Çimento-Köpük Karışımının Hafif Dolgu Malzemesi Olarak Geoteknik Özellikleri", Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 8. Ulusal Kongresi, p. 183-192, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2000

Aiban, S. A., "Effectiveness of Stone Columns: Field Assessment", Proceedings of the International Deep Foundation Congress, Volume 2, p:1187-1199, Orlando, Florida, 2002

ASTM (American Society for Testing and Materials), 1994. Annual Book of ASTM Standarts- Construction: Soil and Rock. ASTM Publications, Vol.04.08, NY

ASTM D3441-05 Standart Test Method for Mechanical Cone Penetration Tests of Soil, 2005

Bergado, D. T., Anderson, L. R., Miura N., Balasubramaniam A. S., Soft Ground İmprovement in Lowland and Other Environment, ASCE Press, New York, 1996

Bowles, J. E., Foundation Analysis and Design, McGraw-Hill, New York, 1996

Ceylanoğlu, A., Gül Y., "Plaka Yükleme Düzeneğinin Oluşturulması ve Denenmesi Çalışmaları", Kayamek VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, Sivas, 2004

Chow, Y. K., Yong, D. M., Yong, K.Y., Lee, S.L., "Dynamic Compaction Analysis", Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 118, No. 8, p:1141-1157, Ağustos, 1992

Chu, J., Yan, S. W., "Estimation of Degree of Consolidation for Vacuum Preloading Projects", International Journal of Geomechanics, Vol 5, No 2, June, 2005

Chu, J., Yan, S. W., Yang, H., "Soil İmprovement by the vacuum preloading method for an oil storage station", Geotechnique, Vol.50, Issue 6, p. 625-632, 2000

Chun, B. S., Choi, J. K., Joung, Y. K., Yeoh, Y. H., "A Case on the Plan for Settlement Restraint by Compaction Grouting System", 12th Asian Regional Conf. On Soil Mechanics & Geotechnical Engineering, Volume 1, p:469-472, National University of Singapore, Singapore, 2003

Coduto, D. P., Foundation Design : Principles and Practices, Prentice Hall, N.J, 1994

Cui, X., "Real Time Diagnosis Method of Compaction State of Subgrade during Dynamic Compaction, Geotechnical Testing Journal, Volume 33, No.4, Haziran, 2010

Çanakcı, H., Çabalar, A. F., "Emin İyileştirilmesinde Biyoteknolojilerin Kullanılabilirliği", Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 9. Ulusal Kongresi, cilt 2, p. 519-524, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 2002

Das, B.,M., Principle of Foundation Engineering 4th Edition, PWS Publishing, California, 1999

Demiröz, A., Karaduman, M., "Zemin İyileştirme Metodları", Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Teknik-Online Dergi, Cilt 8, Sayı:3, p. 33-49, 2009

Duran, Y., Ergun, U., "Modern Bir Derin Karıştırma Makinesi ve Karışım Kolonlarını Etkileyen Bazı Faktörler Üzerine Bir Çalışma", Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 8. Ulusal Kongresi, p. 243-248, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2000

Durgunoğlu, H.T., Varaksin, S., Karadayılar, T., Nasöz, E., Briet, S., "Ağır Dinamik Kompaksiyon-Yüksek Enerji Kolonları İle Zemin İslahına Ait Bir Vaka Analizi", Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 9. Ulusal Kongresi, cilt 2, p. 444-452, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 2002.

Durgunoğlu, H.T., "Yüksek Modüllü Kolonların Temel Mühendisliğinde Kullanımı", Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 10. Ulusal Kongresi, *Altıncı Ord. Prof. Dr. Hamdi Peynircioğlu Konferansı*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2004

Emrem, C., Durgunoğlu, H. T., "Türkiye CPT Veri Tabanı ve Mevcut Ampirik Bagıntılar İle Karşılaştırma", Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 8. Ulusal Kongresi, p. 173-181, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2000

Hu, R. L., Yue, Z. Q., Tham, L. G., Wang, L. C., "Digital Image Analysis of Dynamic Compaction Effects on Clay Fills", ", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 131., No.11, p.1411-1422, Kasım, 2005

Klotz, U., Coop, M. R., Taylor, R. N., "An Assessment of Design Driven Piles in Sands", Taylor Proceedings of the International Deep Foundation Congress, Volume 2, p:1501-1517, Orlando, Florida, 2002

Kumar, S., "Reducing Liquefaction Potencial Using Dynamic Compaction and Stone Columns", Geotechnical and Geological Engineering, Vol. 19, p.169-182, 2001

Kumbasar, V., Kip, F., Zemin Mekaniği Problemleri, Çağlayan Kitabevi 6. Baskı, İstanbul, 1999

Miao, L., Chen, G., Hong, Z., "Application of Dynamic Compaction in Highway:a case study" , Geotechnical and Geological Engineering, Vol.24, p. 91-99, 2006

Mihalis, I. K., Papdopoulo, B. P., Anagnostopoulos, A. G., Vlavianos, G., "The contribution of Stone Columns to the Improvement of the Stability Conditions of Embankments on Soft Clay", , Proceeding of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Volume 1, p:827-832, Prag, 2003

Önalp, A., "Samsun Liman Sahasında Dinamik Konsolidasyon Uygulaması", Türkiye İnşaat Mühendisliği 8. Teknik Kongresi, p. 189-208, Ankara, 1985

Özaydın, K., Zemin Mekaniği, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1999

Özüdoğru, K., Tan, O., Aksoy, İ. H., Çözümlü Problemlerle Zemin Mekaniği, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2001

Rao, S. M., Shivananda, P., "Compressibility Behaviour of Lime–Stabilized Clay", Geotechnical and Geological Engineering, sayı:23, p:309-319, 2005

Sal, Z., "Makaslama Dalga Hızı İle Konik Penetrasyon Testi Sonucu Hesaplanan Geoteknik Parametreler Arasındaki İlişkiler", 2010 (yüksek lisans tezi ankara üni.)

Satyapriya, C. K., Gallagher, P. E., "Dynamic Compaction of Surface Mine Spoils to Limit Settlements Within Commercial Developments", Constructing and Controlling Compaction of Earth Fills, 2000

Scombe, B. C. "Dynamic Compaction". In Moseley, M. P., Kirsch, K. (Ed.), Ground İmprovement, Spon Press, New York, 2004

Sivrikaya, O., Toğrol, E., "İnce daneli zeminlerde SPT sonuçlarının düzeltilmesi üzerine bir çalışma", İTÜ Mühendislik Dergisi, Cilt 2, Sayı 6, s. 59-67, 2003

Sivrikaya, O., Toğrol, E., "Türkiye'de SPT-N Değeri ile İnce Daneli Zeminlerin Drenajsız Kayma Mukavemeti arasındaki İlişkiler", İMO Teknik Dergi, p. 4229-4246, yazı 279, 2007

Şenol, A., Edil, T. B., Acosta, H. B., Bin-Shaque, M. S., Benson, C. H., "Soil Stabilization Using Various Fly Ashes", Proceeding of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Volume 1, p: 235-240, Prag, 2003

Şenol, A., Edil, T. B., Fox, N. S., " "Sıkıştırılmış Geokolon-Rammed Aggregate PierTM" yöntemi ile yumuşak Zeminlerin Taşıma Gücünün Artırılması" , Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 8. Ulusal Kongresi, p. 251-258, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2000

Şenol, A., Edil, T. B., "Uçucu Kül ile Stabilize Edilen Yumuşak Zeminlerin CBR Sonuçlarının Değerlendirilmesi", Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 10. Ulusal Kongresi, p. 275-280, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2004

Tekinsoy, M. A., Harbiyeli, S., Örnek, M., Demir, A., "Antakya Aşırı Konsolide Killerde Plaka Yükleme Deneyi ile Taşıma Gücü Analizi", 156-166, http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/1514.pdf

Thilakasiri, H. S., Gunaratne, M., Mullins, G., Stinette, P., Kuo, C., " Implementation Aid for Dynamic Replacement of Organic Soils with Sand", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol.127, No.1, p. 25-35, January, 2001

Tunçdemir, "Temel Zeminlerinin Enjeksiyon Tekniğiyle İyileştirilmesi", Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı: 430, p. 59-64, 2004

Url-01 <http://80.251.40.59/eng.ankara.edu.tr>

Url-02 <http://cbsink.lfchosting.com>

Url-03 <http://www.ce.washington.edu>

Url-04 <http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/1514.pdf>

Url-05 <http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/1536.pdf>

Url-06 <http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/10139.pdf>

Url-07 <http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/11103.pdf>

Url-08 <http://www.hs.wroc.pl>

Url-09 <http:// www.johngrazelinc.com>

Url-10 <http://www.kellerge.com.au>

Url-11 <http://www.menard-web.com>

Url-12 <http://www.sspsb.com>

Url-13 <http://www.tpub.com>

Uzuner, B. A., Temel Mühendisliğine Giriş, Derya Kitapevi, Trabzon, 2006

Uzuner, B. A., "Plaka Yükleme Deneyi Üzerine", THM, Vol. 340, Eylül-Ekim, 1988

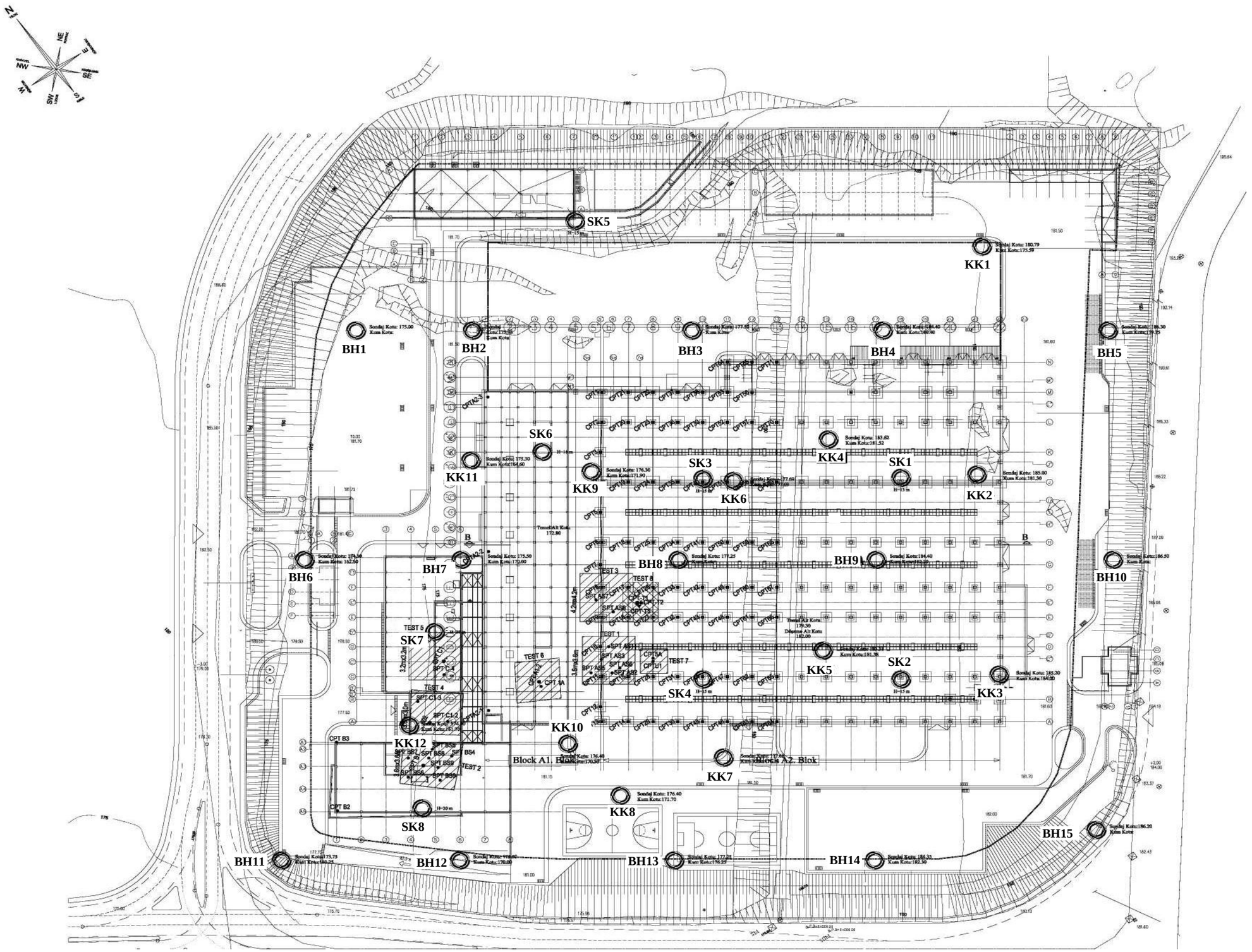
Verastegui, R. D., Van Impe W. F., Afschrift, P., "Some research results on lime/cement columns in alluvial soft soil", Proceeding of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Volume 1, p.957-962, Prag, 2003

Xanthakos, P. P., Abramson, L. W., Bruce, D. A., Ground Control and İmprovement, John Wiley&Sons Inc., New York, 1994

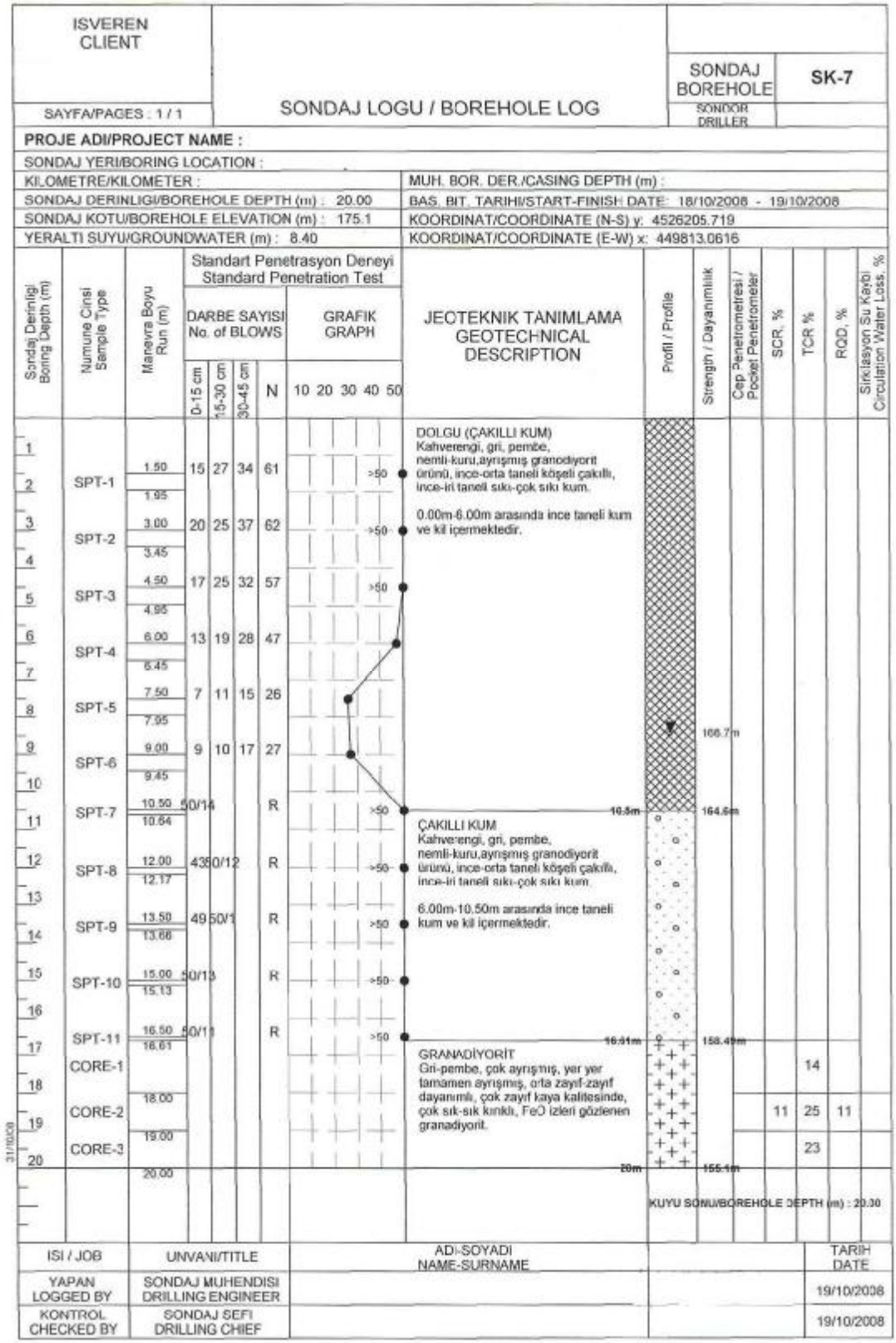
Yee, I. K., "Upgrading Existing Landfills By Dynamic Consolidation A Geotechnical Aspect", Master Builders Journal, p:21-29;210-215, Eylül, 1999

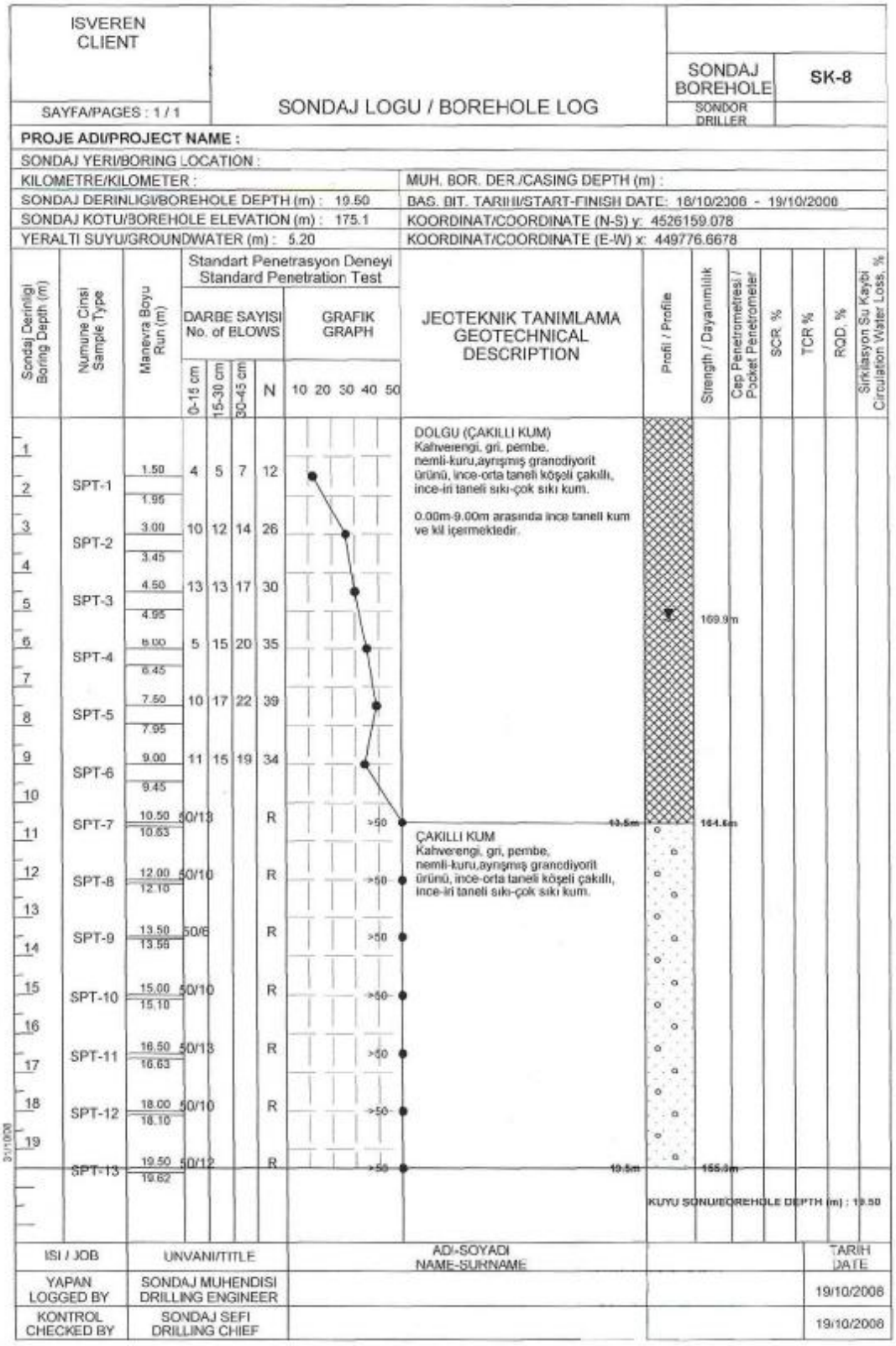
EKLER

EK-1 : SPT-CPT Lokasyonları


N
NE
E
SE
S
SW
W
NW
SK5
KK1
BH1
BH2
BH3
BH4
BH5
SK6
KK11
KK4
SK3
SK1
KK9
KK6
KK2
BH7
BH8
BH9
BH6
BH10
TEST 5
SK7
KK5
SK2
SK4
KK3
KK10
KK12
KK7
Block A1. Blok
Block A2. Blok
KK8
SK8
BH15
BH11
BH12
BH13
BH14

EK-2 : SPT Logları


ISVEREN
CLIENT
SONDAJ LOGU / BOREHOLE LOG
SONDAJ
BOREHOLE
SK-7
SAYFA/PAGES : 1 / 1
SONDOR
DRILLER
PROJE ADI/PROJECT NAME :
SONDAJ YERI/BORING LOCATION :
KILOMETRE/KILOMETER :
MUH. BOR. DER./CASING DEPTH (m) :
SONDAJ DERINLIGI/BOREHOLE DEPTH (m) : 20.00
BAS. BIT. TARIHI/START-FINISH DATE: 18/10/2008 - 19/10/2008
SONDAJ KOTU/BOREHOLE ELEVATION (m) : 175.1
KOORDINAT/COORDINATE (N-S) y: 4526205.719
YERALTI SUYU/GROUNDWATER (m) : 8.40
KOORDINAT/COORDINATE (E-W) x: 449813.0616
Sondaj Derinligi Boring Depth (m)
Numune Cinsi Sample Type
Manevra Boyu Run (m)
Standart Penetrasyon Deneyi Standard Penetration Test
DARBE SAYISI No. of BLOWS
0-15 cm
15-30 cm
30-45 cm
N
GRAFIK GRAPH
10 20 30 40 50
JEOTEKNIK TANIMLAMA GEOTECHNICAL DESCRIPTION
Profil / Profile
Strength / Dayanimlilik
Cep Penetrometresi / Pocket Penetrometer
SCR, %
TCR %
RQD, %
Sirkilasyon Su Kaybi Circulation Water Loss, %
SPT-1
SPT-2
SPT-3
SPT-4
SPT-5
SPT-6
SPT-7
SPT-8
SPT-9
SPT-10
SPT-11
CORE-1
CORE-2
CORE-3
DOLGU (ÇAKILLI KUM)
Kahverengi, gri, pembe, nemli-kuru,ayrışmış granodiyorit ürünü, ince-orta taneli köşeli çakıllı, ince-iri taneli sıkı-çok sıkı kum.
0.00m-6.00m arasında ince taneli kum ve kil içermektedir.
166.7m
10.5m
164.6m
ÇAKILLI KUM
Kahverengi, gri, pembe, nemli-kuru,ayrışmış granodiyorit ürünü, ince-orta taneli köşeli çakıllı, ince-iri taneli sıkı-çok sıkı kum.
6.00m-10.50m arasında ince taneli kum ve kil içermektedir.
16.01m
158.49m
GRANADİYORİT
Gri-pembe, çok ayrışmış, yer yer tamamen ayrışmış, orta zayıf-zayıf dayanımlı, çok zayıf kaya kalitesinde, çok sık-sık kırıklı, FeO izleri gözlenen granadiyorit.
20m
155.1m
KUYU SONU/BOREHOLE DEPTH (m) : 20.00
ISI / JOB
UNVANI/TITLE
ADI-SOYADI NAME-SURNAME
TARIH DATE
YAPAN LOGGED BY
SONDAJ MUHENDISI DRILLING ENGINEER
19/10/2008
KONTROL CHECKED BY
SONDAJ SEFI DRILLING CHIEF
19/10/2008


ISVEREN
CLIENT
SONDAJ LOGU / BOREHOLE LOG
SONDAJ
BOREHOLE
SK-8
SONDOR
DRILLER
SAYFA/PAGES : 1 / 1
PROJE ADI/PROJECT NAME :
SONDAJ YERI/BORING LOCATION :
KILOMETRE/KILOMETER :
MUH. BOR. DER./CASING DEPTH (m) :
SONDAJ DERINLIGI/BOREHOLE DEPTH (m) : 19.50
BAS. BIT. TARIHI/START-FINISH DATE: 18/10/2008 - 19/10/2008
SONDAJ KOTU/BOREHOLE ELEVATION (m) : 175.1
KOORDINAT/COORDINATE (N-S) y: 4526159.078
YERALTI SUYU/GROUNDWATER (m) : 5.20
KOORDINAT/COORDINATE (E-W) x: 449776.6678
Sondaj Derinligi Boring Depth (m)
Numune Cinsi Sample Type
Manevra Boyu Run (m)
Standart Penetrasyon Deneyi
Standard Penetration Test
DARBE SAYISI
No. of BLOWS
0-15 cm
15-30 cm
30-45 cm
N
GRAFIK
GRAPH
10 20 30 40 50
JEOTEKNIK TANIMLAMA
GEOTECHNICAL
DESCRIPTION
Profil / Profile
Strength / Dayanımlılık
Cep Penetrometresi / Pocket Penetrometer
SCR. %
TCR %
RQD. %
Sirkülasyon Su Kaybı Circulation Water Loss. %
SPT-1 1.50 4 5 7 12
1.95
SPT-2 3.00 10 12 14 26
3.45
SPT-3 4.50 13 13 17 30
4.95
SPT-4 6.00 5 15 20 35
6.45
SPT-5 7.50 10 17 22 39
7.95
SPT-6 9.00 11 15 19 34
9.45
SPT-7 10.50 50/13 R >50
10.63
SPT-8 12.00 50/10 R >50
12.10
SPT-9 13.50 50/6 R >50
13.56
SPT-10 15.00 50/10 R >50
15.10
SPT-11 16.50 50/13 R >50
16.63
SPT-12 18.00 50/10 R >50
18.10
SPT-13 19.50 50/12 R >50
19.62
DOLGU (ÇAKILLI KUM)
Kahverengi, gri, pembe, nemli-kuru,ayrışmış granodiyorit ürünü, ince-orta taneli köşeli çakıllı, ince-iri taneli sıkı-çok sıkı kum.
0.00m-9.00m arasında ince taneli kum ve kil içermektedir.
169.9m
13.5m
164.6m
ÇAKILLI KUM
Kahverengi, gri, pembe, nemli-kuru,ayrışmış granodiyorit ürünü, ince-orta taneli köşeli çakıllı, ince-iri taneli sıkı-çok sıkı kum.
19.5m
155.9m
KUYU SONU/BOREHOLE DEPTH (m) : 19.50
ISI / JOB
UNVANI/TITLE
ADI-SOYADI
NAME-SURNAME
TARIH
DATE
YAPAN
LOGGED BY
SONDAJ MUHENDISI
DRILLING ENGINEER
19/10/2008
KONTROL
CHECKED BY
SONDAJ SEFI
DRILLING CHIEF
19/10/2008

Sondaj No / Boring No : K-9
Sayfa No / Sheet No : 1

SONDAJ LOGU / BORING LOG

PROJE ADI / PROJECT NAME :
KOORDİNATLAR / COORDINATES :
SONDAJ KOTU / ELEVATION (m) :
SONDAJ DERİNLİĞİ / BORING DEPTH (m) : 13.00 m.
YERALTISUYU / GROUNDWATER (m) : Yok
MUHAFAZA BORU / CASING SIZE DIŞ ÇAPI / O.D.(mm) : 110 mm. İÇ ÇAPI / I.D. (mm) : 100 mm UZUNLUĞU / LENGTH (m) : 5.00 m.

SONDAJ MAKİNASI / DRILLING RIG : CREALIUS D-750
SONDÖR / FOREMAN :
MÜHENDİS / ENGINEER :
BAŞLAMA TARİHİ / DATE STARTED : 00.07.2000
BİTİŞ TARİHİ / DATE COMPLETED : 00.07.2000

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT % (CORE % RECOVERY)	R.Q.D. %	NUMUNE NO. (SAMPLE NO.)	NUMUNE DERİNLİĞİ (SAMPLE DEPTH) from to	ZEMİN TANIMLAMASI (SOIL DESCRIPTION)	ZEMİN PROFİLİ (SOIL PROFILE)	DAYANIMLILIK (STRENGTH)	AYRIŞMA (WEATHERING)	KIRIK (>30 cm) (FRAC.(30 cm.))	KIRIK AÇISI FRAC. ANGLE	SU KAYBI % (WAT. LOSS)	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST Grafik Skyla No. of Blows 0-15 / 15-30 / 30-45	N_R	GRAFİK GRAPH 10 20 30 40 50
1			SPT-1	1.00-1.45	**Dolgu :** Yerel malzemeden oluşmuş, kili, silti ve çakıllı seviyedir.							11 / 14 / 17	31	
2			SPT-2	2.60-2.45								4 / 7 / 9	16	
3			UD-1	3.00-3.30								Çakılarak alındı		
4			SPT-3	4.60-4.45								11 / 19 / 24	43	
					4.45m.									
5			SPT-4	5.00-5.45	**Kum :** Kahve - yer yer sarımsı renkte, çok sıkı, ince çakıllı seviyedir.							19 / 29 / 31	>50	
6			SPT-5	6.00-6.09								50/9	>50	
7			SPT-6	7.00-7.22								33 / 50/7	>50	
8			SPT-7	8.00-8.04								50/4	>50	
9			SPT-8	9.00-9.05								50/5	>50	
10			SPT-9	10.00-10.10								50/10	>50	
11			SPT-10	11.00-11.06								50/6	>50	
12			SPT-11	12.00-12.45								19 / 31 / 44	>50	
13			SPT-12	13.00-13.08								50/8	>50	
					13.08m.									
14														
15														

KIVAM DURUMU / CONSISTENCY			SIKLIK / DENSITY			GRANÜLER / PROPERTIONS			KIRIKLAR / 30 cm - FRACTURES / 30 cm		
N = 0 - 2	Çok yumuşak	V.Soft	N = 0 - 4	Çok gevşek	V.loose	0 - 10 % Pek az	Trace		> 1	Seyrek	Wide (W)
N = 3 - 4	Yumuşak	Soft	N = 5 - 10	Gevşek	Loose	10 - 20 % Az	Little		1 - 2	Orta	Moderate (M)
N = 5 - 8	Orta katı	M.Stiff	N = 11 - 30	Orta sıkı	M.dense	20 - 35 % Orta	Agrenment/ Some		2 - 10	Sık	Close (Cl)
N = 9 - 15	Katı	Stiff	N = 31 - 50	Sıkı	Dense	35 - 50 % Çok	And		10 - 20	Çok sık	Intense (I)
N = 16 - 30	Çok katı	V.Stiff	N > 50	Çok sıkı	V.dense				> 20	Parçalı	Crushed (Cr)
N > 30	Sert	Hard									

ORGANİK İÇERİK / CONTENT(%)		AYRIŞMA / WEATHERING		KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD.			KISALTMALAR		
I Çok Az	Very Little	AS Tamamen Ayrışmış	Completely Decomp.	0 - 25	% Çok zayıf	Very poor	UD	: Örselenmemiş Numune	/ Undisturbed Sample
II Zayıf	Weak	AR Çok ayrışmış	Highly weathered	25 - 50	% Zayıf	Poor	D	: Örselenmiş Numune	/ Disturbed Sample
III Orta Zayıf	Moderate	AD Orta ayrışmış	Mod. weathered	50 - 75	% Orta	Fair	SPT	: Standart Penetrasyon Deneyi	/ Standard Pen.Test
IV Orta dayanımlı	Moderate	AZ Az ayrışmış	Slightly weathered	75 - 90	% İyi	Good	VST	: Vane Deneyi	/ Vane Test
V Dayanımlı	Strong	AI Taze	Fresh	90-100	% Çok iyi	Excellent	P	: Penetrometre Deneyi	/ Penetrometer Test

Sondaj No / Boring No : K-10
Sayfa No / Sheet No : 1

SONDAJ LOGU / BORING LOG

PROJE ADI / PROJECT NAME :
KOORDİNATLAR / COORDINATES :
SONDAJ KOTU / ELEVATION (m) :
SONDAJ DERİNLİĞİ / BORING DEPTH (m) : 15.00 m.
YERALTISUYU / GROUNDWATER (m) : Yok
MUHAFAZA BORU / CASING SIZE DIŞ ÇAPI / O.D.(mm) : 110 mm. İÇ ÇAPI / I.D. (mm) : 100 mm UZUNLUĞU / LENGTH (m) : 6.00 m.

SONDAJ MAKİNASI / DRILLING RIG : CREALIUS D-750
SONDÖR / FOREMAN :
MÜHENDİS / ENGINEER :
BAŞLAMA TARİHİ / DATE STARTED : 10.07.2000
BİTİŞ TARİHİ / DATE COMPLETED : 10.07.2000

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve % (CORE % RECOVERY)	R.Q.D. %	NUMUNE NO. (SAMPLE NO.)	NUMUNE DERİNLİĞİ (SAMPLE DEPTH) from	to	ZEMİN TANIMLAMASI (SOIL DESCRIPTION)	ZEMİN PROFİLİ (SOIL PROFILE)	DAYANIKLILIK (STRENGTH)	AYRIŞMA (WEATHERING)	KIRIK / 30 cm (FRAC / 30 cm)	KIRIK AÇISI FRAC. ANGLE	SU KAYBI % (WAT. LOSS)	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST Darbe Sayısı No. of Blows 0-15	15-30	30-45	N_{30}	GRAFİK GRAPH 10 20 30 40 50
1			SPT-1	1.00	1.45	Dolgu : Yerel malzemeden oluşmuş, killi, siltli ve çakıllı seviyedir.							10	17	21	38	
2			SPT-2	2.00	2.45								11	17	23	40	
3			SPT-3	3.00	3.45								4	9	11	20	
4			SPT-4	4.00	4.45								7	11	14	25	
5			UD-1	5.00	5.40								Çakılarak alındı				
6			SPT-5	6.00	6.45	5.80m.							23	28	31	>50	
7			SPT-6	7.00	7.24	Kum : Kütlvo - yer yer sarımsı renkte, çok sıkı, ince çakıllı seviyedir.							46	50/9		>50	
8			SPT-7	8.00	8.45								37	41	49	>50	
9			SPT-8	9.00	9.09								50/9			>50	
10			SPT-9	10.00	10.10								50/10			>50	
11			SPT-10	11.00	11.45								29	31	46	>50	
12			SPT-11	12.00	12.09								50/9			>50	
13			SPT-12	13.00	13.39								21	36	50/9	>50	
14			SPT-13	14.00	14.05								50/5			>50	
15			SPT-14	15.00	15.24	15.30m.							47	50/9		>50	

KIVAMLILIK / STIFFNESS			SIKLIK / DENSITY			ORANLAR / PROPORTIONS			KIRIKLAR / 30 cm - FRACTURES / 30 cm		
N = 0 - 2	Çok yumuşak	V.Soft	N = 0 - 4	Çok gevşek	V.Loose	0 - 10	% Pek az	Trace	> 1	Seyrek	Wide
N = 3 - 4	Yumuşak	Soft	N = 5 - 10	Gevşek	Loose	10 - 20	% Az	Little	1 - 3	Orta	Moderate
N = 5 - 8	Orta katı	Medium	N = 11 - 30	Orta sıkı	Medium	20 - 35	% Orta	Adjectives(Ex:sandy)	3 - 10	Sık	Close
N = 9 - 15	Katı	Stiff	N = 31 - 50	Sıkı	Dense	35 - 50	% Çok	And	10 - 20	Çok sık	Intense
N = 15 - 30	Çok katı	V.Stiff	51 - 90	Çok sıkı	V.dense				> 20	Parçalı	Crushed
N > 30	Sert	Hard									

DAYANIKLILIK / STRENGTH		AYRIŞMA / WEATHERING		KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD		KISALTMALAR	
I Çok zayıf	Very weak	AS Tamamen ayrışmış	Completely weathered	0 - 25 % Çok zayıf	Very poor	UD : Örselenmiş Numune	/ Undisturbed Sample
II Zayıf	Weak	AŞ Çok ayrışmış	Highly weathered	25 - 50 % Zayıf	Poor	D : Örselenmiş Numune	/ Disturbed Sample
III Orta zayıf	Medium	AO Orta ayrışmış	Mod. weathered	50 - 75 % Orta	Fair	SPT : Standart Penetrasyon Deneyi	/ Standard Pen Test
IV Oldukça sağlam	Sl.strong	AZ Az ayrışmış	Slightly weathered	75 - 90 % İyi	Good	VST : Vane Deneyi	/ Vane Test
V Sağlam	Strong	Aİ Taze	Fresh	90 - 100 % Çok iyi	Excellent	P : Presiyometre deneyi	/ Pressuremeter Test

Sondaj No / Boring No : K-11
Sayfa No / Sheet No : 1

SONDAJ LOGU / BORING LOG

PROJE ADI / PROJECT NAME :
KOORDİNATLAR / COORDINATES :
SONDAJ KOTU / ELEVATION (m) :
SONDAJ DERİNLİĞİ / BORING DEPTH (m) : 20.00 m.
YERALTISUYU / GROUNDWATER (m) : Yok
MUHAFAZA BORU / CASING SIZE DIŞ ÇAPI / O.D.(mm) : 110 mm.

SONDAJ MAKİNASI / DRILLING RIG : CREALIUS D-909
SONDÖR / FOREMAN :
MÜHENDİS / ENGINEER :
BAŞLAMA TARİHİ / DATE STARTED : 09.07.2008
BİTİŞ TARİHİ / DATE COMPLETED : 09.07.2008

İÇ ÇAPI / I.D. (mm) : 100 mm UZUNLUĞU / LENGTH (m) : 13.00 m.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve % si (CORE % RECOVERY)	R.Q.D. %	NUMUNE NO. (SAMPLE NO.)	NUMUNE DERİNLİĞİ (SAMPLE DEPTH) from to	ZEMİN TANIMLAMASI (SOIL DESCRIPTION)	ZEMİN PROFİLİ (SOIL PROFILE)	DAYANIMLILIK (STRENGTH)	AYRIŞMA (WEATHERING)	KIRIK / 10 cm (FRAC./10 cm)	KÖŞE AÇISI FRIC. ANGLE	SU KAYBI % (UNIT LOSS)	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST Darbe Sayısı: No. of Blows 0-15	15-30	30-45	N_{30}	GRAFİK GRAPH 10 20 30 40 50
0																
1			SPT-1	1.00-1.45	Dolgu : Yerel malzemeden oluşmuş, killi, siltli ve çakıllı seviyeler.							11	14	16	30	
2			SPT-2	2.00-2.45								9	11	19	30	
3			SPT-3	3.00-3.45								4	7	11	18	
4			SPT-4	4.00-4.45								11	19	26	45	
5			SPT-5	5.00-5.45								14	23	38	>50	
6			SPT-6	6.00-6.45								7	9	11	20	
7			UD-1	7.00-7.40								Çekilerek alındı				
8			SPT-7	8.00-8.45								21	33	42	>50	
9			SPT-8	9.00-9.45								19	17	34	>50	
10			SPT-9	10.00-10.45								11	14	20	34	
11			SPT-10	11.00-11.45	10.70m. Kum : Kalkso - yer yer sarımsı renkte, çok sıkı, ince çakıllı seviyeler.							19	27	38	>50	
12			SPT-11	12.00-12.08								50/8			>50	
13			SPT-12	13.00-13.11								50/11			>50	
14			SPT-13	14.00-14.24								34	50/9		>50	
15			SPT-14	15.00-15.13								50/13			>50	

KIVAM DURUMU / STIFFNESS			SIKLIK / DENSITY			DANELER / PROPORTIONS			KIRIKLAR / 30 cm - FRACTURES / 30 cm		
N = 0 - 2	Çok yumuşak	V.Soft	N = 0 - 4	Çok gevşek	V.loose	0 - 10 % Pek az	Trace		> 1	Seyrek	Wide (W)
N = 3 - 4	Yumuşak	Soft	N = 5 - 10	Gevşek	Loose	10 - 20 % Az	Little		1 - 2	Orta	Medium (M)
N = 5 - 8	Orta Katı	M.Stiff	N = 11 - 30	Orta sıkı	Medium	20 - 35 % Orta	Adjective(Or some)		2 - 10	Sık	Close (C)
N = 9 - 15	Katı	Stiff	N = 31 - 50	Sıkı	Dense	35 - 50 % Çok	And		10 - 20	Çok sık	Intense (I)
N = 16 - 30	Çok katı	V.Stiff	N > 50	Çok sıkı	V.dense				> 20	Parçalı	Crushed (CO)
N > 30	Sert	Hard									

DAYANIMLILIK / STRENGTH			AYRIŞMA / WEATHERING			KAYA KALİTESİ TANIMI / ROD.			KISALTMALAR	
I	Çok zayıf	Very weak	W5	Tamamen Ayrışmış	Completely weathered	0 - 25	% Çok zayıf	Very poor	UD	: Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample
II	Zayıf	Weak	W4	Çok ayrışmış	Highly weathered	25 - 50	% Zayıf	Poor	D	: Örselenmiş Numune / Disturbed Sample
III	Orta zayıf	M.weak	W3	Orta ayrışmış	Mod. weathered	50 - 75	% Orta	Fair	SPT	: Standart Penetrasyon Deneyi / Standart Pen Test
IV	Orta dayanımlı	M.strong	W2	Az ayrışmış	Slightly weathered	75 - 90	% İyi	Good	VST	: Vane Deneyi / Vane Test
V	Dayanımlı	Strong	W1	Taze	Fresh	90 - 100	% Çok iyi	Excellent	P	: Penetrometre deneyi / Pressuremeter Test

Sondaj No /Boring No. : K-11

Sayfa No / Sheet No. : 2

Proje / Project :

DERİNLİK (DEPTH (m))	KAROT % (CORE % RECOVERY)	R.Q.D. %	NUMUNE NO. (SAMPLE NO.)	NUMUNE DERİNLİĞİ (SAMPLE DEPTH.) from / to	ZEMİN TANIMLAMASI (SOIL DESCRIPTION)	ZEMİN PROFİLİ (SOIL PROFILE)	DAYANIKLILIK (STRENGTH)	AYRIŞMA (WEATHERING)	KIRIK / 30 cm (FRAC./30 cm)	KIRIK AÇISI (FRAC. ANGLE)	SU KAYBI % (WATER LOSS)	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST: Darbe Sayısı No. of Blows 0-15 / 15-20 / 30-45	N_{30}	GRAFİK GRAPH 10 20 30 40 50
15			SPT-15	16.00-16.23	Bunu : Kahve - yer yer sarımsı renkte, çok sıkı, ince çakıllı siltlidir.							27 / 50/8	>50	
17			SPT-16	17.00-17.09								50/9	>50	
18			SPT-17	18.00-18.05								50/5	>50	
19			SPT-18	19.00-19.23								44 / 50/8	>50	
20			SPT-19	20.00-20.10	20.00m.							50/10	>50	
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														

Sondaj No / Boring No : K-12
Sayfa No / Sheet No : 1

SONDAJ LOGU / BORING LOG

PROJE ADI / PROJECT NAME :
KOORDİNATLAR / COORDINATES :
SONDAJ KOTU / ELEVATION (m) :
SONDAJ DERİNLİĞİ / BORING DEPTH (m) : 20.00 m.
YERALTISUYU / GROUNDWATER (m) : Yok
MUHAFAZA BORU / CASING SIZE DIŞ ÇAPI / O.D.(mm) : 110 mm.

SONDAJ MAKİNASI / DRILLING RIG : CREALIUS D-900
SONDÖR / FOREMAN :
MÜHENDİS / ENGINEER :
BAŞLAMA TARİHİ / DATE STARTED : 07.07.2003
BİTİŞ TARİHİ / DATE COMPLETED : 08.07.2003

İÇ ÇAPI / I.D. (mm) : 100 mm UZUNLUĞU / LENGTH (m) : 12.00 m.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve % RECOVERY	R.Q.D. %	NUMUNE NO. (SAMPLE NO.)	NUMUNE DERİNLİĞİ (SAMPLE DEPTH) from / to	ZEMİN TANIMLAMASI (SOIL DESCRIPTION)	ZEMİN PROFİLİ (SOIL PROFILE)	DAYANIKLILIK (STRENGTH)	AYRIŞMA (WEATHERING)	KIRIK / 30 cm (FRAC./30 cm.)	KIRIK AÇISI FRAC. ANGLE	SU KAYBI % (WAT. LOSS)	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST: Darbe Sayısı No. of Blows 0-15 / 15-30 / 30-45	N_{30}	GRAFİK GRAPH 10 20 30 40 50
1			SPT-1	1.00-1.45	Dolgu : Yerel malzemeden oluşmuş, killi, silti ve çakıllı seviyedir.							14 / 17 / 23	40	
2			SPT-2	2.00-2.45								18 / 23 / 29	>50	
3			SPT-3	3.00-3.45								11 / 19 / 28	47	
4			SPT-4	4.00-4.45								10 / 15 / 19	34	
5			SPT-5	5.00-5.45								6 / 11 / 13	24	
6			UD-1	6.00-6.40								Çakılarak alındı		
7			SPT-6	7.00-7.45								5 / 7 / 7	14	
8			SPT-7	8.00-8.45								19 / 27 / 41	>50	
9			SPT-8	9.00-9.45								7 / 15 / 19	34	
10			UD-2	10.00-10.30								Çakılarak alındı		
11			SPT-9	11.00-11.45								8 / 7 / 10	17	
12			SPT-10	12.00-12.45								10 / 14 / 16	30	
13			SPT-11	13.00-13.45	13.00m.							27 / 38 / 44	>50	
14			SPT-12	14.00-14.09	Kum : Kahve - yer yer sarımsı renkte, çok sıkı, ince çakıllı seviyedir.							50/9	>50	
15			SPT-13	15.00-15.04								50/4	>50	

KIVAM DURUMU / STIFFNESS

N = 0 - 2	Çok yumuşak	V.Soft
N = 3 - 4	Yumuşak	Soft
N = 5 - 8	Orta Kıvrı	M.Stiff
N = 9 - 15	Katı	Stiff
N = 16 - 30	Çok katı	V.stiff
N > 30	Sert	Hard

SIKILIK / DENSITY

N = 0 - 4	Çok gevşek	V.loose
N = 5 - 10	Gevşek	Loose
N = 11 - 30	Orta sıkı	M.dense
N = 31 - 50	Sıkı	Dense
N > 50	Çok sıkı	V.dense

ÇINLAR / PROPORTIONS

0 - 10	% Pek az	Trace
10 - 20	% Az	Little
20 - 35	% Biraz	Adjective(Or some)
35 - 50	% Çok	And

KIRIKLAR / 30 cm - FRACTURES / 30 cm.

> 1	Seyrek	Wide	(W)
1 - 2	Orta	Moderate	(M)
2 - 10	Sık	Close	(CI)
10 - 20	Çok sık	Intense	(I)
> 20	Parçalı	Crushed	(Cr)

DAYANIMLILIK / STRENGTH

I	Çok zayıf	Very weak
II	Zayıf	Weak
III	Orta dayanımlı	M.weak
IV	Orta dayanımlı	M.strong
V	Dayanımlı	Strong

AYRIŞMA / WEATHERING

W5	Tamamen ayrışmış	Completely weathered
W4	Çok ayrışmış	Highly weathered
W3	Orta ayrışmış	Mod. weathered
W2	Az ayrışmış	Slightly weathered
W1	Taze	Fresh

KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD.

0 - 25	% Çok zayıf	Very poor
25 - 50	% Zayıf	Poor
50 - 75	% Orta	Fair
75 - 90	%İyi	Good
90 -100	%Çok iyi	Excellent

KISALTMALAR

UD	: Örselenmemiş Numune	/ Undisturbed Sample
D	: Örselenmiş Numune	/ Disturbed Sample
SPT	: Standart Penetrasyon Deneyi	/ Standart Pen. Test
VST	: Vane Deneyi	/ Vane Test
P	: Presiyometre deneyi	/ Pressuremeter Test

Sondaj No /Boring No. : K-12

Sayfa No / Sheet No. : 2

Proje / Project :

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT % (CORE % RECOVERY)	R.Q.D %	NUMUNE NO. (SAMPLE NO.)	NUMUNE DERİNLİĞİ (SAMPLE DEPTH.) from to	ZEMİN TANIMLAMASI (SOIL DESCRIPTION)	ZEMİN PROFİLİ (SOIL PROFILE)	DAYANIKLILIK (STRENGTH)	AYRIŞMA (WEATHERING)	KIRIK (FRAC.) (30 cm.)	KIRIK AÇISI (FRAC. ANGLE)	SU KAYBI % (WATER LOSS)	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST				
												Darbe Sayısı No. of Blows			N_{30}	GRAFİK GRAPH
												0-15	15-30	30-45		10 20 30 40 50
16			SPT-14	16.00-16.09	Kum : Kahve - yer yer sarımsı renkte, çok sıkı, ince çakıllı seviyelidir.							50/9			>50	
17			SPT-15	17.00-17.11								50/11			>50	
18			SPT-16	18.00-18.45								27	39	44	>50	
19			SPT-17	19.00-19.07								50/7			>50	
20			SPT-18	20.00-20.13	20.00m.							50/13			>50	
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																

YER :	KUYU NO : BH6
EKİPMAN : GMS-300	ZEMİN KOTU : 174.30 m.
SONDAJ YÖNTEMİ : ROTARY : 0.00-15.05m arası.	KOORD. : N : E :
KUYU ÇAPI : 0.00-4.50m arası - 89mm. 4.50-15.05m arası - 76mm.	BAŞLANGIÇ : 13.05.2008 BİTİŞ : 14.05.2008

NUMUNE VE YERİNDE DENEY.		S.P.T. darbe sayısı					Muh. Drn. (m)	Y.A.S. Drn. (m)	TCR %	RQD %	SCR %	Drn. (m)	ZEMİN CİNSİ	KOT (m)	LEJAND
Drn. (M)	TİP	15	7.5	7.5	7.5	7.5	Tarih								
							13.05.20								
0.50	D1	5		7		7									
0.95				N = 14											
1.50	D2	8		8		9									
1.95				N = 17											
3.00	D3	5		7		9									
3.45				N = 16											
							4.50								
4.50	D4	5		4		4									
4.95				N = 8									Dolgu zemin		
													(kil boyutlardan çakıl boyutuna kadar malzeme içermektedir)		
6.00	D5	7		7		7									
6.45				N = 14									Made ground		
													(contains from clay size to gravel size material)		
7.50	D6	5		5		8									
7.95				N = 13											
9.00	D7	8		4		9									
9.45				N = 13											
10.50	D8	9		12		15									
10.95				N = 27											
												11.50		162.80	
12.00	D9	50/7		-		-							Çok sıkı, krem - kahverengi, ince - orta çakıllı KUM		
12.07													(arena)		
13.50	D10	50/5		-		-							Very dense, cream - brown coloured, fine to medium gravelly SAND		
13.55													(arena)		
15.00	D11	50/5		-		-						15.05	SONDAJ BİTİMİ	159.25	
15.05															

NOTLAR : Yeraltı su seviyesine rastlanılmamıştır.

SONDÖR :

YER :

KUYU NO : BH7

EKİPMAN : GMS-300

ZEMİN KOTU : 175.50 m.

SONDAJ YÖNTEMİ : ROTARY : 0.00-15.05m arası

KOORD. : N : E :

KUYU ÇAPI : 0.00-4.50m arası - 98mm.
4.50-15.05m arası - 76mm.

BAŞLANGIÇ : 12.05.2008 BİTİŞ : 13.05.2008

NUMUNE VE YERİNDE DENEY		S.P.T. darbe sayısı					Muh. Drn. (m) Tarih	Y.A.S. Drn. (m)	TCR %	RQD %	SCR %	Drn. (m)	ZEMİN CİNSİ	KOT (m)	LEJAND
Drn. (M)	TİP	15	7.5	7.5	7.5	7.5	12.05.20								
0.50	D1	4		4		5									
0.95				N = 9											
1.50	D2	5		6		8							Dolgu zemin		
1.95				N = 14									(kil boyutundan çakıl boyutuna kadar malzeme içermektedir)		
3.00	D3	7		9		10							Made ground		
3.45				N = 23									(consist from clay size to gravel size material)		
4.50	D4	8		14		25	4.50								
4.95				N = 39								5.50		170.00	
6.00	D5	22		26		21									
6.45				N = 47											
7.50	D6	25		31		50/3									
7.63															
9.00	D7	50/10		-		-							Çok sıkı, sarı - kahverenkli, ince - orta yer yer iri çakıllı KUM		
9.15													(Arena)		
10.50	D8	50/10		-		-							Very dense, yellow - brown coloured, fine to medium occasionally coarse gravelly SAND		
10.60													(Arena)		
12.00	D9	47		50/10		-									
12.25															
13.50	D10	50/10		-		-									
13.60															
15.00	D11	50/5		-		-						15.05	SONDAJ BİTİMİ	160.45	
15.05															

NOTLAR : Yeraltı su seviyesine rastlanılmamıştır.

SONDÖR :

YER :

KUYU NO : BH8

EKİPMAN : GMS-300

ZEMİN KOTU : 177.25 m.

SONDAJ YÖNTEMİ : ROTARY : 0.00-15.07m arası.

KOORD. : N : E :

KUYU ÇAPI : 0.00-1.50m arası = 89mm.
1.50-15.07m arası = 76mm.

BAŞLANGIÇ : 12.05.2008 BİTİŞ : 12.05.2008

NUMUNE VE YERİNDE DENEY.		S.P.T. darbe sayısı					Muh. Drn. (m) Tarih	Y.A.S. Drn. (m)	TCR %	RQD %	SCR %	Drn. (m)	ZEMİN CİNSİ	KOT (m)	LEJAND
Drn. (M)	TİP	15	7.5	7.5	7.5	7.5	12.05.20								
1.50 1.90	D1	22		46		50/10	1.50								
3.00 3.05	D2	50/5		-		-									
4.50 4.58	D3	50/8		-		-									
6.00 6.09	D4	50/9		-		-									
7.50 7.57	D5	50/7		-		-							Çok sıkı, krem - kahverenkli, yer yer ince çakıllı KUM (arena) Very dense, cream - brown coloured, occasionally coarse gravelly SAND (arena)		
9.00 9.07	D6	50/7		-		-									
10.50 10.55	D7	50/5		-		-									
12.00 12.06	D8	50/6		-		-									
13.50 13.57	D9	50/7		-		-									
15.00 15.07	D10	50/7		-		-						15.07	SONDAJ BİTİMİ	162.18	

NOTLAR : Yeraltı su seviyesine rastlanılmamıştır.

SONDÖR :

YER :	KUYU NO : BH-1
EKİPMAN : GMS-300	ZEMİN KOTU : 173.75 m.
SONDAJ YÖNTEMİ : ROTARY : 0.00-18.05m arası.	KOORD. : N : E :
KUYU ÇAPI : 0.00-3.00m arası - 89mm. 3.00-18.05m arası - 76mm.	BAŞLANGIÇ : 12.05.2008 BİTİŞ : 13.05.2008

NUMUNE VE YERİNDE DENEY.		S.P.T. darbe sayısı					Muh. Drn. (m)	Y.A.S. Drn.	TCR	ROD	SCR	Drn.	ZEMİN CİNSİ	KOT	LEJAND
Drn. (M)	TİP	15	7.5	7.5	7.5	7.5	Terih	(m)	%	%	%	(m)		(m)	
							12.05.20								
0.50	D1	12		15		19									
0.95				N = 34											
1.50	D2	14		22		24									
1.95				N = 46											
							3.00								
3.00	D3	8		7		6									
3.45				N = 13											
4.50	D4	12		16		21									
4.95				N = 37											
6.00	D5	10		2		3							Dolgu zemin		
6.45				N = 5									(kil boyutundan çakıl boyutuna kadar malzeme içermektedir)		
7.50	D6	7		10		12							Made ground		
7.95				N = 22									(contains from clay size to gravel size material)		
9.00	D7	14		20		25									
9.45				N = 45											
10.50	D8	7		8		5									
10.95				N = 21											
12.00	D9	5		6		8									
12.45				N = 14											
13.50	D10	50/10		-		-						13.50		160.25	
13.60															
													Çok sıkı, krem - kahverenkli, ince orta çakıllı KUM		
15.00	D11	50/7		-		-							(arena)		
15.07															
													Very dense, cream - brown coloured, fine to medium gravelly SAND		
16.50	D12	50/10		-		-							(arena)		
16.60															
18.00	D13	50/5		-		-						18.35	SONDAJ BİTİMİ	155.70	
18.05															

NOTLAR : Yeraltı su seviyesine rastlanılmamıştır.

SONDÖR :

YER :		OFFSET :	KUYU NO : BH12
EKİPMAN : GMS-300			ZEMİN KOTU : 175.50 m.
SONDAJ YÖNTEMİ : ROTARY : 0.00-15.00m arası.		KOORD. : N :	E :
KUYU ÇAPI : 0.00-3.00m arası - 114mm. 3.00-15.00m arası - 96mm.		BAŞLANGIÇ : 13.05.2008	BİTİŞ : 13.05.2008

NUMUNE VE YERINDE DENEY.		S.P.T. darbe sayısı				Muh. Drn. (m) Tarih	Y.A.S. Drn. (m)	TCR %	RQD %	SCR %	Drn. (m)	ZEMİN CİNSİ	KOT (m)	LEJAND
Drn. (M)	TİP	15	7.5	7.5	7.5	7.5								
							13.05.20							
0.50	D1	7		10		9								
0.95				N = 19										
1.50	D2	7		4		5						Dolgu zemin		
1.75				N = 9								(İki boyutundan çakıl boyutuna kadar malzeme içermektedir)		
3.00	D3	2		3		6						Made ground		
3.45				N = 9								(consist from clay size to gravel size material)		
							4.50							
4.50	D4	5		8		8								
4.95				N = 16										
											6.60		170.90	
6.00	D5	15		15		32								
6.45				N = 47										
7.50	D6	13		18		21								
7.95				N = 39										
9.00	D7	18		28		32								
9.45				N = 57								Çok sıkı, krem - kahverenkli, ince - orta çakıllı KUM		
												(arena)		
10.50	D8	50/13		-		-						Very dense, cream - brown coloured, fine to medium gravelly SAND		
10.93												(arena)		
12.00	D9	50/9		-		-								
12.09														
13.50	D10	50/13		-		-								
13.93														
											15.06		160.44	
15.00	D11	50/8		-		-						SONDAJ BİTİKİ		
15.08														

NOTLAR : Yeraltı su seviyesine rastlanmamıştır.

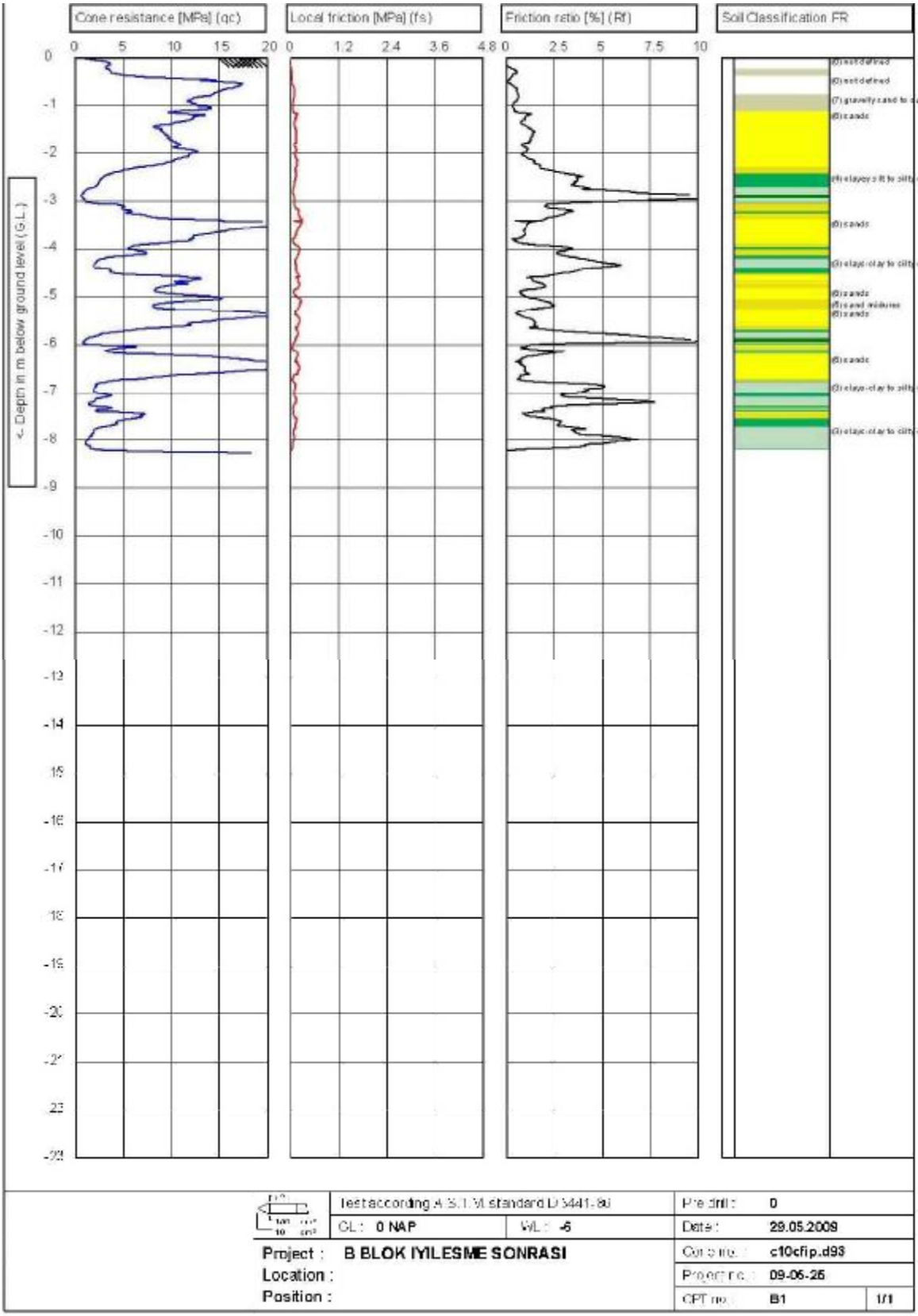
SONDÖR :

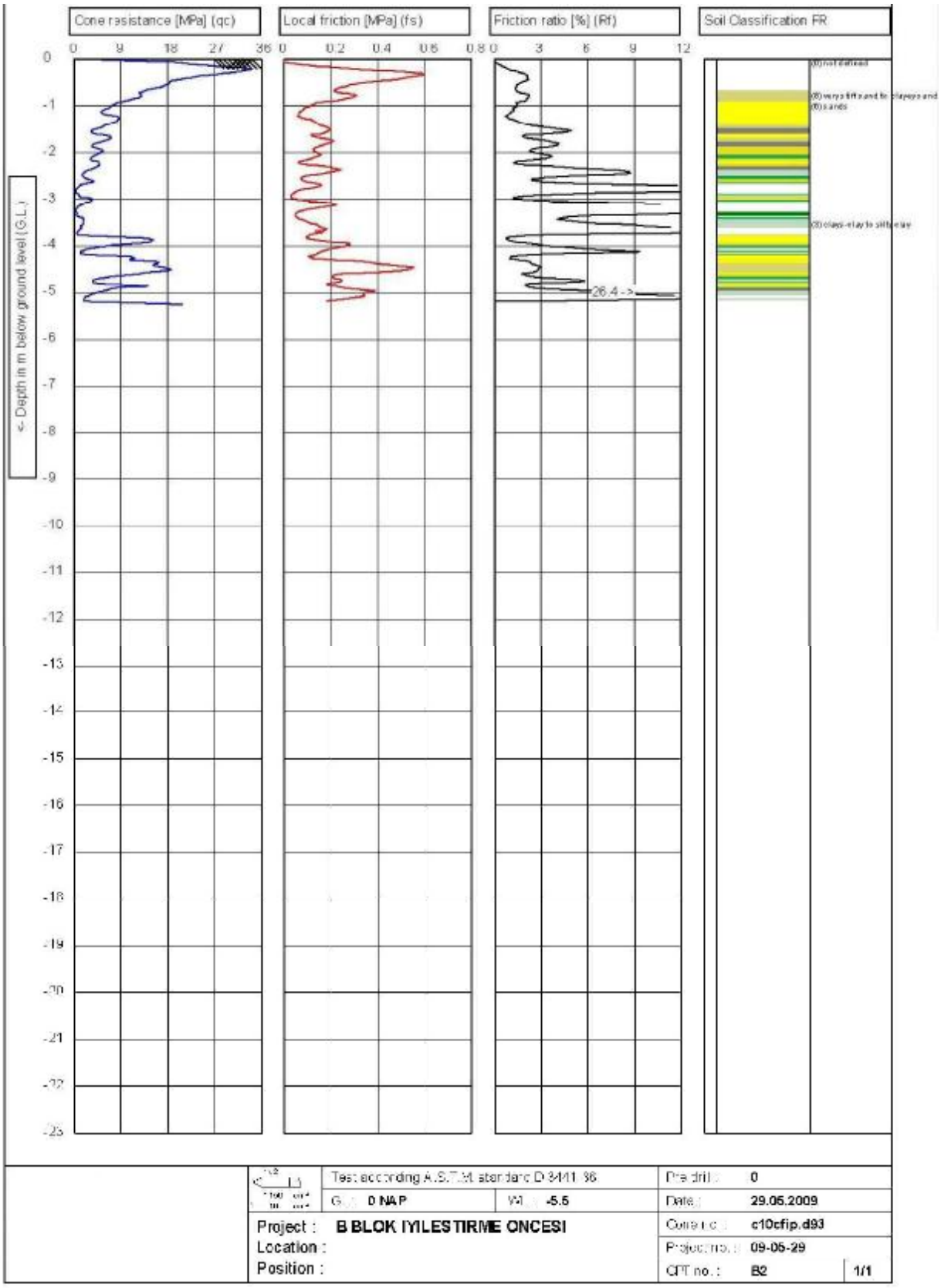
EK-3 : Düzeltilmiş Dinamik Kompaksiyon SPT Değerleri

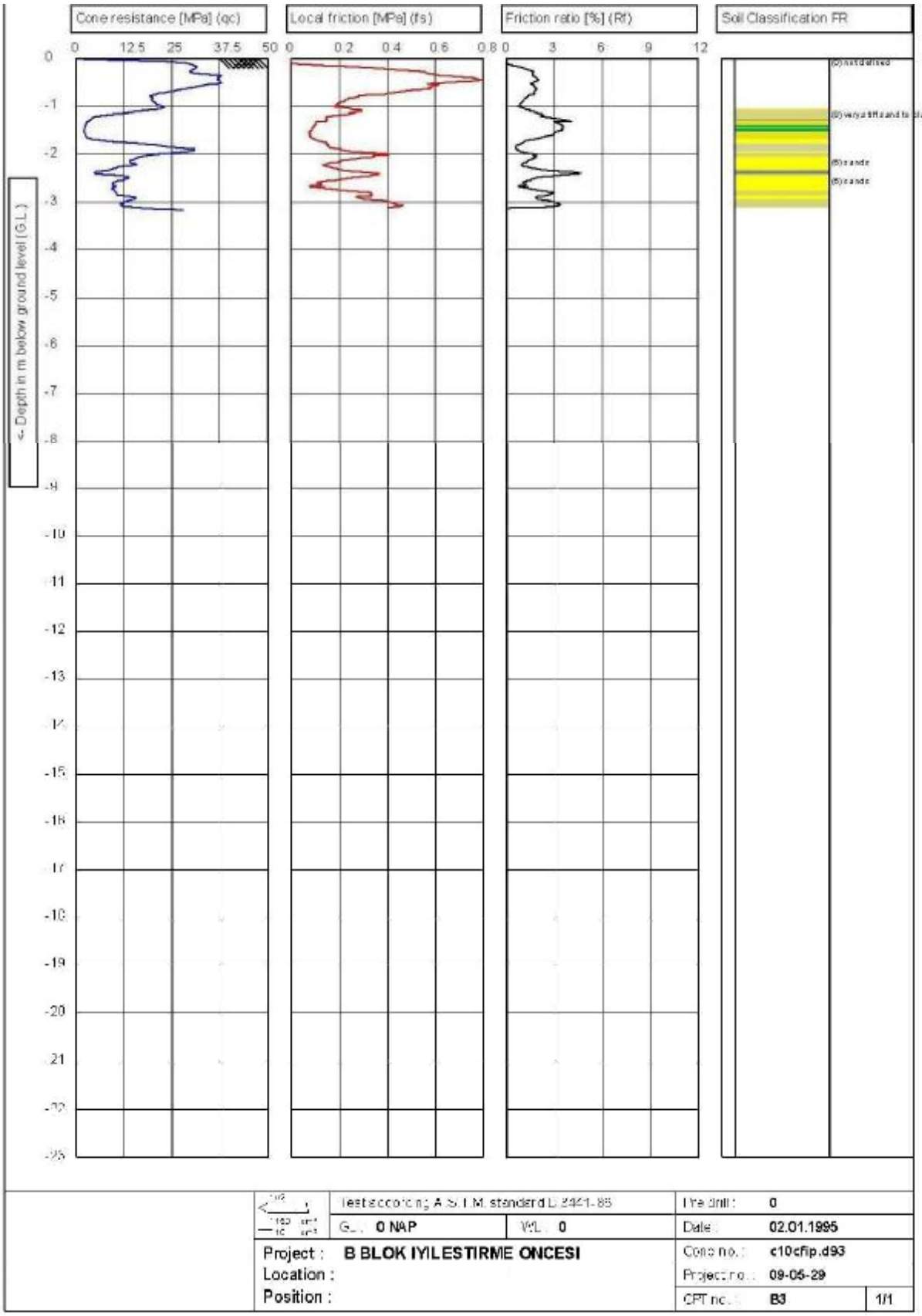
SPT No	Derinlik	N_{30}	C_N	N_1	N_{60}	N_{70}	$N_{1,60}$	σ'_{vo} (kg/cm^2)
SK-7	1,50	61	1,92	117	46	39	88	0,27
SK-7	3,00	62	1,36	84	47	40	63	0,54
SK-7	4,50	57	1,11	63	43	37	48	0,81
SK-7	6,00	47	0,96	45	35	30	34	1,08
SK-7	7,50	26	0,86	22	20	17	17	1,35
SK-7	9,00	27	0,80	22	20	17	16	1,572
SK-7	10,50	R	-	-	-	-	-	-
SK-8	1,50	12	1,92	23	9	8	17	0,27
SK-8	3,00	26	1,36	35	20	17	27	0,54
SK-8	4,50	30	1,11	33	23	19	25	0,81
SK-8	6,00	35	0,99	35	26	23	26	1,016
SK-8	7,50	39	0,93	36	29	25	27	1,166
SK-8	9,00	34	0,87	30	26	22	22	1,316
SK-8	10,50	R	-	-	-	-	-	-
KK-9	1,00	31	2,36	73	23	20	55	0,18
KK-9	2,00	16	1,67	27	12	10	20	0,36
KK-9	4,00	43	1,18	51	32	28	38	0,72
KK-9	5,00	60	1,05	63	45	39	47	0,906
KK-9	6,00	R	-	-	-	-	-	-
KK-10	1,00	38	2,36	90	29	24	67	0,18
KK-10	2,00	40	1,67	67	30	26	50	0,36
KK-10	3,00	20	1,36	27	15	13	20	0,54
KK-10	4,00	25	1,18	29	19	16	22	0,72
KK-10	6,00	60	0,96	58	45	39	43	1,081
KK-10	8,00	90	0,83	74	68	58	56	1,461
KK-10	9,00	R	-	-	-	-	-	-
KK-11	1,00	30	2,36	71	23	19	53	0,18
KK-11	2,00	30	1,67	50	23	19	38	0,36
KK-11	3,00	18	1,36	24	14	12	18	0,54
KK-11	4,00	45	1,18	53	34	29	40	0,72
KK-11	5,00	61	1,05	64	46	39	48	0,9
KK-11	6,00	20	0,96	19	15	13	14	1,08
KK-11	8,00	75	0,83	63	56	48	47	1,44
KK-11	9,00	51	0,79	40	38	33	30	1,62
KK-11	10,00	34	0,75	25	26	22	19	1,8
KK-11	11,00	63	0,67	42	47	41	32	1,983
KK-11	12,00	R	-	-	-	-	-	-
KK-12	1,00	40	2,36	94	30	26	71	0,18
KK-12	2,00	52	1,67	87	39	33	65	0,36
KK-12	3,00	47	1,36	64	35	30	48	0,54
KK-12	4,00	34	1,18	40	26	22	30	0,72
KK-12	5,00	24	1,05	25	18	15	19	0,9

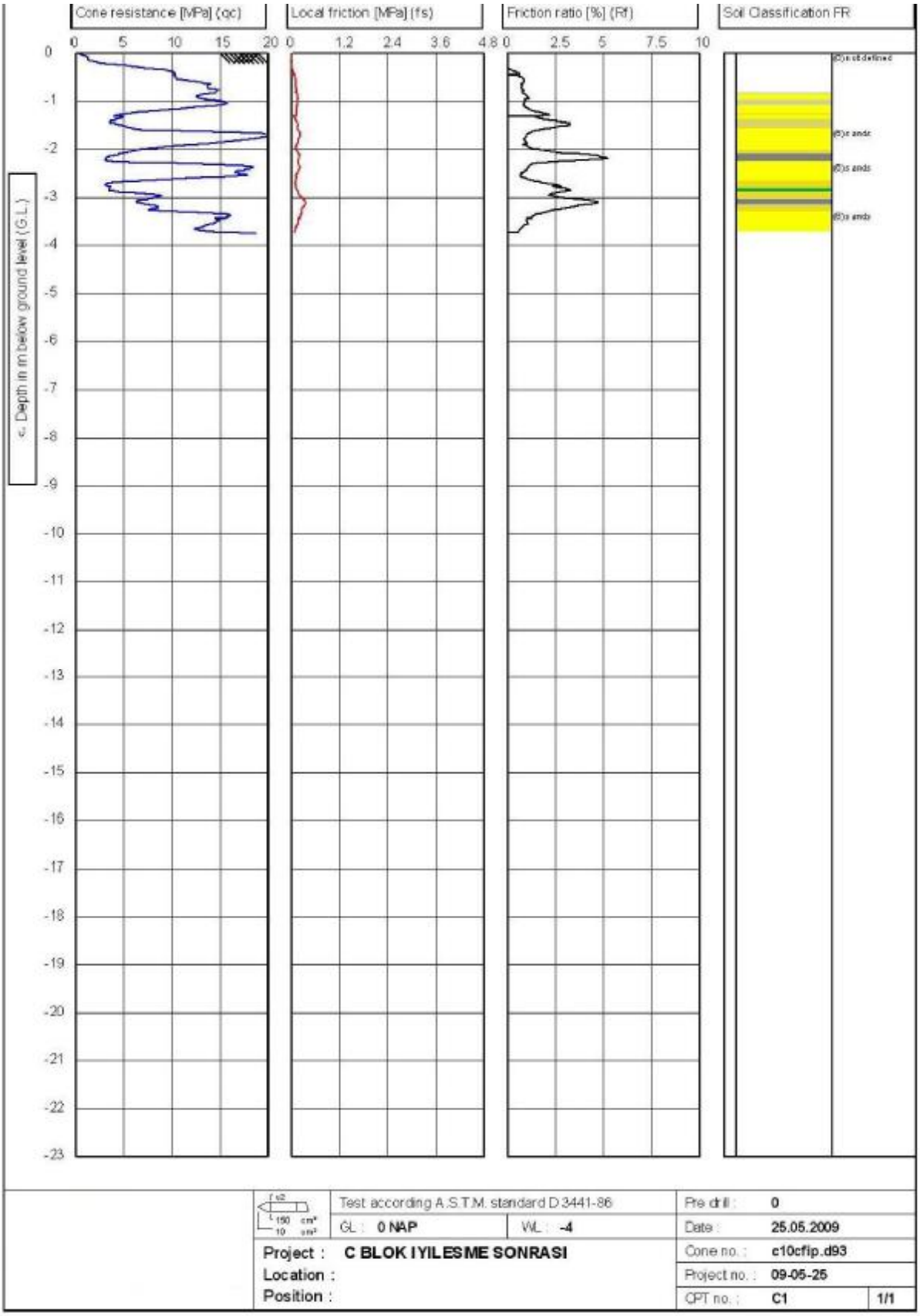
SPT No	Derinlik	N_{30}	C_N	N_1	N_{60}	N_{70}	$N_{1,60}$	σ'_{vo} (kg/cm^2)
KK-12	7,00	14	0,89	12	11	9	9	1,26
KK-12	8,00	68	0,83	57	51	44	43	1,44
KK-12	9,00	34	0,79	27	26	22	20	1,62
KK-12	11,00	17	0,71	12	13	11	9	1,98
KK-12	12,00	30	0,68	20	23	19	15	2,16
KK-12	13,00	82	0,65	54	62	53	40	2,34
KK-12	14,00	R	-	-	-	-	-	-
BH-6	0,50	14	3,33	47	11	9	35	0,09
BH-6	1,50	17	1,92	33	13	11	25	0,27
BH-6	3,00	16	1,36	22	12	10	16	0,54
BH-6	4,50	8	1,11	9	6	5	7	0,81
BH-6	6,00	14	0,96	13	11	9	10	1,08
BH-6	7,50	13	0,86	11	10	8	8	1,35
BH-6	9,00	13	0,79	10	10	8	8	1,62
BH-6	10,50	27	0,73	20	20	17	15	1,89
BH-6	12,00	R	-	-	-	-	-	-
BH-7	0,50	9	3,33	30	7	6	23	0,09
BH-7	1,50	14	1,92	27	11	9	20	0,27
BH-7	3,00	23	1,36	31	17	15	23	0,54
BH-7	4,50	39	1,11	43	29	25	33	0,81
BH-7	6,00	47	0,96	45	35	30	34	1,085
BH-7	7,50	R	-	-	-	-	-	-
BH-8	1,50	R	-	-	-	-	-	-
BH-8	3,00	R	-	-	-	-	-	-
BH-11	0,50	33	3,33	110	25	21	83	0,09
BH-11	1,50	46	1,92	89	35	30	66	0,27
BH-11	3,00	13	1,36	18	10	8	13	0,54
BH-11	4,50	37	1,11	41	28	24	31	0,81
BH-11	6,00	5	0,96	5	4	3	4	1,08
BH-11	7,50	22	0,86	19	17	14	14	1,35
BH-11	9,00	45	0,79	35	34	29	27	1,62
BH-11	10,50	11	0,73	8	8	7	6	1,89
BH-11	12,00	14	0,68	10	11	9	7	2,16
BH-11	13,50	R	-	-	-	-	-	-
BH-12	0,50	19	3,33	63	14	12	48	0,09
BH-12	1,50	9	1,92	17	7	6	13	0,27
BH-12	3,00	9	1,36	12	7	6	9	0,54
BH-12	4,50	16	1,11	18	12	10	13	0,81
BH-12	6,00	47	0,96	45	35	30	34	1,085
BH-12	7,50	30	0,85	26	23	19	19	1,37
BH-12	9,00	57	0,78	44	43	37	33	1,655
BH-12	10,50	R	-	-	-	-	-	-

EK-4 : CPT Logları


Cone resistance [MPa] (qc)
Local friction [MPa] (fs)
Friction ratio [%] (Rf)
Soil Classification FR
0 5 10 15 20
0 1.2 2.4 3.6 4.8
0 2.5 5 7.5 10
<- Depth in m below ground level (G.L.)
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
-9
-10
-11
-12
-13
-14
-15
-16
-17
-18
-19
-20
-21
-22
test according A.S.T.M. standard D 3441-86
CL : 0 NAP
WL : -6
Project : B BLOK IYILESME SONRASI
Location :
Position :
Pre drill : 0
Date : 29.05.2009
Cone no. : c10cfip.d93
Project no. : 09-05-25
CPT no. : B1
1/1


Cone resistance [MPa] (qc)
Local friction [MPa] (fs)
Friction ratio [%] (Rf)
Soil Classification FR
0 9 18 27 36
0 0.2 0.4 0.6 0.8
0 3 6 9 12
<- Depth in m below ground level (G.L.)
0 -1 -2 -3 -4 -5 -6 -7 -8 -9 -10 -11 -12 -13 -14 -15 -16 -17 -18 -19 -20 -21 -22 -23
26.4 ->
Test according A.S.T.M. standard D 3441 86
G.L.: 0 NAP
W.L.: -5.5
Pre drill: 0
Date: 29.06.2009
Cone no.: c10cfip.d93
Project no.: 09-05-29
CPT no.: B2
1/1
Project : B BLOK İYİLESTİRME ONCESİ
Location :
Position :


Cone resistance [MPa] (qc)
Local friction [MPa] (fs)
Friction ratio [%] (Rf)
Soil Classification FR
0 12.5 25 37.5 50
0 0.2 0.4 0.6 0.8
0 3 6 9 12
<- Depth in m below ground level (G.L.)
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
-9
-10
-11
-12
-13
-15
-16
-19
-20
21
(5) sands
(5) sands
Test according to A.S.T.M. standard D 3441-85
G.L.: 0 NAP
W.L.: 0
Type drill: 0
Date: 02.01.1995
Project: B BLOK IYILESTIRME ONCESI
Location:
Position:
Cone no.: c10cfip.d93
Project no.: 09-05-29
CPT no.: B3
1/1


Cone resistance [MPa] (qc)
Local friction [MPa] (fs)
Friction ratio [%] (Rf)
Soil Classification FR
0 5 10 15 20
0 1.2 2.4 3.6 4.8
0 2.5 5 7.5 10
Depth in m below ground level (G.L.)
0 -1 -2 -3 -4 -5 -6 -7 -8 -9 -10 -11 -12 -13 -14 -15 -16 -17 -18 -19 -20 -21 -22 -23
Test according A.S.T.M. standard D 3441-86
GL : 0 NAP
WL : -4
Project : C BLOK IYILESME SONRASI
Location :
Position :
Pre drill : 0
Date : 25.05.2009
Cone no. : c10cfip.d93
Project no. : 09-05-25
CPT no. : C1
1/1

EK-5 : Laboratuvar Deney Föyleri

DANE BOYU DAĞILIMI (Elek Analizi) DENEY SONUÇLARI / *GRAIN-SIZE ANALYSIS TEST RESULTS*

Müşteri Adı / *Customer's Name* :

Num.Alındığı Yer / *Project/Location* :

Sondaj-Num. No / *Boring/Sample No* : **BH-6/D9**

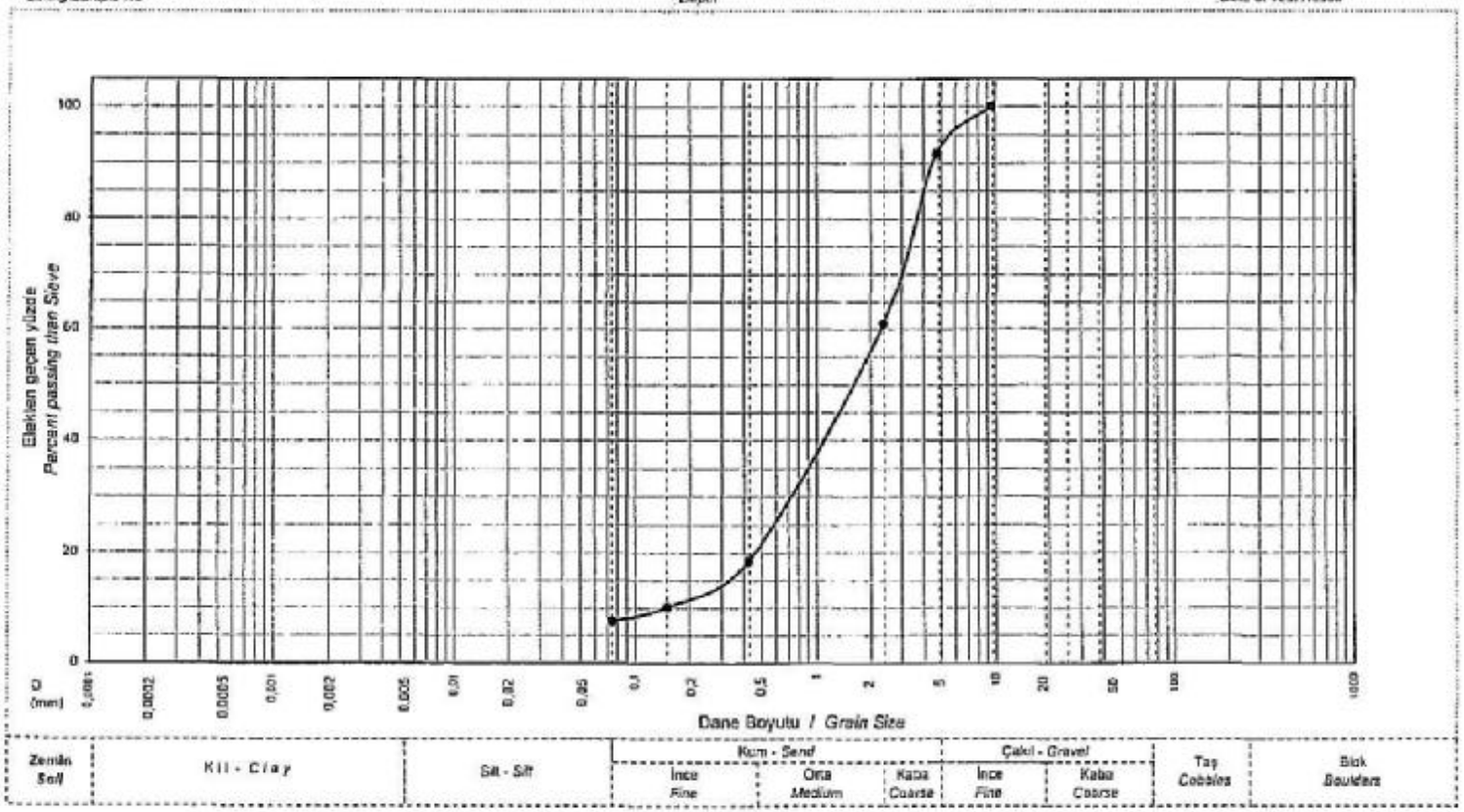
Laboratuvar No / *Laboratory No* :

Derinlik (m) / *Depth* : **12,00-12,07**

Num.Kabul Tarihi / *Date of Samp. Accept* : **08,05,2008**

Deney Tarihi / *Date of Test* : **09,05,2008**

Deney Rapor Tarihi / *Date of Test Result* : **10,05,2008**



Elek No / Sieve No	Elek Göz / Sieve Dia	Geçen % / Passing %
3 in.	75	100,00
2 in.	50	100,00
1.1/2 in.	37,5	100,00
1 in.	25	100,00
3/4 in.	19	100,00
3/8 in.	9,5	100,00
No 4	4,75	91,77
No 8	2,36	80,93
No 40	0,425	18,44
No 100	0,15	10,08
No 200	0,075	7,56

D_{10} (mm)	D_{30} (mm)	D_{60} (mm)
0,15	**0,68**	**2,28**

Üniformluk Katsayısı / *Coefficient of Uniformity* (Cu)	**3,36**
Süreklilik Katsayısı / *Coefficient of Curvature* (Cc)	**1,38**

Deneyi Yapan / *Tested By*

DANE BOYU DAĞILIMI (Elek Analizi) DENEY SONUÇLARI / *GRAIN-SIZE ANALYSIS TEST RESULTS*

Müşteri Adı / *Customer's Name* :

Num.Alındığı Yer / *Project/Location* :

Sondaj-Num. No / *Boring\Sample No* : **BH-7/D5**

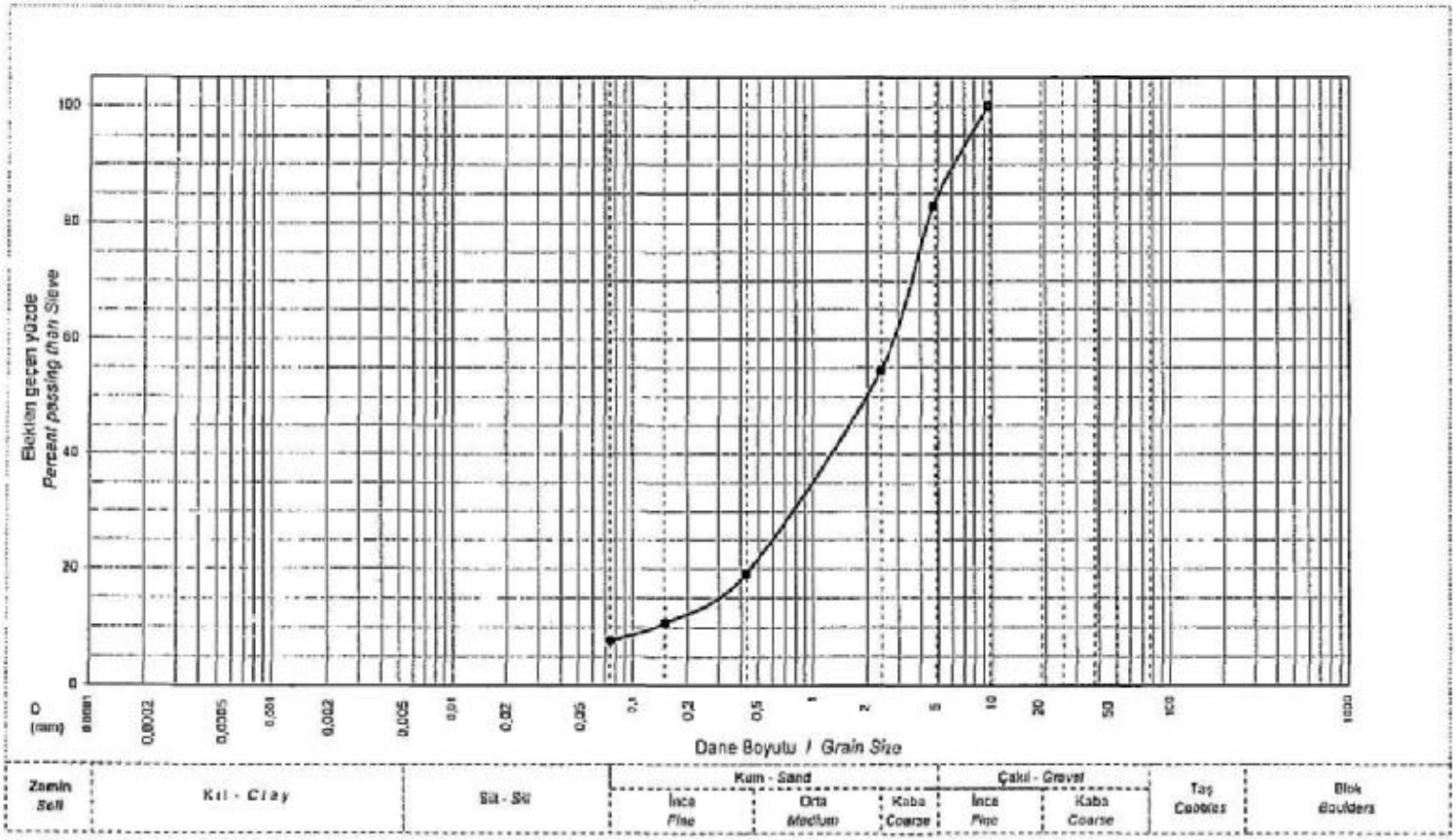
Laboratuvar No / *Laboratory No* :

Derinlik (m) / *Depth* : **6,00-6,45**

Num.Kabul Tarihi / *Date of Samp. Accept* : **08,05,2008**

Deney Tarihi / *Date of Test* : **09,05,2008**

Deney Rapor Tarihi / *Date of Test Result* : **10,05,2008**



Elek No Sieve No	Elek Çapı Sieve Dia	Geçen % Passing %
3 in.	75	100,00
2 in.	50	100,00
1.1/2 in.	37,5	100,00
1 in.	25	100,00
3/4 in.	19	100,00
3/8 in.	9,5	100,00
No 4	4,75	92,73
No 8	2,36	84,45
No 40	0,425	19,18
No 100	0,15	10,68
No 200	0,075	7,70

D_{10} (mm)	D_{30} (mm)	D_{60} (mm)
0,13	0,72	2,71

Uniformluk Katsayısı *Coefficient of Uniformity* (Cu)	3,75
Süreklilik Katsayısı *Coefficient of Curvature* (Cr)	1,50

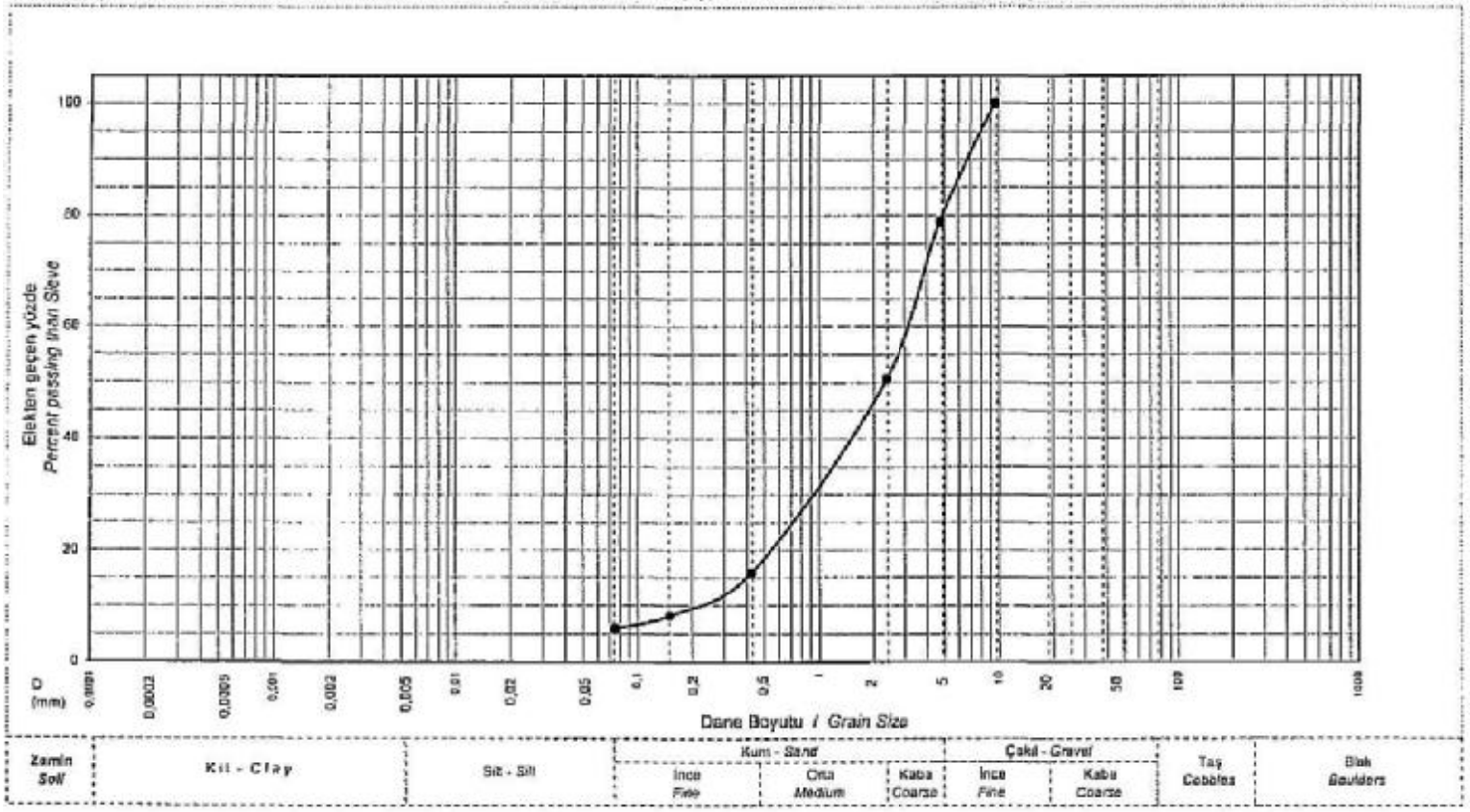
Deneyi Yapan
Tested By

DANE BOYU DAĞILIMI (Elek Analizi) DENEY SONUÇLARI / *GRAIN-SIZE ANALYSIS TEST RESULTS*

Müşteri Adı / *Customer's Name* :
Numune Alındığı Yer / *Project/Location* :
Sondaj-Num. No / *Boring/Sample No* : **BH-8/D4**

Laboratuvar No / *Laboratory No* :
Derinlik (m) / *Depth* : **6,00-6,09**

Num.Kabul Tarihi / *Date of Samp. Accept* : **06,05,2008**
Deney Tarihi / *Date of Test* : **09,05,2008**
Deney Rapor Tarihi / *Date of Test Result* : **10,05,2008**



Elek No / Sieve No	Elek Çapı / Sieve Dia	Geçen % / Passing %
3 in.	75	100,00
2 in.	50	100,00
1.1/2 in.	37,5	100,00
1 in.	25	100,00
3/4 in.	19	100,00
3/8 in.	9,5	100,00
No 4	4,75	78,85
No 8	2,36	50,61
No 40	0,425	15,87
No 100	0,15	8,16
No 200	0,075	5,81

D_{10} (mm)	D_{30} (mm)	D_{60} (mm)
0,19	0,85	2,98

Uniformluk Katsayısı *Coefficient of Uniformity* (Cu)	3,49
Süreklilik Katsayısı *Coefficient of Curvature* (Cr)	1,27

Deneyi Yapan / *Tested By*

DANE BOYU DAĞILIMI (Elek Analizi) DENEY SONUÇLARI / *GRAIN-SIZE ANALYSIS TEST RESULTS*

Müşteri Adı / *Customer's Name* :

Num.Alındığı Yer / *Project/Location* :

Sondaj-Num. No / *Boring/Sample No* : **BH-11/D11**

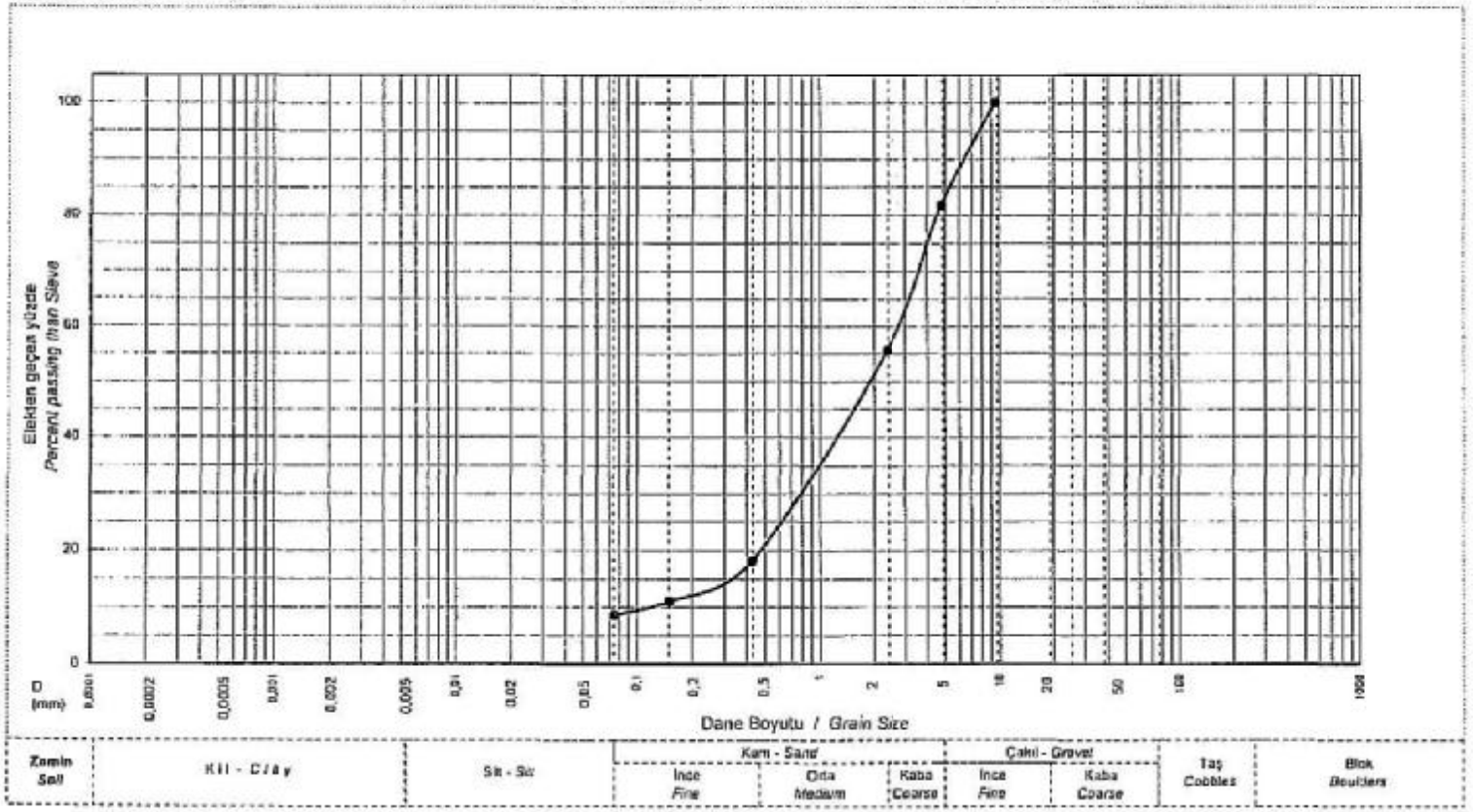
Laboratuvar No / *Laboratory No* :

Derinlik (m) / *Depth* : **15,00-15,07**

Num.Kabul Tarihi / *Date of Samp. Accept* : **08,05,2008**

Deney Tarihi / *Date of Test* : **09,05,2008**

Deney Rapor Tarihi / *Date of Test Result* : **10,05,2008**



Elek No *Sieve No*	Elek Çapı *Sieve Dia*	Geçen % *Passing %*
3 in.	75	100,00
2 in.	50	100,00
1.1/2 in.	37,5	100,00
1 in.	25	100,00
3/4 in.	19	100,00
3/8 in.	9,5	100,00
No 4	4,75	81,56
No 8	2,36	55,00
No 40	0,425	18,08
No 100	0,15	11,07
No 200	0,075	9,59

D_{10} (mm)	D_{30} (mm)	D_{60} (mm)
0,11	**0,73**	**2,66**

Uniformluk Katsayısı *Coefficient of Uniformity* (Cu)	**3,63**
Süreklilik Katsayısı *Coefficient of Curvature* (Cr)	**1,82**

Deneyi Yapan *Tested By*

DANE BOYU DAĞILIMI (Elek Analizi) DENEY SONUÇLARI / *GRAIN-SIZE ANALYSIS TEST RESULTS*

Müşteri Adı / *Customer's Name* :

Proje Adı ve Yeri / *Project/Location* :

Sondaj-Num. No / *Boring/Sample No* : **BH-12/D6**

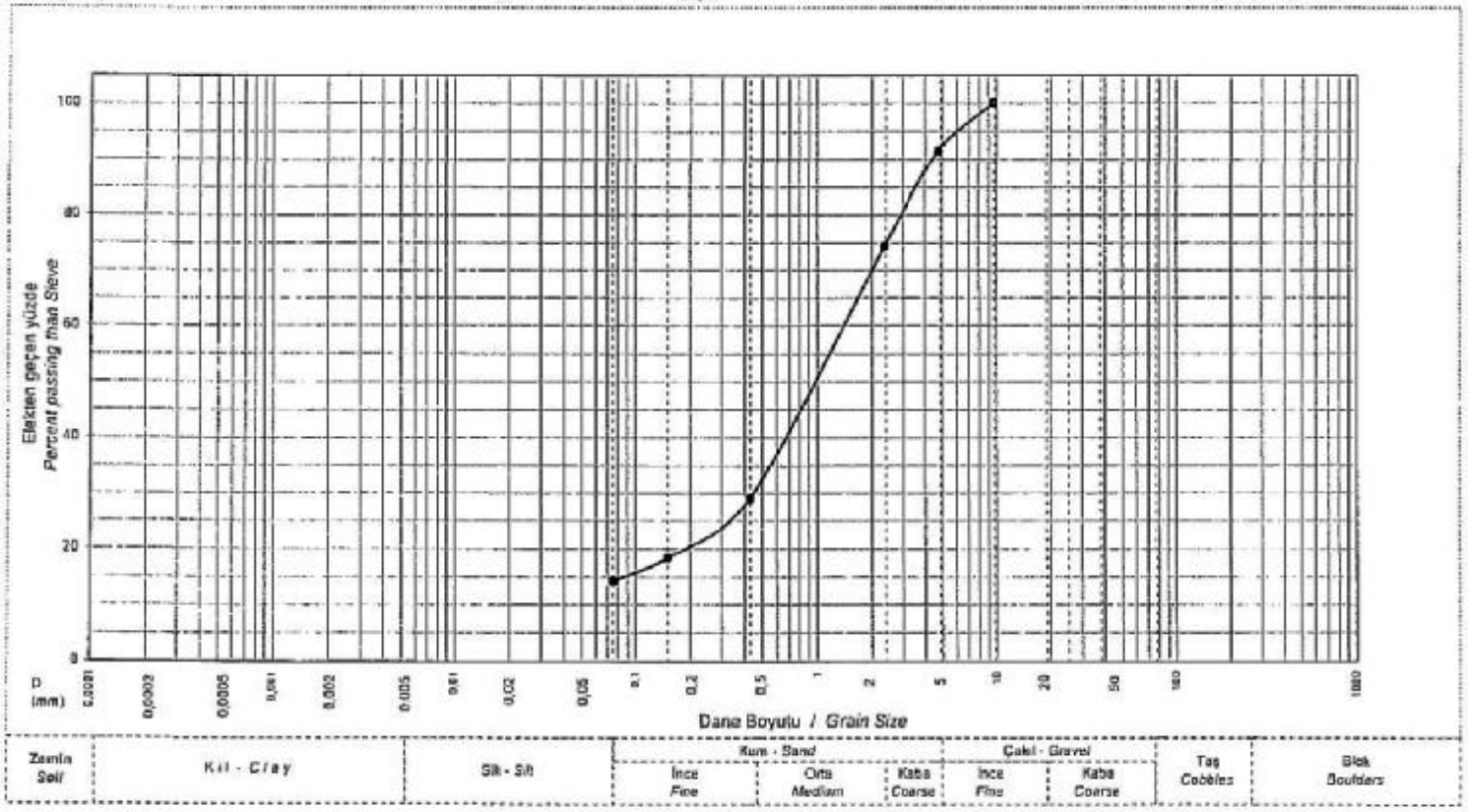
Laboratuvar No / *Laboratory No* :

Derinlik (m) / *Depth* : **7,50-7,95**

Num.Kabul Tarihi / *Date of Samp. Accept* : **08,05,2008**

Deney Tarihi / *Date of Test* : **09,05,2008**

Deney Rapor Tarihi / *Date of Test Result* : **10,05,2008**



Elek No Sieve No	Delik Çapı Sieve Dia	Geçen % Passing %
3 in.	75	100,00
2 in.	50	100,00
1.1/2 in.	37,5	100,00
1 in.	25	100,00
3/4 in.	19	100,00
3/8 in.	9,5	100,00
No 4	4,75	91,42
No 8	2,36	74,34
No 40	0,425	26,95
No 100	0,15	16,35
No 200	0,075	14,20

D_{10} (mm)	D_{30} (mm)	D_{60} (mm)
0,00	0,44	1,37

Uniformluk Katsayısı *Coefficient of Uniformity* (Cu)	3,11
Süreklilik Katsayısı *Coefficient of Curvature* (Cr)	######

Deneyi Yapan *Tested By*

EK-6 : Proctor Deney Sonuçları

PROKTOR DENEYİ SONUÇLARI
PROCTOR TEST RESULTS

Müşteri Adı / *Customer's Name*	:	Numune Kabul Tarihi / *Date of Samp. Accept*	: 06,05,2008
Numune Alındığı Yer / *Project/Location*	:	Deney Tarihi / *Date of Test*	: 07,05,2008
Sondaj Num. No / *Boring/Sample No*	: 1	Deney Rapor Tarihi / *Date of Test Report*	: 09,05,2008
Derinlik (m) / *Depth*	: -	Laboratuvar No / *Laboratory No*	:

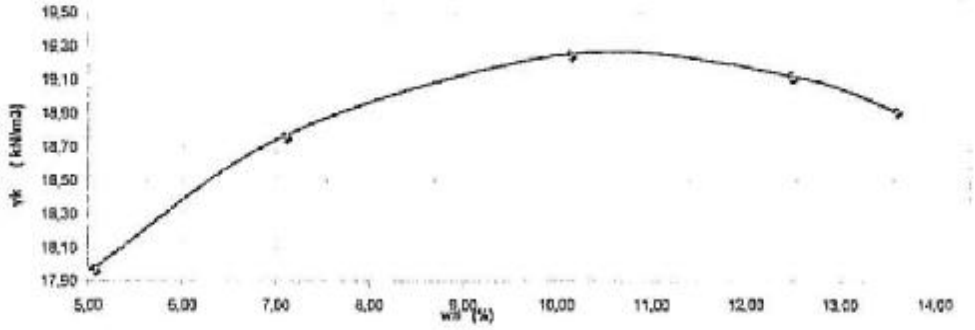
Kalıp Ağırlığı / *Weight of Mould*	(g)	: 3224	Toplam Numune Ağırlığı / *Weight of Total Sample*	(g)	: 5000
Kalıp Hacim / *Volume of Mold*	(cm^3)	: 937,71	Tokmak Ağırlığı / *Weight of Rammer*	(kg)	: 2,5
Elek Göz Açıklığı / *Sieve Size*	(mm)	: 19	Vuruş Sayısı / *Drop Number*		: 25

Kuru Birim Hacim Ağırlık / *Dry Unit Weight* (kN/m^3) (γ_k)

	1	2	3	4	5
Kalıp + Numune Ağırlığı / *Weight of Mold + Sample* (g)	5029	5145	5251	5200	5278
Sıkıştırılmış Numune Ağırlığı / *Weight of Compacted Soil* (g)	1805	1921	2027	2056	2054
Yaş Birim Hacim Ağırlık / *Wet Unit Weight* (kN/m^3)	18,883	20,097	21,206	21,509	21,488
Kuru Birim Hacim Ağırlık / *Dry Unit Weight* (kN/m^3)	**17,975**	**18,766**	**19,254**	**19,124**	**18,919**

Su Muhtevası / *Water Content* (%) (w_n)

	1	2	3	4	5
Kap No / *Cup No*	437	359	471	45	492
Yaş Numune + Kap / *Wet Sample + Cup* (g)	231,15	264,46	287,57	354,55	317,19
Kuru Numune + Kap / *Dry Sample + Cup* (g)	224,57	252,36	251,19	324,37	290
Su Ağırlığı / *Weight of Water* (g)	6,58	12,1	16,38	30,18	27,19
Kap Ağırlığı / *Weight of Cup* (g)	94,39	81,72	89,59	82,44	89,76
Su Muhtevası / *Water Content* (%)	**5,05**	**7,09**	**10,14**	**12,47**	**13,58**

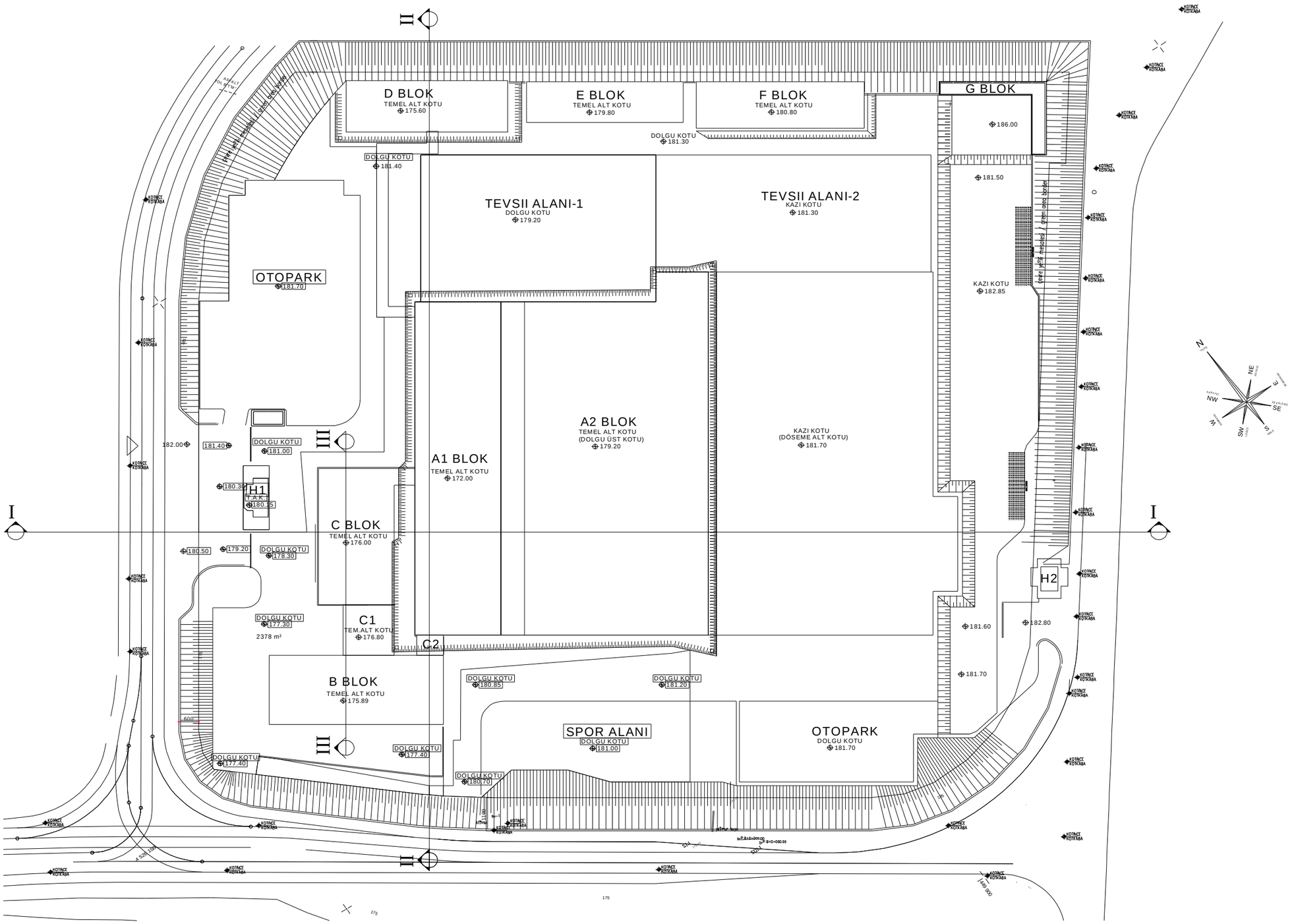


Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık / *Maximum Dry Unit Weight*	19,240	kN/m^3
Optimum Su Muhtevası / *Optimum Water Content*	10,70	%

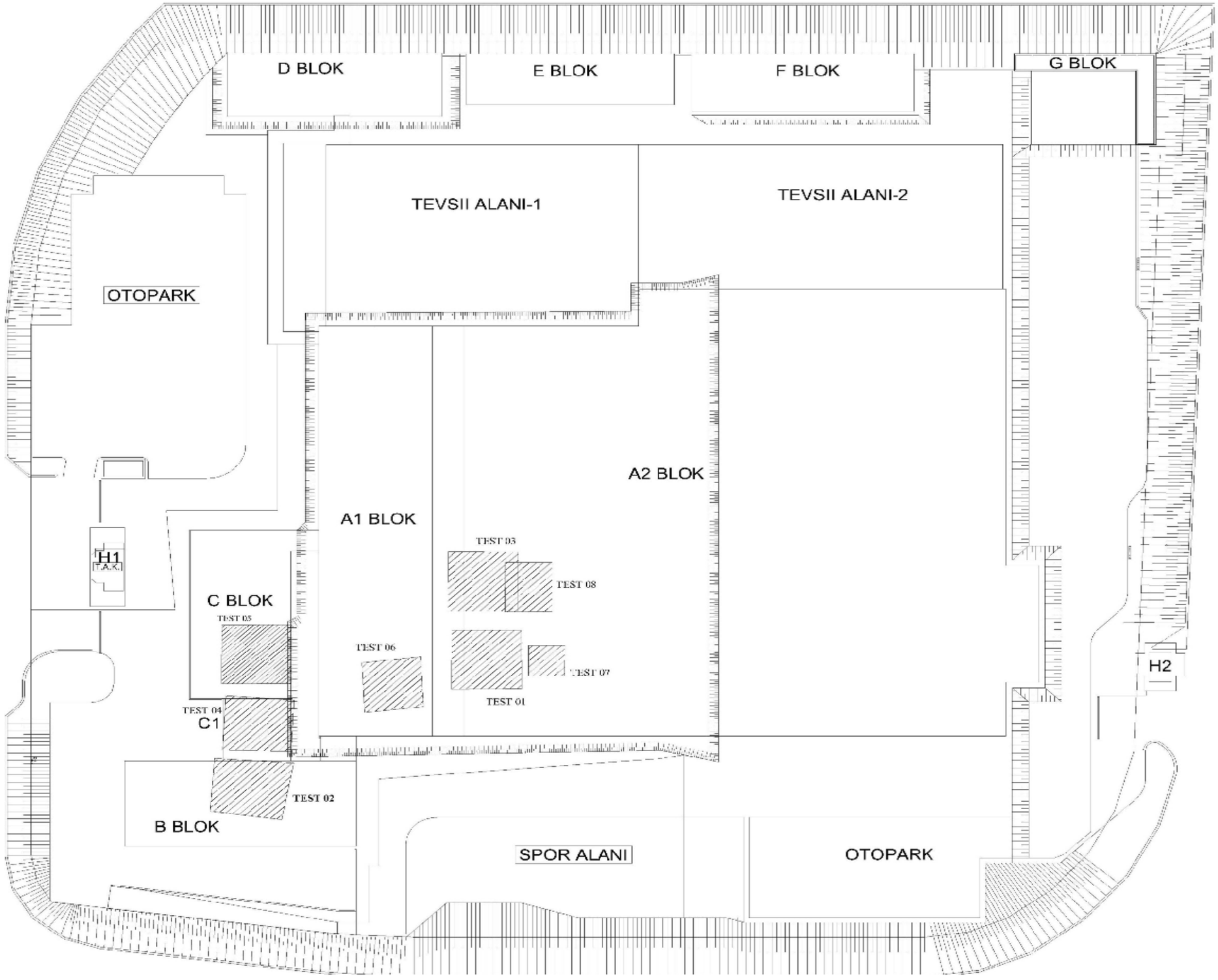
Deneyi Yapan / *Tested By*

Onaylayan / *Approved By*

EK-7 : Genel Saha Planı ve Kesitler


D BLOK
TEMEL ALT KOTU
175.60
E BLOK
TEMEL ALT KOTU
179.80
F BLOK
TEMEL ALT KOTU
180.80
G BLOK
186.00
DOLGU KOTU
181.30
DOLGU KOTU
181.40
TEVSII ALANI-1
DOLGU KOTU
179.20
TEVSII ALANI-2
KAZI KOTU
181.30
181.50
OTOPARK
181.70
KAZI KOTU
182.85
182.00
181.40
DOLGU KOTU
181.00
H1
T.A.K.
180.35
180.30
A1 BLOK
TEMEL ALT KOTU
172.00
A2 BLOK
TEMEL ALT KOTU
(DOLGU UST KOTU)
179.20
KAZI KOTU
(DÖSEME ALT KOTU)
181.70
C BLOK
TEMEL ALT KOTU
176.00
180.50
179.20
DOLGU KOTU
178.30
DOLGU KOTU
177.30
2378 m²
C1
TEM.ALT KOTU
176.80
C2
H2
181.60
182.80
181.70
B BLOK
TEMEL ALT KOTU
175.89
DOLGU KOTU
180.85
DOLGU KOTU
181.20
SPOR ALANI
DOLGU KOTU
181.00
OTOPARK
DOLGU KOTU
181.70
DOLGU KOTU
177.40
DOLGU KOTU
177.40
DOLGU KOTU
180.70
I
II
III
KOTLNCE
KOTKABA
N
NE
E
SE
S
SW
W
NW

EK-8 : Deneme Test Alanaları


D BLOK
E BLOK
F BLOK
G BLOK
TEVSII ALANI-1
TEVSII ALANI-2
OTOPARK
A2 BLOK
A1 BLOK
TEST 03
TEST 08
H1
T.A.K.
C BLOK
TEST 05
TEST 06
TEST 07
TEST 01
TEST 04
C1
H2
TEST 02
B BLOK
SPOR ALANI
OTOPARK

EK-9 : Dinamik Kompaksiyon Deneme Testleri SPT Logları

Yüklenici / Contractor	İşveren / Client	Proje / Project

SONDAJ LOGU / *BORING LOG*

Sondaj No/*Borehole No*	**BS-1**	**Koordinatlar** *Coordinates*	**Kot**	**Sayfa No** / *Page No*	**1/1**
Derinlik / ***Depth (m)***	**10.03**		x	**Sondaj Yönt.** / *Drill Method*	Rotari Su ile Sistem
Kilometre / *Kilometer*			y	**Sondaj Makinası** / *Drill Rig*	Delta Drill D-90 (K.B.)
Baş. Tarihi / *Start Date*	13.05.2009	**Bitiş Tarihi** / *Finish Date*	14.05.2009	**Muhafaza** / *Casing*	3.00

Sondaj Derinliği *Borehole Depth* (m)	Yeraltısuyu Seviyesi *Underground water Level* (m)	Numune Derinliği *Sample Depth* (m)	Numune Türü *Sample Type*	Standart Penetrasyon Deneyi *Standard Penetration Test* 15	30	45	Standart Penetrasyon Grafiği *Standard Penetration Graph* 10 20 30 40 50	Yerinde Deneyler *In-Situ Test* (mm)	Zemin-Kaya Profili *Soil-Rock Symbol*	Zemin-Kaya Tanımlaması *Soil-Rock Description*	Karot Yüzdesi *Core Recovery* %	Silindirik Karot Yüzdesi / *SCR* %	RQD %	Ayrışma / *Weathering*	Dayanım / *Strength*
-1		1,00/1,45	SPT-1	6	8	10				YAPAY DOLGU (Krem - Sarımsı Kahverengi, Kırmızımsı Kahverengi Tamamen Ayrışmamış Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş Granit Granit)					
-2		2,00/2,45	SPT-2	4	5	4									
-3		3,00/3,45	SPT-3	2	5	9									
-4		4,00/4,45	SPT-4	6	5	5									
-5		5,00/5,45	SPT-5	10	8	7									
-6		6,00/6,45	SPT-6	4	8	20				6.00					
-7		7,00/7,45	SPT-7	19	23	25				ESKİ YAPAY DOLGU (Koyu Kahverengi - Kahverengi, Az Killi - Killi KUM					
-8		8,00/8,45	SPT-8	3	6	11									
-9		9,00/9,45	SPT-9	6	9	44				9.30 Krem - Sarımsı Kahverengi, Pembe, Tamamen Ayrışarak Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş GRANİT					
-10		10,00/10,03	SPT-10	50/3		Red				10.03 Kuyu Sonu					

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / *WEATHERING GRADE of ROCK*

W1	Taze/*Fresh*
W2	Az ayrışmış/*Slightly weathered*
W3	Orta derecede ayrışmış/*Moderately weathered*
W4	Çok ayrışmış/*Highly weathered*
W5	Tamamen ayrışmış/*Completly weathered*
W6	Kalıntı Zemin/*Residual soil*

KAYANIN DAYANIM DERECESİ / *ROCK STRENGTH GRADE*

S1	Son derece zayıf/*Extremely weak*	UCS(MPa) < 1	
S2	Çok zayıf/*Very Weak*	UCS(MPa) : 1-5	
S3	Zayıf / *Weak*	UCS (MPa): 5-25	
S4	Orta sağlam / *Medium strong*	UCS (MPa) : 25 - 50	
S5	Sağlam / *Strong*	UCS (MPa) : 50-100	
S6	Çok sağlam/*Very strong*	UCS (MPa) : 100 - 200	
S7	Son derece sağlam/*Extremely Strong*	UCS (MPa) > 200	

AKALIK / *SPACING* (mm)

S1	< 20	Son derece dar aralıklı/*Extremely closely spaced*
S2	20-60	Çok dar aralıklı/*Very closely spaced*
S3	60-200	Dar aralıklı/*Closely spaced*
S4	200-600	Orta geniş aralıklı/*Moderately widely spaced*
S5	600-2000	Geniş aralıklı/*Widely spaced*
S6	2000-6000	Çok geniş aralıklı/*Very widely spaced*
S7	> 6000	Son derece geniş aralıklı/*Extremely widely spaced*

KISALTMALAR / *ABBREVIATIONS*

P	Düzlemsel / *Planar*
U	Dalgalı / *Undulating*
S	Basamaklı / *Stepped*
Sl	Kaygan / *Slickensided*
Po	Parlak / *Polished*
Sm	Düz / *Smooth*
Ro	Pürüzlü / *Rough*

ZEMİN PARAMETRELERİ / *SOIL PARAMETERS*

İNCE DANELİ / *FINE GRAINED*			İRİ DANELİ / *COARSE GRAINED*		
N	0 -2	Çok yumuşak / Very Soft	N	0 - 4	Çok Gevşek / Very Loose
N	3 - 4	Yumuşak / Soft	N	5 - 10	Gevşek / Loose
N	5 - 8	Orta Katı / Medium stiff	N	11 - 30	Orta Sıkı / Medium Dense
N	9 -15	Katı / Stiff	N	31 - 50	Sıkı / Dense
N	16 -30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense
N	> 30	Sert / Hard			

PLASTİSİTE / *PLASTICITY*	
PI : 1 - 5 %	Çok Az / Slight
PI : 5 - 10 %	Az / Low
PI : 10 - 20 %	Orta / Medium
PI : 20 - 40 %	Yüksek / High
PI : > 40 %	Çok Yüksek/Very High

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / *Standard Penetration Test* — UD: Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample — CR : Karot Numunesi / *Core Sample*

Sondör / Operator — **Logu Yapan** / *Logged by* — **Kontrol** / *Checked by*

Yüklenici / Contractor	İşveren / Client	Proje / Project

SONDAJ LOGU / *BORING LOG*

Sondaj No/*Borehole No*	BS-2	**Koordinatlar** *Coordinates*	Kot		**Sayfa No** / *Page No*	1/1
Derinlik / *Depth (m)*	9.04		x		**Sondaj Yönt.** / *Drill Method*	Rotari Sulu Sistem
Kilometre / *Kilometer*			y		**Sondaj Makinası** / *Drill Rig*	Delta Drill D-90 (K.B.)
Baş. Tarihi / *Start Date*	14.05.2009	**Bitiş Tarihi** / *Finish Date*	14.05.2009		**Muhafara** / *Casing*	1.50

Sondaj Derinliği *Borehole Depth* (m)	Yeraltısuyu Seviyesi *Underground water Level* (m)	Numune Derinliği *Sample Depth* (m)	Numune Türü *Sample Type*	Standart Penetrasyon Direnişi *Standard Penetration Test* 15	30	45	Standart Penetrasyon Grafiği *Standard Penetration Graph* 10 20 30 40 50	Yerinde Deneyler *In-Situ Test* (mm)	Zemin-Kaya Profili *Soil-Rock Symbol*	Zemin-Kaya Tanımlaması *Soil-Rock Description*	Karot Yüzdesi *Core Recovery* %	Sürekli Karot Yüzdesi / SCR %	RQD %	Ayrışma / *Weathering*	Dayanım / *Strength*
-1		1,00/1,45	SPT-1	7	7	11				YAPAY DOLGU					
-2		2,00/2,45	SPT-2	8	9	10				(Krem - Sarımsı Kahverengi, Kırmızımsı Kahverengi Tamamen Ayrışarak Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş Granit)					
-3		3,00/3,45	SPT-3	4	8	8									
-4		4,00/4,45	SPT-4	7	7	11									
-5		5,00/5,45	SPT-5	9	10	15									
-6		6,00/6,45	SPT-6	8	10	18				6.30					
-7		7,00/7,45	SPT-7	2	5	6				ESKİ YAPAY DOLGU (Koyu Kahverengi - Kahverengi, Az Killi - Killi KUM)					
-8		8,00/8,08	SPT-8	50/8						7.80					
-9		9,00/9,04	SPT-9	50/4						Krem - Sarımsı Kahverengi, Pembe, Tamamen Ayrışarak Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş GRANİT 9.04					
-10										Kuyu Sonu					

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ *WEATHERING GRADE of ROCK*		KAYANIN DAYANIM DERECESİ *ROCK STRENGTH GRADE*			ARALIK *SPACING* (mm)		
W1	Taze/*Fresh*	St1	Son derece zayıf *Extremely weak*	UCS(MPa) < 1	S1	< 20	Son derece dar aralıklı *Extremely closely spaced*
		St2	Çok zayıf *Very Weak*	UCS(MPa) : 1-5	S2	20-60	Çok dar aralıklı *Very closely spaced*
W2	Az ayrışmış *Slightly weathered*	St3	Zayıf / Weak	UCS(MPa): 5-25	S3	60-200	Dar aralıklı *Closely spaced*
W3	Orta derecede ayrışmış *Moderately weathered*	St4	Orta sağlam / Medium strong	UCS(MPa) : 25 - 50	S4	200-600	Orta geniş aralıklı *Moderately widely spaced*
W4	Çok ayrışmış *Highly weathered*	St5	Sağlam / Strong	UCS(MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş aralıklı *Widely spaced*
W5	Tamamen ayrışmış *Completely weathered*	St6	Çok sağlam *Very strong*	UCS(MPa) : 100 - 200	S6	2000-6000	Çok geniş aralıklı *Very widely spaced*
W6	Kalıntı Zemin *Residual soil*	St7	Son derece sağlam *Extremely Strong*	UCS(MPa) > 200	S7	> 6000	Son derece geniş aralıklı *Extremely widely spaced*

KISALTMALAR / *ABBREVIATIONS*		ZEMİN PARAMETRELERİ / *SOIL PARAMETERS*							
		İNCE DANELİ / *FINE GRAINED*			İRİ DANELİ / *COARSE GRAINED*			PLASTİSİTE / *PLASTICITY*	
P	Düzlemsel / *Planar*	N	0 - 2	Çok yumuşak / Very Soft	N	0 - 4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1 - 5 %	Çok Az / Slight
U	Dalgalı / *Undulating*	N	3 - 4	Yumuşak / Soft	N	5 - 10	Gevşek / Loose	PI : 5 - 10 %	Az / Low
St	Basamaklı / *Stepped*	N	5 - 8	Orta Katı / Medium stiff	N	11 - 30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10 - 20 %	Orta / Medium
Po	Parlak / *Polished*	N	9 -15	Katı / Stiff	N	31 - 50	Sıkı / Dense	PI : 20 - 40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / *Smooth*	N	16 - 30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : > 40 %	Çok Yüksek/Very High
Ro	Pürüzlü / *Rough*	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / *Standard Penetration Test* — UD : Örselenmemiş Numune / *Undisturbed Sample* — CR : Karot Numunesi / *Core Sample*

Sondör / *Operator* — **Logu Yapan** / *Logged by* — **Kontrol** / *Checked by*

Yüklenici / Contractor	İşveren / Client	Proje / Project

SONDAJ LOGU / *BORING LOG*

Sondaj No/*Borehole No*	**BS-3**	**Koordinatlar** *Coordinates*	Kot		**Sayfa No** / *Page No*	1/1	
Derinlik / ***Depth (m)***	**9.10**		x		**Sondaj Yönt.** / *Drill Method*	Rotari Suru Sistem	
Kilometre / *Kilometer*			y		**Sondaj Makinası** / *Drill Rig*	Delta Drill D-90 (K.B.)	
Baş. Tarihi / *Start Date*	15.05.2009	**Bitiş Tarihi** / *Finish Date*	15.05.2009		**Muhafaza** / *Casing*	1.50	

Sondaj Derinliği *Borehole Depth*	Yeraltısuyu Seviyesi *Underground water Level*	Numune Derinliği *Sample Depth*	Numune Türü *Sample Type*	Standart Penetrasyon Deneyi *Standard Penetration Test*			Standart Penetrasyon Grafiği *Standard Penetration Graph*	Yerinde Deneyler *In-Situ Test*	Zemin-Kaya Profili *Soil-Rock Symbol*	Zemin-Kaya Tanımlaması *Soil-Rock Description*	Karot Yüzdesi *Core Recovery*	Silindirik Karot Yüzdesi / SCR	RQD	Ayrışma / *Weathering*	Dayanım / *Strength*
(m)	(m)	(m)		15	30	45	10 20 30 40 50	(mm)			%	%	%		
-1		1,00/1,45	SPT-1	15	25	26				YAPAY DOLGU					
-2		2,00/2,45	SPT-2	6	10	16				(Krem - Sarımsı Kahverengi, Kırmızımsı Kahverengi					
-3		3,00/3,45	SPT-3	4	5	7				Tamamen Ayrışmalı Yer Yer Az Killi Kum Halina Gelmi					
-4		4,00/4,45	SPT-4	3	7	9				Granit)					
-5		5,00/5,45	SPT-5	6	18	20									
-6		6,00/6,45	SPT-6	17	21	23				6.30					
-7		7,00/7,45	SPT-7	8	8	12				ESKİ YAPAY DOLGU					
-8		8,00/8,45	SPT-8	6	8	8				(Koyu Kahverengi - Kahverengi, Az Killi - Killi KUM					
-9		9,00/9,10	SPT-9	50/10						8.70 Krem - Sarımsı Kahverengi, Pembe, Tamamen Ayrışmalı Yer Yer Az Killi Kum Halina Gelmiş GRANİT					
-10										9.10 Kuyu Sonu					

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ *WEATHERING GRADE of ROCK*		KAYANIN DAYANIM DERECESİ *ROCK STRENGTH GRADE*			ARALIK *SPACING* (mm)		
W1	Taze/*Fresh*	S1	Son derece zayıf *Extremely weak*	UCS(MPa) < 1	S1	< 20	Son derece dar aralıklı *Extremely closely spaced*
		S2	Çok zayıf *Very Weak*	UCS(MPa) : 1-5	S2	20-60	Çok dar aralıklı *Very closely spaced*
W2	Az ayrışmış *Slightly weathered*	S3	Zayıf / *Weak*	UCS (MPa): 5-25	S3	60-200	Dar aralıklı *Closely spaced*
W3	Orta derecede ayrışmış *Moderately weathered*	S4	Orta sağlam / *Medium strong*	UCS (MPa) : 25 - 50	S4	200-600	Orta geniş aralıklı *Moderately widely spaced*
W4	Çok ayrışmış *Highly weathered*	S5	Sağlam / *Strong*	UCS (MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş aralıklı *Widely spaced*
W5	Tamamen ayrışmış *Completely weathered*	S6	Çok sağlam *Very strong*	UCS (MPa) : 100 - 200	S6	2000-6000	Çok geniş aralıklı *Very widely spaced*
W6	Kalıntı Zemin *Residual soil*	S7	Son derece sağlam *Extremely Strong*	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son derece geniş aralıklı *Extremely widely spaced*

KISALTMALAR / *ABBREVIATIONS*		ZEMİN PARAMETRELERİ / *SOIL PARAMETERS*							
P	Düzlemsel / *Planar*	İNCE DANELİ / *FINE GRAINED*			İRİ DANELİ / *COARSE GRAINED*			PLASTİSİTE / *PLASTICITY*	
U	Dalgalı / *Undulating*	N	0 -2	Çok yumuşak / Very Soft	N	0 - 4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1 - 5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / *Stepped*	N	3 - 4	Yumuşak / Soft	N	5 - 10	Gevşek / Loose	PI : 5 - 10 %	Az / Low
Sl	Kaygan / *Slickensided*	N	5 - 8	Orta Kati / Medium stiff	N	11 - 30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10 - 20 %	Orta / Medium
Po	Pürüzlü / *Polished*	N	9 -15	Katı / Stiff	N	31 - 50	Sıkı / Dense	PI : 20 - 40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / *Smooth*	N	16 -30	Çok Katı / Very Stiff	N	>50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : > 40 %	Çok Yüksek/Very High
Ro	Pürüzlü / *Rough*	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / *Standard Penetration Test* — UD : Örselenmemiş Numune / *Undisturbed Sample* — *CR : Karot Numunesi / Core Sample*

Sondör / *Operator* — **Logu Yapan** / *Logged by* — **Kontrol** / *Checked by*

Yüklenici / Contractor	İşveren / Client	Proje / Project

SONDAJ LOGU / *BORING LOG*

Sondaj No/*Borehole No*	**BS-4**	**Koordinatlar** *Coordinates*	Kot		**Sayfa No** / *Page No*	**1/1**
Derinlik / ***Depth (m)***	**9.25**		x		**Sondaj Yönt.** / *Drill Method*	Rotari Sulu Sistem
Kilometre / *Kilometer*			y		**Sondaj Makinası** / *Drill Rig*	Delta Drill D-90 (K.B.)
Baş. Tarihi / *Start Date*	15.05.2009	**Bitiş Tarihi** / *Finish Date*	15.05.2009		**Muhafaza** / *Casing*	2.00

Sondaj Derinliği *Borehole Depth* (m)	Yeraltısuyu Seviyesi *Underground water Level* (m)	Numune Derinliği *Sample Depth* (m)	Numune Türü *Sample Type*	Standart Penetrasyon Deneyi *Standard Penetration Test* 15	30	45	Standart Penetrasyon Grafiği *Standard Penetration Graph* 10 20 30 40 50	Yerinde Deneyler *In-Situ Test* (mm)	Zemin-Kaya Profili *Soil-Rock Symbol*	Zemin-Kaya Tanımlamaları *Soil-Rock Description*	Karot Yüzdesi *Core Recovery* %	Silindirik Karot Yüzdesi / *SCR* %	RQD %	Ayrışma / *Weathering*	Dayanım / *Strength*
-1		1,00/1,45	SPT-1	12	22	22									
-2		2,00/2,45	SPT-2	10	12	13									
-3		3,00/3,45	SPT-3	8	11	13				YAPAY DOLGU (Kiremi - Sarımsı Kahverengi, Kırmızımsı Kahverengi Tamamen Ayrışarak Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş Granit)					
-4		4,00/4,45	SPT-4	5	7	8									
-5		5,00/5,45	SPT-5	13	17	23									
-6		6,00/6,45	SPT-6	12	15	24				6.40					
-7		7,00/7,45	SPT-7	6	5	7				ESKİ YAPAY DOLGU (Koyu Kahverengi - Kahverengi, Az Killi - Killi KUM					
-8		8,00/8,45	SPT-8	8	12	16				8.40					
-9		9,00/9,25	SPT-9	26	50/10					Kesm - Sarımsı Kahverengi, Pembe, Tamamen Ayrışarak Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş GRANİT 9.25					
-10										Kuyu Sonu					

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / *WEATHERING GRADE of ROCK*

W1	Taze/*Fresh*
W2	Az ayrışmış/*Slightly weathered*
W3	Orta derecede ayrışmış/*Moderately weathered*
W4	Çok ayrışmış/*Highly weathered*
W5	Tamamen ayrışmış/*Completely weathered*
W6	Kalıntı Zemin/*Residual soil*

KAYANIN DAYANIM DERECESİ / *ROCK STRENGTH GRADE*

St1	Son derece zayıf/*Extremely weak*	UCS(MPa) < 1	
St2	Çok zayıf/*Very Weak*	UCS(MPa) : 1-5	
St3	Zayıf / Weak	UCS (MPa): 5-25	
St4	Orta sağlam / Medium strong	UCS (MPa) : 25 - 50	
St5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) : 50-100	
St6	Çok sağlam/*Very strong*	UCS (MPa) : 100 - 200	
St7	Son derece sağlam/*Extremely Strong*	UCS (MPa) > 200	

ARALIK / *SPACING* (mm)

S1	< 20	Son derece dar aralıklı/*Extremely closely spaced*
S2	20-60	Çok dar aralıklı/*Very closely spaced*
S3	60-200	Dar aralıklı/*Closely spaced*
S4	200-600	Orta geniş aralıklı/*Moderately widely spaced*
S5	600-2000	Geniş aralıklı/*Widely spaced*
S6	2000-6000	Çok geniş aralıklı/*Very widely spaced*
S7	> 6000	Son derece geniş aralıklı/*Extremely widely spaced*

KISALTMALAR / *ABBREVIATIONS*

P	Düzlemsel / *Planar*
U	Dalgalı / *Undulating*
S	Basamaklı / *Stepped*
Sl	Kaygan / *Slickensided*
Fo	Parlak / *Polished*
Sm	Düz / *Smooth*
Ro	Pürüzlü / *Rough*

ZEMİN PARAMETRELERİ / *SOIL PARAMETERS*

İNCE DANELİ / *FINE GRAINED*

N	0 -2	Çok yumuşak / Very Soft	
N	3 - 4	Yumuşak / Soft	
N	5 - 8	Orta Katı / Medium stiff	
N	9 -15	Katı / Stiff	
N	16 -30	Çok Katı / Very Stiff	
N	> 30	Sert / Hard	

İRİ DANELİ / *COARSE GRAINED*

N	0 - 4	Çok Gevşek / Very Loose
N	5 - 10	Gevşek / Loose
N	11 - 30	Orta Sıkı / Medium Dense
N	31 - 50	Sıkı / Dense
N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense

PLASTİSİTE / *PLASTICITY*

PI : 1 - 5 %	Çok Az / Slight
PI : 5 - 10 %	Az / Low
PI : 10 - 20 %	Orta / Medium
PI : 20 - 40 %	Yüksek / High
PI : > 40 %	Çok Yüksek/Very High

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / *Standard Penetration Test* — UD : Örselenmemiş Numune / *Undisturbed Sample* — CR : Karot Numunesi / *Core Sample*

Sondör / Operator — **Logu Yapan** / *Logged by* — **Kontrol** / *Checked by*

Yüklenici / Contractor	İşveren / Client	Proje / Project

SONDAJ LOGU / *BORING LOG*

Sondaj *No/Borehole No*	BS-6	**Koordinatlar** *Coordinates*	Kot		**Sayfa No** / *Page No*	1/1
Derinlik / *Depth (m)*	9.06		X		**Sondaj Yönt.**/ *Drill Method*	Rotari Sulu Sistem
Kilometre / *Kilometar*			Y		**Sondaj Makinası** / *Drill Rig*	Delta Drill D-90 (K.B.)
Baş. Tarihi / *Start Date*	16.05.2009	**Bitiş Tarihi** / *Finish Date*	16.05.2009		**Muhafaza** / *Casing*	1.50

Sondaj Derinliği Borehole Depth (m)	Yeraltısuyu Seviyesi Underground water Level (m)	Numune Derinliği Sample Depth (m)	Numune Türü Sample Type	Standart Penetrasyon Deneyi Standard Penetration Test 15	30	45	Standart Penetrasyon Grafiği Standard Penetration Graph 10 20 30 40 50	Yerinde Deneyler In-Situ Test (mm)	Zemin-Kaya Profili Soil-Rock Symbol	Zemin-Kaya Tanımlaması Soil-Rock Description	Karot Yüzdesi Core Recovery %	Silindirik Karot Yüzdesi / SCR %	RQD %	Ayrışma / Weathering	Dayanım / Strength
-1		1,00/1,45	SPT-1	15	16	15				YAPAY DOLGU (Krem - Sarımsı Kahverengi, Kırmızımsı Kahverengi Tonunda Ayrışmış Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş Granit Granit)					
-2		2,00/2,45	SPT-2	7	11	19									
-3		3,00/3,45	SPT-3	3	6	12									
-4		4,00/4,45	SPT-4	9	9	9									
-5		5,00/5,45	SPT-5	10	17	20									
-6		6,00/6,45	SPT-6	17	20	34									
-7		7,00/7,45	SPT-7	6	7	7				6.80 ESKİ YAPAY DOLGU (Koyu Kahverengi - Kahverengi, Az Killi - Killi KUM					
-8		8,00/8,45	SPT-8	5	5	7				8.50					
-9		9,00/9,06	SPT-9	50/6	Boş					Krem - Sarımsı Kahverengi, Pembe, Tamamen Ayrışarak Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş GRANİT 9.06 Kuyu Sonu					
-10															

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / *WEATHERING GRADE of ROCK*

W1	Taze/*Fresh*
W2	Az ayrışmış/*Slightly weathered*
W3	Orta derecede ayrışmış/*Moderately weathered*
W4	Çok ayrışmış/*Highly weathered*
W5	Tamamen ayrışmış/*Completely weathered*
W6	Kalıntı Zemin/*Residual soil*

KAYANIN DAYANIM DERECESİ / *ROCK STRENGTH GRADE*

St1	Son derece zayıf/*Extremely weak*	UCS(MPa) < 1	
St2	Çok zayıf/*Very Weak*	UCS(MPa): 1-5	
St3	Zayıf / Weak	UCS (MPa): 5-25	
St4	Orta sağlam / Medium strong	UCS (MPa) : 25 - 50	
St5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) : 50-100	
St6	Çok sağlam/*Very strong*	UCS (MPa) : 100 - 200	
St7	Son derece sağlam/*Extremely Strong*	UCS (MPa) > 200	

ARALIK / *SPACING* (mm)

S1	< 20	Son derece dar aralıklı/*Extremely closely spaced*
S2	20-60	Çok dar aralıklı/*Very closely spaced*
S3	60-200	Dar aralıklı/*Closely spaced*
S4	200-600	Orta geniş aralıklı/*Moderately widely spaced*
S5	600-2000	Geniş aralıklı/*Widely spaced*
S6	2000-6000	Çok geniş aralıklı/*Very widely spaced*
S7	> 6000	Son derece geniş aralıklı/*Extremely widely spaced*

KISALTMALAR / *ABBREVIATIONS*

P	Dikelemsel / *Planar*
U	Dalgalı / *Undulating*
S	Basamaklı / *Stepped*
Sl	Kaygan / *Slickensided*
Po	Parlak / *Polished*
Sm	Düz / *Smooth*
Ro	Pürüzlü / *Rough*

ZEMİN PARAMETRELERİ / *SOIL PARAMETERS*

İNCE DANELİ / *FINE GRAINED*			İRİ DANELİ / *COARSE GRAINED*			PLASTİSİTE / *PLASTICITY*	
N	0 -2	Çok yumuşak / Very Soft	N	0 - 4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1 - 5 %	Çok Az / Slight
N	3 - 4	Yumuşak / Soft	N	5 - 10	Gevşek / Loose	PI : 5 - 10 %	Az / Low
N	5 - 8	Orta Katı / Medium stiff	N	11 - 30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10 - 20 %	Orta / Medium
N	9 -15	Katı / Stiff	N	31 - 50	Sıkı / Dense	PI : 20 - 40 %	Yüksek / High
N	16 -30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : > 40 %	Çok Yüksek/Very High
N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / *Standard Penetration Test* — UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample — *CR : Karot Numunesi / Core Sample*

Sondör / Operator — **Logu Yapan** / *Logged by* — **Kontrol** / *Checked by*

Yüklenici / Contractor	İşveren / Client	Proje / Project

SONDAJ LOGU / *BORING LOG*

Sondaj No/*Borehole No*	**BS-6**	**Koordinatlar** *Coordinates*	Kot		**Sayfa No** / *Page No*	1/1
Derinlik / ***Depth (m)***	**9.04**		X		**Sondaj Yönt.** / *Drill Method*	Rotari Sulu Sistem
Kilometre / *Kilometer*			Y		**Sondaj Makinası** / *Drill Rig*	Delta Drill D-90 (K.B.)
Baş. Tarihi / *Start Date*	17.05.2009	**Bitiş Tarihi** / *Finish Date*	17.05.2009		**Muhafaza** / *Casing*	1.50

Sondaj Derinliği *Borehole Depth* (m)	Yeraltısuyu Seviyesi *Underground water Level* (m)	Numune Derinliği *Sample Depth* (m)	Numune Türü *Sample Type*	Standart Penetrasyon Deneyi *Standard Penetration Test* 15	30	45	Standart Penetrasyon Grafiği *Standard Penetration Graph* 10 20 30 40 50	Yerinde Deneyler *In-Situ Test* (mm)	Zemin-Kaya Profili *Soil-Rock Symbol*	Zemin-Kaya Tanımlaması *Soil-Rock Description*	Karot Yüzdesi *Core Recovery* %	Silindirik Karot Yüzdesi / *SCR* %	RQD %	Ayrışma / *Weathering*	Dayanım / *Strength*
-1		1,00/1,45	SPT-1	10	12	13									
-2		2,00/2,45	SPT-2	9	8	9				YAPAY DOLGU					
-3		3,00/3,45	SPT-3	4	9	11				(Krem - Sarımsı Kahverengi, Kumsuma Kahverengi Tonlarında Ayrışmalı Yer Yer Az Killi Kum Halinu Gelmiş Cinsi Granit)					
-4		4,00/4,45	SPT-4	9	11	10									
-5		5,00/5,45	SPT-5	14	16	23				5.40					
-6		6,00/6,45	SPT-6	4	11	31				ESKİ YAPAY DOLGU (Koyu Kahverengi - Kahverengi, Az Killi - Killi KUM					
-7		7,00/7,45	SPT-7	4	8	10				7.50					
-8		8,00/8,06	SPT-8	50/6						Krem - Sarımsı Kahverengi, Pembe, Tamamen Ayrışmalı Yer Yer Az Killi Kum Halinu Gelmiş GRANİT					
-9		9,00/9,04	SPT-9	50/4						9.04					
-10										Kuyu Sonu					

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ *WEATHERING GRADE of ROCK*		KAYANIN DAYANIM DERECESİ *ROCK STRENGTH GRADE*			ARALIK *SPACING* (mm)		
W1	Taze/*Fresh*	St1	Son derece zayıf *Extremely weak*	UCS(MPa) < 1	S1	< 20	Son derece dar aralıklı *Extremely closely spaced*
		St2	Çok zayıf *Very Weak*	UCS(MPa) : 1-5	S2	20-60	Çok dar aralıklı *Very closely spaced*
W2	Az ayrışmış *Slightly weathered*	St3	Zayıf / *Weak*	UCS (MPa): 5-25	S3	60-200	Dar aralıklı *Closely spaced*
W3	Orta derecede ayrışmış *Moderately weathered*	St4	Orta sağlam / *Medium strong*	UCS (MPa) : 25 - 50	S4	200-600	Orta geniş aralıklı *Moderately widely spaced*
W4	Çok ayrışmış *Highly weathered*	St5	Sağlam / *Strong*	UCS (MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş aralıklı *Widely spaced*
W5	Tamamen ayrışmış *Completely weathered*	St6	Çok sağlam *Very strong*	UCS (MPa) : 100 - 200	S6	2000-6000	Çok geniş aralıklı *Very widely spaced*
W6	kalıntı Zemin *Residual soil*	St7	Son derece sağlam *Extremely Strong*	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son derece geniş aralıklı *Extremely widely spaced*

KISALTMALAR / *ABBREVIATIONS*		ZEMİN PARAMETRELERİ / *SOIL PARAMETERS*							
P	Düzlemsel / *Planar*	İNCE DANELİ / *FINE GRAINED*			İRİ DANELİ / *COARSE GRAINED*			PLASTİSİTE / *PLASTICITY*	
U	Dalgalı / *Undulatog*	N	0 -2	Çok yumuşak / Very Soft	N	0 - 4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1 - 5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / *Stepped*	N	3 - 4	Yumuşak / Soft	N	5 - 10	Gevşek / Loose	PI : 5 - 10 %	Az / Low
Sl	Kaygan / *Slickensided*	N	5 - 8	Orta Katı / Medium stiff	N	11 - 30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10 - 20 %	Orta / Medium
Po	Parlak / *Polished*	N	9 -15	Katı / Stiff	N	31 - 50	Sıkı / Dense	PI : 20 - 40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / *Smooth*	N	16 -30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : > 40 %	Çok Yüksek/Very High
Ro	Pürüzlü / *Rough*	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / *Standard Penetration Test* | UD : Örselenmemiş Numune / *Undisturbed Sample* | *CR : Karot Numunesi / Core Sample*

Sondör / Operator | **Logu Yapan** / *Logged by* | **Kontrol** / *Checked by*

Yüklenici / Contractor	İşveren / Client	Proje / Project

SONDAJ LOGU / *BORING LOG*

Sondaj No/*Borehole No*	BS-7	**Koordinatlar** *Coordinates*	Kot		**Sayfa No** / *Page No*	1/1
Derinlik / ***Depth (m)***	9.04		X		**Sondaj Yönt.** / *Drill Method*	Rotari Sulu Sistem
Kilometre / *Kilometer*			Y		**Sondaj Makinası** / *Drill Rig*	Delta Drill D-90 (K.B.)
Baş. Tarihi / *Start Date*	17.05.2009	**Bitiş Tarihi** / *Finish Date*	17.05.2009		**Muhafaza** / *Casing*	6.00

Sondaj Derinliği *Borehole Depth* (m)	Yeraltısuyu Seviyesi *Underground water Level* (m)	Numune Derinliği *Sample Depth* (m)	Numune Türü *Sample Type*	Standart Penetrasyon Deneyi *Standard Penetration Test* 15	30	45	Standart Penetrasyon Grafiği *Standard Penetration Graph* 10 20 30 40 50	Yerinde Deneyler *In-Situ Test* (mm)	Zemin-Kaya Profili *Soil-Rock Symbol*	Zemin-Kaya Tanımlaması *Soil-Rock Description*	Karot Yüzdesi *Core Recovery* %	Sİlindirik Karot Yüzdesi / SCR %	RQD %	Ayrışma / *Weathering*	Dayanım / *Strength*
-1		1,00/1,45	SPT-1	13	16	16				YAPAY DOLGU					
-2		2,00/2,45	SPT-2	9	7	6				(Krem - Sarımsı Kahverengi, Kumsuzmsu Kahverengi Tamamen Ayrışmış Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş Granit Granit)					
-3		3,00/3,45	SPT-3	5	11	15									
-4		4,00/4,45	SPT-4	8	9	10									
-5		5,00/5,45	SPT-5	9	15	16									
-6		6,00/6,45	SPT-6	28	24	34				6.40					
-7		7,00/7,45	SPT-7	3	7	10				ESKİ YAPAY DOLGU (Koyu Kahverengi - Kahverengi, Az Killi - Killi KUM					
-8		8,00/8,10	SPT-8	50/10						7.80					
-9		9,00/9,04	SPT-9	50/4						Krem - Sarımsı Kahverengi, Pembe, Tamamen Ayrışmış Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş GRANİT 9.04					
-10										Kuyu Sonu					

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ *WEATHERING GRADE of ROCK*		KAYANIN DAYANIM DERECESİ *ROCK STRENGTH GRADE*			ARALIK *SPACING* (mm)		
W1	Taze/*Fresh*	St1	Son derece zayıf *Extremely weak*	UCS(MPa) < 1	S1	< 20	Son derece dar aralıklı *Extremely closely spaced*
		St2	Çok zayıf *Very Weak*	UCS(MPa) : 1-5	S2	20-60	Çok dar aralıklı *Very closely spaced*
W2	Az ayrışmış *Slightly weathered*	St3	Zayıf / Weak	UCS (MPa): 5-25	S3	60-200	Dar aralıklı *Closely spaced*
W3	Orta derecede ayrışmış *Moderately weathered*	St4	Orta sağlam / Medium strong	UCS (MPa) : 25 - 50	S4	200-600	Orta geniş aralıklı *Moderately widely spaced*
W4	Çok ayrışmış *Highly weathered*	St5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş aralıklı *Widely spaced*
W5	Tamamen ayrışmış *Completely weathered*	St6	Çok sağlam *Very strong*	UCS (MPa) : 100 - 200	S6	2000-6000	Çok geniş aralıklı *Very widely spaced*
W6	Kalıntı Zemin *Residual soil*	St7	Son derece sağlam *Extremely Strong*	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son derece geniş aralıklı *Extremely widely spaced*

KISALTMALAR / *ABBREVIATIONS*		ZEMİN PARAMETRELERİ / *SOIL PARAMETERS*							
P	Düzlemsel / *Planar*	İNCE DANELİ / *FINE GRAINED*			İRİ DANELİ / *COARSE GRAINED*			PLASTİSİTE / *PLASTICITY*	
U	Dalgalı / *Undulating*	N	0 -2	Çok yumuşak / Very Soft	N	0 - 4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1 - 5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / *Stepped*	N	3 - 4	Yumuşak / Soft	N	5 - 10	Gevşek / Loose	PI : 5 - 10 %	Az / Low
Sl	Kaygan / *Slickensided*	N	5 - 8	Orta Katı / Medium stiff	N	11 - 30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10 - 20 %	Orta / Medium
Po	Parlak / *Polished*	N	9 -15	Katı / Stiff	N	31 - 50	Sıkı / Dense	PI : 20 - 40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / *Smooth*	N	16 -30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : > 40 %	Çok Yüksek/Very High
Ro	Pürüzlü / *Rough*	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / *Standard Penetration Test* | UD : Örselenmemiş Numune / *Undisturbed Sample* | CR : Karot Numunesi / *Core Sample*

Sondör / *Operator* | **Logu Yapan** / *Logged by* | **Kontrol** / *Checked by*

Yüklenici / Contractor	İşveren / Client	Proje / Project

SONDAJ LOGU / *BORING LOG*

Sondaj No/*Borehole No*	BS-8	**Koordinatlar** *Coordinates*	Kot		**Sayfa No** / *Page No*	1/1
Derinlik / *Depth (m)*	9.05		X		**Sondaj Yönt.**/ *Drill Method*	Rotari Sulu Sistem
Kilometre / *Kilometer*			Y		**Sondaj Makinası** / *Drill Rig*	Delta Drill D-90 (K.B.)
Baş. Tarihi / *Start Date*	18.05.2009	**Bitiş Tarihi** / *Finish Date*	18.05.2009		**Muhafaza** / *Casing*	1.50

Sondaj Derinliği / *Borehole Depth* (m)	Yeraltısuyu Seviyesi / *Underground water* (m)	Numune Derinliği / *Sample Depth* (m)	Numune Türü / *Sample Type*	Standart Penetrasyon Deneyi / *Standard Penetration Test* 15	30	45	Standart Penetrasyon Grafiği / *Standard Penetration Graph* 10 20 30 40 50	Yerinde Deneyler / *In-Situ Test* (mm)	Zemin-Kaya Profili / *Soil-Rock Symbol*	Zemin-Kaya Tanımlaması / *Soil-Rock Description*	Karot Yüzdesi / *Core Recovery* %	Silindirik Karot Yüzdesi / *SCR* %	RQD %	Ayrışma / *Weathering*	Dayanım / *Strength*
-1		1,00/1,45	SPT-1	6	10	12				YAPAY DOLGU (Krem - Sarımsı Kahverengi, Kırmızımsı Kahverengi Tamamen Ayrışarak Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş Granit)					
-2		2,00/2,45	SPT-2	4	5	5									
-3		3,00/3,45	SPT-3	7	10	24									
-4		4,00/4,45	SPT-4	6	7	9									
-5		5,00/5,45	SPT-5	10	14	31									
-6		6,00/6,45	SPT-6	7	10	25				6.00					
-7		7,00/7,45	SPT-7	5	6	9				ESKİ YAPAY DOLGU (Koyu Kahverengi - Kahverengi, Az Killi - Killi KUM					
-8		8,00/8,09	SPT-8	50/9						7.80 Krem - Sarımsı Kahverengi, Pembe, Tamamen Ayrışarak Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş GRANİT					
-9		9,00/9,05	SPT-9	50/5						9.05					
-10										Koyu Sonu					

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / *WEATHERING GRADE of ROCK*		KAYANIN DAYANIM DERECESİ / *ROCK STRENGTH GRADE*			ARALIK / *SPACING* (mm)		
W1	Taze / *Fresh*	St1	Son derece zayıf / *Extremely weak*	UCS(MPa) < 1	S1	< 20	Son derece dar aralıklı / *Extremely closely spaced*
		St2	Çok zayıf / *Very Weak*	UCS(MPa) : 1-5	S2	20-60	Çok dar aralıklı / *Very closely spaced*
W2	Az ayrışmış / *Slightly weathered*	St3	Zayıf / Weak	UCS (MPa) : 5-25	S3	60-200	Dar aralıklı / *Closely spaced*
W3	Orta derecede ayrışmış / *Moderately weathered*	St4	Orta sağlam / Medium strong	UCS (MPa) : 25 - 50	S4	200-600	Orta geniş aralıklı / *Moderately widely spaced*
W4	Çok ayrışmış / *Highly weathered*	St5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş aralıklı / *Widely spaced*
W5	Tamamen ayrışmış / *Completely weathered*	St6	Çok sağlam / *Very strong*	UCS (MPa) : 100 - 200	S6	2000-6000	Çok geniş aralıklı / *Very widely spaced*
W6	Kalıntı Zemin / *Residual soil*	St7	Son derece sağlam / *Extremely Strong*	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son derece geniş aralıklı / *Extremely widely spaced*

KISALTMALAR / *ABBREVIATIONS*		ZEMİN PARAMETRELERİ / *SOIL PARAMETERS*									
		İNCE DANELİ / *FINE GRAINED*			İRİ DANELİ / *COARSE GRAINED*			PLASTİSİTE / *PLASTICITY*	
P	Düzlemsel / *Planar*								
U	Dalgalı / *Undulating*	N	0 -2	Çok yumuşak / Very Soft	N	0 - 4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1 - 5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / *Stepped*	N	3 - 4	Yumuşak / Soft	N	5 - 10	Gevşek / Loose	PI : 5 - 10 %	Az / Low
St	Kaygan / *Slickensided*	N	5 - 8	Orta Katı / Medium stiff	N	11 - 30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10 - 20 %	Orta / Medium
Po	Pürüzlü / *Polished*	N	9 -15	Katı / Stiff	N	31 - 50	Sıkı / Dense	PI : 20 - 40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / *Smooth*	N	16 -30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : > 40 %	Çok Yüksek/Very High
Ro	Pürüzlü / *Rough*	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / *Standard Penetration Test* | UD : Örselenmemiş Numune / *Undisturbed Sample* | *CR : Karot Numunesi / Core Sample*

Sondör / Operator | **Logu Yapan** / *Logged by* | **Kontrol** / *Checked by*

Yüklenici / Contractor	İşveren / Client	Proje / Project

SONDAJ LOGU / *BORING LOG*

Sondaj No / *Borehole No*	BS-9	**Koordinatlar** / *Coordinates*	Kot		**Sayfa No** / *Page No*	1/1	
Derinlik / *Depth (m)*	8.10		X		**Sondaj Yönt.** / *Drill Method*	Rotari Sulu Sistem	
Kilometre / *Kilometer*			Y		**Sondaj Makinası** / *Drill Rig*	Delta Drill D-90 (K.B.)	
Baş. Tarihi / *Start Date*	23.05.2009	**Bitiş Tarihi** / *Finish Date*	23.05.2009		**Muhafaza** / *Casing*	5.00	

Sondaj Derinliği *Borehole Depth*	Yeraltısuyu Seviyesi *Undergroundwater*	Numune Derinliği *Sample Depth*	Numune Türü *Sample Type*	Standart Penetrasyon Deneyi *Standard Penetration Test*			Standart Penetrasyon Grafiği *Standard Penetration Graph*	Yerinde Deneyler *In-Situ Test*	Zemin-Kaya Profili *Soil-Rock Symbol*	Zemin-Kaya Tanımlaması *Soil-Rock Description*	Karot Yüzdesi *Core Recovery*	Silindirik Karot Yüzdesi / *SCR*	RQD	Ayrışma *Weathering*	Dayanım *Strength*
(m)	(m)	(m)		15	30	45	10 20 30 40 50	(mm)			%	%	%		
-1		1,00/1,45	SPT-1	23	44	45				YAPAY DOLGU (Krem - Sarımsı Kahverengi, Kırmızımsı Kahverengi Tamamen Ayrışarak Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş Granit)					
-2		2,00/2,45	SPT-2	8	13	18									
-3		3,00/3,45	SPT-3	9	16	26									
-4		4,00/4,45	SPT-4	7	11	14									
-5		5,00/5,45	SPT-5	11	17	24									
-6		6,00/6,45	SPT-6	9	24	36				6.50					
-7		7,00/7,45	SPT-7	7	9	13				ESKİ YAPAY DOLGU (Kahverengi, Killi Kum - Kumlu Kil) 7.60					
-8		8,00/8,09	SPT-8	50/10						Krem - Sarımsı Kahverengi, Tamamen Ayrışarak Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş GRANİT					
-9										8.10 Kuyu Sonu					
-10															

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ *WEATHERING GRADE of ROCK*		KAYANIN DAYANIM DERECESİ *ROCK STRENGTH GRADE*			ARALIK *SPACING (mm)*		
W1	Taze / *Fresh*	St1	Son derece zayıf *Extremely weak*	UCS(MPa) < 1	S1	< 20	Son derece dar aralıklı *Extremely closely spaced*
		St2	Çok zayıf *Very Weak*	UCS(MPa) : 1-5	S2	20-60	Çok dar aralıklı *Very closely spaced*
W2	Az ayrışmış *Slightly weathered*	St3	Zayıf / Weak	UCS (MPa): 5-25	S3	60-200	Dar aralıklı *Closely spaced*
W3	Orta derecede ayrışmış *Moderately weathered*	St4	Orta sağlam / Medium strong	UCS (MPa) : 25 - 50	S4	200-600	Orta geniş aralıklı *Moderately widely spaced*
W4	Çok ayrışmış *Highly weathered*	St5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş aralıklı *Widely spaced*
W5	Tamamen ayrışmış *Completely weathered*	St6	Çok sağlam *Very strong*	UCS (MPa) : 100 - 200	S6	2000-6000	Çok geniş aralıklı *Very widely spaced*
W6	Kalıntı Zemin *Residual soil*	St7	Son derece sağlam *Extremely Strong*	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son derece geniş aralıklı *Extremely widely spaced*

KISALTMALAR / *ABBREVIATIONS*		ZEMİN PARAMETRELERİ / *SOIL PARAMETERS*							
P	Düzlemsel / *Planar*	İNCE DANELİ / *FINE GRAINED*			İRİ DANELİ / *COARSE GRAINED*			PLASTİSİTE / *PLASTICITY*	
U	Dalgalı / *Undulating*	N	0 -2	Çok yumuşak / Very Soft	N	0 - 4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1 - 5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / *Stepped*	N	3 - 4	Yumuşak / Soft	N	5 - 10	Gevşek / Loose	PI : 5 - 10 %	Az / Low
Sl	Kaygan / *Slickensided*	N	5 - 8	Orta Katı / Medium stiff	N	11 - 30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10 - 20 %	Orta / Medium
Po	Pürüzlü / *Polished*	N	9 -15	Katı / Stiff	N	31 - 50	Sıkı / Dense	PI : 20 - 40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / *Smooth*	N	16 -30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : > 40 %	Çok Yüksek/Very High
Ro	Pürüzlü / *Rough*	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / *Standard Penetration Test* — UD : Örselenmemiş Numune / *Undisturbed Sample* — CR : Karot Numunesi / *Core Sample*

Sondör / *Operator* — **Logu Yapan** / *Logged by* — **Kontrol** / *Checked by*

Yüklenici / Contractor	İşveren / Client	Proje / Project

SONDAJ LOGU / *BORING LOG*

Sondaj No/*Borehole No*	**CS-2**	**Koordinatlar** *Coordinates*	Kot		**Sayfa No** / *Page No*	1/1
Derinlik / *Depth (m)*	**10.03**		x		**Sondaj Yönt.** / *Drill Method*	Rotari Sulu Sistem
Kilometre / *Kilometer*			y		**Sondaj Makinası** / *Drill Rig*	Delta Drill D-90 (K.B.)
Baş. Tarihi / *Start Date*	20.05.2009	**Bitiş Tarihi** / *Finish Date*	20.05.2009		**Muhafaza** / *Casing*	6.00

Sondaj Derinliği *Borehole Depth* (m)	Örnekleyici Ağırlığının Uygulandığı Noktaların Kotu *Load* (m)	Numune Derinliği *Sample Depth* (m)	Numune Türü *Sample Type*	Standart Penetrasyon Deneyi *Standard Penetration Test* 15	30	45	Standart Penetrasyon Grafiği *Standard Penetration Graph* 10 20 30 40 50	Yerinde Deneyler *In-Situ Test* (mm)	Zemin-Kaya Profili *Soil-Rock Symbol*	Zemin-Kaya Tanımlaması *Soil-Rock Description*	Karot Yüzdesi *Core Recovery* %	Sürekli Karot Yüzdesi / *SCR* %	RQD %	Ayrışma / *Weathering*	Dayanım / *Strength*
-1		1,00/1,45	SPT-1	10	10	9				YAPAY DOLGU + ESKİ YAPAY DOLGU (Kireta - Sarımsı Kahverengi, Kumsuzmu Kahverengi, Tamamen Ayrışarak Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş Granit - Yer Yer Koyu Kahverengi Killi Kum)					
-2		2,00/2,45	SPT-2	3	5	5									
-3		3,00/3,45	SPT-3	1	3	5									
-4		4,00/4,45	SPT-4	11	13	16									
-5		5,00/5,45	SPT-5	18	19	15									
-6		6,00/6,45	SPT-6	20	22	14									
-7		7,00/7,45	SPT-7	11	13	9				7.50					
-8		8,00/8,45	SPT-8	6	9	10				ESKİ YAPAY DOLGU (Kumsuzmu Kahverengi, Kumlu Kil) 8.80					
-9		9,00/9,45	SPT-9	23	50/11					Kum - Sarımsı Kahverengi, Pembe, Tamamen Ayrışarak Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş GRANİT 10.03					
-10		10,00/10,03	SPT-10	50/3		Boş				Kuyu Sonu					

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / *WEATHERING GRADE of ROCK*

W1	Taze/*Fresh*	
W2	Az ayrışmış / *Slightly weathered*	
W3	Orta derecede ayrışmış / *Moderately weathered*	
W4	Çok ayrışmış / *Highly weathered*	
W5	Tamamen ayrışmış / *Completely weathered*	
W6	Kalıntı Zemin / *Residual soil*	

KAYANIN DAYANIM DERECESİ / *ROCK STRENGTH GRADE*

S01	Son derece zayıf / *Extremely weak*	UCS(MPa) < 1	
S02	Çok zayıf / *Very Weak*	UCS(MPa) : 1-5	
S03	Zayıf / Weak	UCS (MPa): 5-25	
S04	Orta sağlam / Medium strong	UCS (MPa) : 25 - 50	
S05	Sağlam / Strong	UCS (MPa) : 50-100	
S06	Çok sağlam / *Very strong*	UCS (MPa) : 100 - 200	
S07	Son derece sağlam / *Extremely Strong*	UCS (MPa) > 200	

ARALIK / *SPACING* (mm)

S1	< 20	Son derece dar aralıklı / *Extremely closely spaced*
S2	20-60	Çok dar aralıklı / *Very closely spaced*
S3	60-200	Dar aralıklı / *Closely spaced*
S4	200-600	Orta geniş aralıklı / *Moderately widely spaced*
S5	600-2000	Geniş aralıklı / *Widely spaced*
S6	2000-6000	Çok geniş aralıklı / *Very widely spaced*
S7	> 6000	Son derece geniş aralıklı / *Extremely widely spaced*

KISALTMALAR / *ABBREVIATIONS*

P	Düzlemsel / *Planar*
U	Dalgalı / *Undulating*
S	Basamaklı / *Stepped*
Sl	Kaygan / *Slickensided*
Po	Pudak / *Polished*
Sm	Düz / *Smooth*
Ro	Pürüzlü / *Rough*

ZEMİN PARAMETRELERİ / *SOIL PARAMETERS*

İNCE DANELİ / *FINE GRAINED*				İRİ DANELİ / *COARSE GRAINED*			
N	0 -2	Çok yumuşak / Very Soft		N	0 - 4	Çok Gevşek / Very Loose	
N	3 - 4	Yumuşak / Soft		N	5 - 10	Gevşek / Loose	
N	5 - 8	Orta Kati / Medium stiff		N	11 - 30	Orta Sıkı / Medium Dense	
N	9 -15	Kati / Stiff		N	31 - 50	Sıkı / Dense	
N	16 -30	Çok Kati / Very Stiff		N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	
N	> 30	Sert / Hard					

PLASTİSİTE / *PLASTICITY*	
PI : 1 - 5 %	Çok Az / Slight
PI : 5 - 10 %	Az / Low
PI : 10 - 20 %	Orta / Medium
PI : 20 - 40 %	Yüksek / High
PI : > 40 %	Çok Yüksek/Very High

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / *Standard Penetration Test* — UD : Örselenmemiş Numune / *Undisturbed Sample* — CR : Karot Numunesi / *Core Sample*

Sondör / *Operator* — **Logu Yapan** / *Logged by* — **Kontrol** / *Checked by*

Yüklenici / Contractor	İşveren / Client	Proje / Project

SONDAJ LOGU / *BORING LOG*

Sondaj No/*Borehole No*	CS-3	**Koordinatlar** *Coordinates*	Kot		**Sayfa No** / *Page No*	1/1
Derinlik / ***Depth (m)***	10.42		X		**Sondaj Yönt.**/ *Drill Method*	Rotari Sulu Sistem
Kilometre / *Kilometer*			Y		**Sondaj Makinası** / *Drill Rig*	Delta Drill D-90 (K.B.)
Baş. Tarihi / *Start Date*	19.05.2009	**Bitiş Tarihi** / *Finish Date*	20.05.2009		**Muhafaza** / *Casing*	6.00

Sondaj Derinliği *Borehole Depth* (m)	Yeraltısuyu Seviyesi *Underground water Level* (m)	Numune Derinliği *Sample Depth* (m)	Numune Türü *Sample Type*	Standart Penetrasyon Deneyi *Standard Penetration Test* 15	30	45	Standart Penetrasyon Grafiği *Standard Penetration Graph* 10 20 30 40 50	Yerinde Deneyler *In-Situ Test* (mm)	Zemin-Kaya Profili *Soil-Rock Symbol*	Zemin-Kaya Tanımlaması *Soil-Rock Description*	Karot Yüzden *Core Recovery* %	Silindirik Karot Yüzdesi / *SCR* %	RQD %	Ayrışma / *Weathering*	Dayanım / *Strength*
-1		1,00/1,45	SPT-1	9	21	18				YAPAY DOLGU + ESKİ YAPAY DOLGU					
-2		2,00/2,45	SPT-2	3	9	12				(Krem - Sarımsı Kahverengi, Kırmızımsı Kahverengi, Tamamen Ayrışarak Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş Granit - Yer Yer Koyu Kahverengi Killi Kum)					
-3		3,00/3,45	SPT-3	2	3	4									
-4		4,00/4,45	SPT-4	18	21	22									
-5		5,00/5,45	SPT-5	7	11	12									
-6		6,00/6,45	SPT-6	29	31	40									
-7		7,00/7,45	SPT-7	4	5	5				7.80					
-8		8,00/8,45	SPT-8	6	9	10				ESKİ YAPAY DOLGU (Kırmızımsı Kahverengi, Kumlu Kil)					
-9		9,00/9,45	SPT-9	7	12	15				9.50					
-10		10,00/10,42	SPT-10	9	40	50/12				Krem - Sarımsı Kahverengi, Pembe, Tamamen Ayrışarak Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş GRANİT					
										10.42					

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / *WEATHERING GRADE of ROCK*

W1	Taze/*Fresh*
W2	Az ayrışmış / *Slightly weathered*
W3	Orta derecede ayrışmış / *Moderately weathered*
W4	Çok ayrışmış / *Highly weathered*
W5	Tamamen ayrışmış / *Completely weathered*
W6	Kalıntı Zemin / *Residual soil*

KAYANIN DAYANIM DERECESİ / *ROCK STRENGTH GRADE*

St1	Son derece zayıf / *Extremely weak*	UCS(MPa) < 1
St2	Çok zayıf / *Very Weak*	UCS(MPa) : 1-5
St3	Zayıf / Weak	UCS (MPa) : 5-25
St4	Orta sağlam / Medium strong	UCS (MPa) : 25 - 50
St5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) : 50-100
St6	Çok sağlam / *Very strong*	UCS (MPa) : 100 - 200
St7	Son derece sağlam / *Extremely Strong*	UCS (MPa) > 200

ARALIK / *SPACING* (mm)

S1	< 20	Son derece dar aralıklı / *Extremely closely spaced*
S2	20-60	Çok dar aralıklı / *Very closely spaced*
S3	60-200	Dar aralıklı / *Closely spaced*
S4	200-600	Orta geniş aralıklı / *Moderately widely spaced*
S5	600-2000	Geniş aralıklı / *Widely spaced*
S6	2000-6000	Çok geniş aralıklı / *Very widely spaced*
S7	> 6000	Son derece geniş aralıklı / *Extremely widely spaced*

KISALTMALAR / *ABBREVIATIONS*

P	Düzlemsel / *Planar*
U	Dalgalı / *Undulating*
S	Basamaklı / *Stepped*
Sl	Kaygan / *Slickensided*
Po	Parlak / *Polished*
Sm	Düz / *Smooth*
Ro	Pürüzlü / *Rough*

ZEMİN PARAMETRELERİ / *SOIL PARAMETERS*

İNCE DANELİ / *FINE GRAINED*			İRİ DANELİ / *COARSE GRAINED*			PLASTİSİTE / *PLASTICITY*	
N	0 -2	Çok yumuşak / Very Soft	N	0 - 4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1 - 5 %	Çok Az / Slight
N	3 - 4	Yumuşak / Soft	N	5 - 10	Gevşek / Loose	PI : 5 - 10 %	Az / Low
N	5 - 8	Orta Kati / Medium stiff	N	11 - 30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10 - 20 %	Orta / Medium
N	9 -15	Katı / Stiff	N	31 - 50	Sıkı / Dense	PI : 20 - 40 %	Yüksek / High
N	16 -30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : > 40 %	Çok Yüksek/Very High
N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / *Standard Penetration Test* — UD : Deselenmemiş Numune / *Undisturbed Sample* — *CR : Karot Numunesi / Core Sample*

Sondör / *Operator* — **Loga Yapan** / *Logged by* — **Kontrol** / *Checked by*

Yüklenici / Contractor	İşveren / Client	Proje / Project

SONDAJ LOGU / *BORING LOG*

Sondaj No/*Borehole No*	CS-4	**Koordinatlar** *Coordinates*	Kot		**Sayfa No** / *Page No*	1/1
Derinlik / ***Depth (m)***	9.27		X		**Sondaj Yönt.**/ *Drill Method*	Rotari Sulu Sistem
Kilometre / *Kilometer*			Y		**Sondaj Makinası** / *Drill Rig*	Delta Drill D-90 (K.R.)
Baş. Tarihi / *Start Date*	22.05.2009	**Bitiş Tarihi** / *Finish Date*	22.05.2009		**Muhafaza** / *Casing*	1.50

Sondaj Derinliği *Borehole Depth*	Yeraltısuyu Seviyesi *Underground water Level*	Numune Derinliği *Sample Depth*	Numune Türü *Sample Type*	Standart Penetrasyon Deneyi *Standard Penetration Test*			Standart Penetrasyon Grafiği *Standard Penetration Graph*	Yerinde Deneyler *In-Situ Test*	Zemin-Kaya Profili *Soil-Rock Symbol*	Zemin-Kaya Tanımlaması *Soil-Rock Description*	Karot Yüzdesi *Core Recovery*	Sıkılmlık Karot Yüzdesi / *SCR*	RQD	Ayrışma / *Weathering*	Dayanım / *Strength*
(m)	(m)	(m)		15	30	45	10 20 30 40 50	(mm)			%	%	%		
		0,00-0,45	SPT-1	12	10	13									
		0,45-0,90	SPT-2	9	17	15									
-1		0,90/1,35	SPT-3	7	11	12									
-2		2,00/2,45	SPT-4	6	9	17				YAPAY DOLGU + ESKİ YAPAY DOLGU					
-3		3,00/3,45	SPT-5	10	11	11				(Kiremi - Sarımsı Kahverengi, Kırmızımsı Kahverengi, Tamamen Ayrışmak Yer Yer Az Killi Kum Halinc Gelmiş Granit - Yer Yer Koyu Kahverengi Killi Kum)					
-4		4,00/4,45	SPT-6	16	17	10									
-5		5,00/5,45	SPT-7	15	15	10									
-6		6,00/6,45	SPT-8	8	9	17									
-7		7,00/7,45	SPT-9	5	5	8									
-8		8,00/8,45	SPT-10	7	10	20				8.40					
-9		9,00/9,27	SPT-11	22	50/12					Kremi - Sarımsı Kahverengi, Pembe, Tamamen Ayrışmak Yer Yer Az Killi Kum Halinc Gelmiş GRANİT					
-10										9.27 Kaya Sonu					

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ *WEATHERING GRADE of ROCK*		KAYANIN DAYANIM DERECESİ *ROCK STRENGTH GRADE*			ARALIK *SPACING* (mm)		
W1	Taze/*Fresh*	S1	Son derece zayıf *Extremely weak*	UCS(MPa) < 1	S1	< 20	Son derece dar aralıklı *Extremely closely spaced*
		S2	Çok zayıf *Very Weak*	UCS(MPa): 1-5	S2	20-60	Çok dar aralıklı *Very closely spaced*
W2	Az ayrışmış *Slightly weathered*	S3	Zayıf / Weak	UCS (MPa): 5-25	S3	60-200	Dar aralıklı *Closely spaced*
W3	Orta derecede ayrışmış *Moderately weathered*	S4	Orta sağlam / Medium strong	UCS (MPa) : 25 - 50	S4	200-600	Orta geniş aralıklı *Moderately widely spaced*
W4	Çok ayrışmış *Highly weathered*	S5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş aralıklı *Widely spaced*
W5	Tamamen ayrışmış *Completely weathered*	S6	Çok sağlam *Very strong*	UCS (MPa) : 100 - 200	S6	2000-6000	Çok geniş aralıklı *Very widely spaced*
W6	Kalıntı Zemin *Residual soil*	S7	Son derece sağlam *Extremely Strong*	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son derece geniş aralıklı *Extremely widely spaced*

KISALTMALAR / *ABBREVIATIONS*		ZEMİN PARAMETRELERİ / *SOIL PARAMETERS*								
		İNCE DANELİ / *FINE GRAINED*			İRİ DANELİ / *COARSE GRAINED*			PLASTİSİTE / *PLASTICITY*	
P	Düzlemsel / *Planar*	N	0 -2	Çok yumuşak / Very Soft	N	0 - 4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1 - 5 %	Çok Az / Slight
U	Dalgalı / *Undulating*	N	3 - 4	Yumuşak / Soft	N	5 - 10	Gevşek / Loose	PI : 5 - 10 %	Az / Low
S	Basamaklı / *Stepped*	N	5 - 8	Orta Katı / Medium stiff	N	11 - 30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10 - 20 %	Orta / Medium
Sl	Kaygan / *Slickensided*	N	9 -15	Katı / Stiff	N	31 - 50	Sıkı / Dense	PI : 20 - 40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / *Smooth*	N	16 -30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : > 40 %	Çok Yüksek/Very High
Ro	Pürüzlü / *Rough*	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / *Standard Penetration Test* | UD : Örselenmemiş Numune / *Undisturbed Sample* | CR : Karot Kumunesi / *Core Sample*

Sondör / Operator | **Logu Yapan** / *Logged by* | **Kontrol** / *Checked by*

Yüklenici / Contractor	İşveren / Client	Proje / Project

SONDAJ LOGU / *BORING LOG*

Sondaj No/*Borehole No*	CS-5	**Koordinatlar** *Coordinates*	Kot		**Sayfa No** / *Page No*	1/1
Derinlik / *Depth (m)*	9.40		x		**Sondaj Yönt.**/ *Drill Method*	Rotari Sulu Sistem
Kilometre / *Kilometer*			y		**Sondaj Makinası** / *Drill Rig*	Delta Drill D-50 (K.B.
Baş. Tarihi / *Start Date*	25.05.2009	**Bitiş Tarihi** / *Finish Date*	25.05.2009		**Muhafaza** / *Casing*	7.00

Sondaj Derinliği *Borehole Depth* (m)	Yeraltısuyu-seviyesi *Underground-water Level* (m)	Numune Derinliği *Sample Depth* (m)	Numune Türü *Sample Type*	Standart Penetrasyon Deneyi *Standard Penetration Test* 15	30	45	Standart Penetrasyon Grafiği *Standard Penetration Graph* 10 20 30 40 50	Yerinde Deneyler *In-Situ Test* (mm)	Zemin-Kaya Profili *Soil-Rock Symbol*	Zemin-Kaya Tanımlaması *Soil-Rock Description*	Karot Yüzdesi *Core Recovery* %	Sıhhatlik Karot Yüzdesi / *SCR* %	RQD %	Ayrışma / *Weathering*	Dayanım / *Strength*
-1		1,00/1,45	SPT-1	10	8	7				YAPAY DOLGU + ESKİ YAPAY DOLGU (Krem - Sarımsı Kahverengi, Kumsuzmsu Kahverengi, Tamamen Ayrışarak Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş Granit - Yer Yer Koyu Kahverengi Killi Kum)					
-2		2,00/2,45	SPT-2	5	9	16									
-3		3,00/3,45	SPT-3	8	11	14									
-4		4,00/4,45	SPT-4	22	31	31									
-5		5,00/5,45	SPT-5	18	38	40									
-6		6,00/6,45	SPT-6	5	8	10									
-7		7,00/7,45	SPT-7	9	12	12				(7,50 - 8,40 m ler Arası Yeşil, Grimsi Yeşil Kumlu Kil)					
-8		8,00/8,45	SPT-8	6	9	13				8,40					
-9		9,00/9,27	SPT-9	11	19	50/10				Krem - Sarımsı Kahverengi, Tamamen Ayrışarak Yer Yer Az Killi Kum Haline Gelmiş GRANİT					
-10										9,40 Kuyu Sonu					

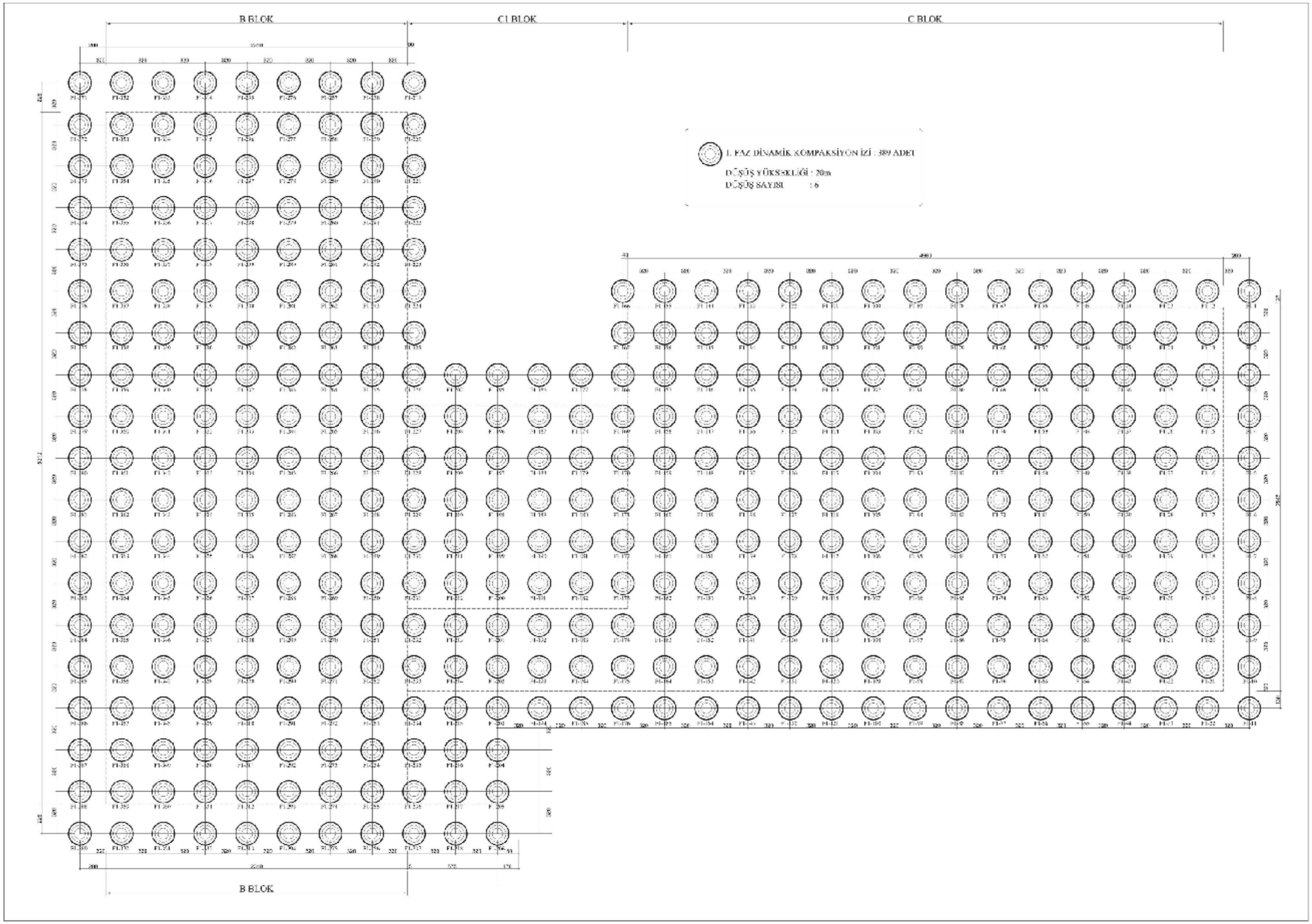
KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ *WEATHERING GRADE of ROCK*		**KAYANIN DAYANIM DERECESİ** *ROCK STRENGTH GRADE*			**ARALIK** *SPACING* (mm)		
W1	Taze/*Fresh*	St1	Son derece zayıf *Extremely weak*	UCS(MPa) < 1	S1	< 20	Son derece dar aralıklı *Extremely closely spaced*
		St2	Çok zayıf *Very Weak*	UCS(MPa) : 1-5	S2	20-60	Çok dar aralıklı *Very closely spaced*
W2	Az ayrışmış *Slightly weathered*	St3	Zayıf / *Weak*	UCS (MPa) : 5-25	S3	60-200	Dar aralıklı *Closely spaced*
W3	Orta derecede ayrışmış *Moderately weathered*	St4	Orta sağlam / *Medium streng*	UCS (MPa) : 25 - 50	S4	200-600	Orta geniş aralıklı *Moderately widely spaced*
W4	Çok ayrışmış *Highly weathered*	St5	Sağlam / *Strong*	UCS (MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş aralıklı *Widely spaced*
W5	Tamamen ayrışmış *Completely weathered*	St6	Çok sağlam *Very strong*	UCS (MPa) : 100 - 200	S6	2000-6000	Çok geniş aralıklı *Very widely spaced*
W6	Kalıntı Zemin *Residual soil*	St7	Son derece sağlam *Extremely Strong*	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son derece geniş aralıklı *Extremely widely spaced*

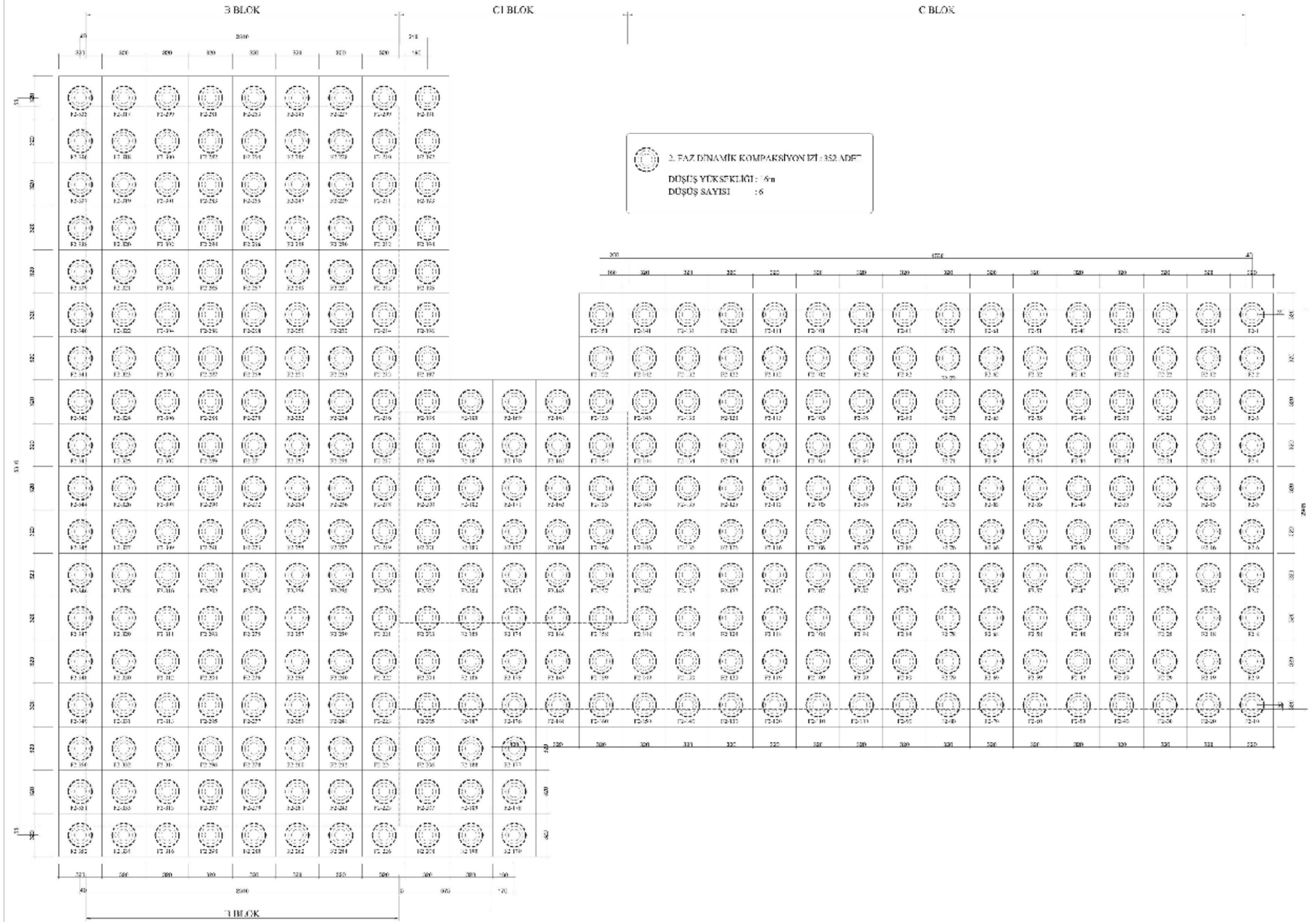
KISALTMALAR / *ABBREVIATIONS*		**ZEMİN PARAMETRELERİ** / *SOIL PARAMETERS*								
P	Düzlemsel / *Planar*	**İNCE TANELİ** / *FINE GRAINED*			**İRİ TANELİ** / *COARSE GRAINED*			**PLASTİSİTE** / *PLASTICITY*	
U	Dalgalı / *Undulating*	N	0 -2	Çok yumuşak / Very Soft	N	0 - 4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1 - 5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / *Stepped*	N	3 - 4	Yumuşak / Soft	N	5 - 10	Gevşek / Loose	PI : 5 - 10 %	Az / Low
Sl	Kaygan / *Slickensided*	N	5 - 8	Orta Katı / Medium stiff	N	11 - 30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10 - 20 %	Orta / Medium
Po	Parlak / *Polished*	N	9 -15	Katı / Stiff	N	31 - 50	Sıkı / Dense	PI : 20 - 40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / *Smooth*	N	16 -30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : > 40 %	Çok Yüksek/Very High
Ro	Pürüzlü / *Rough*	N	> 30	Sert / Hard					

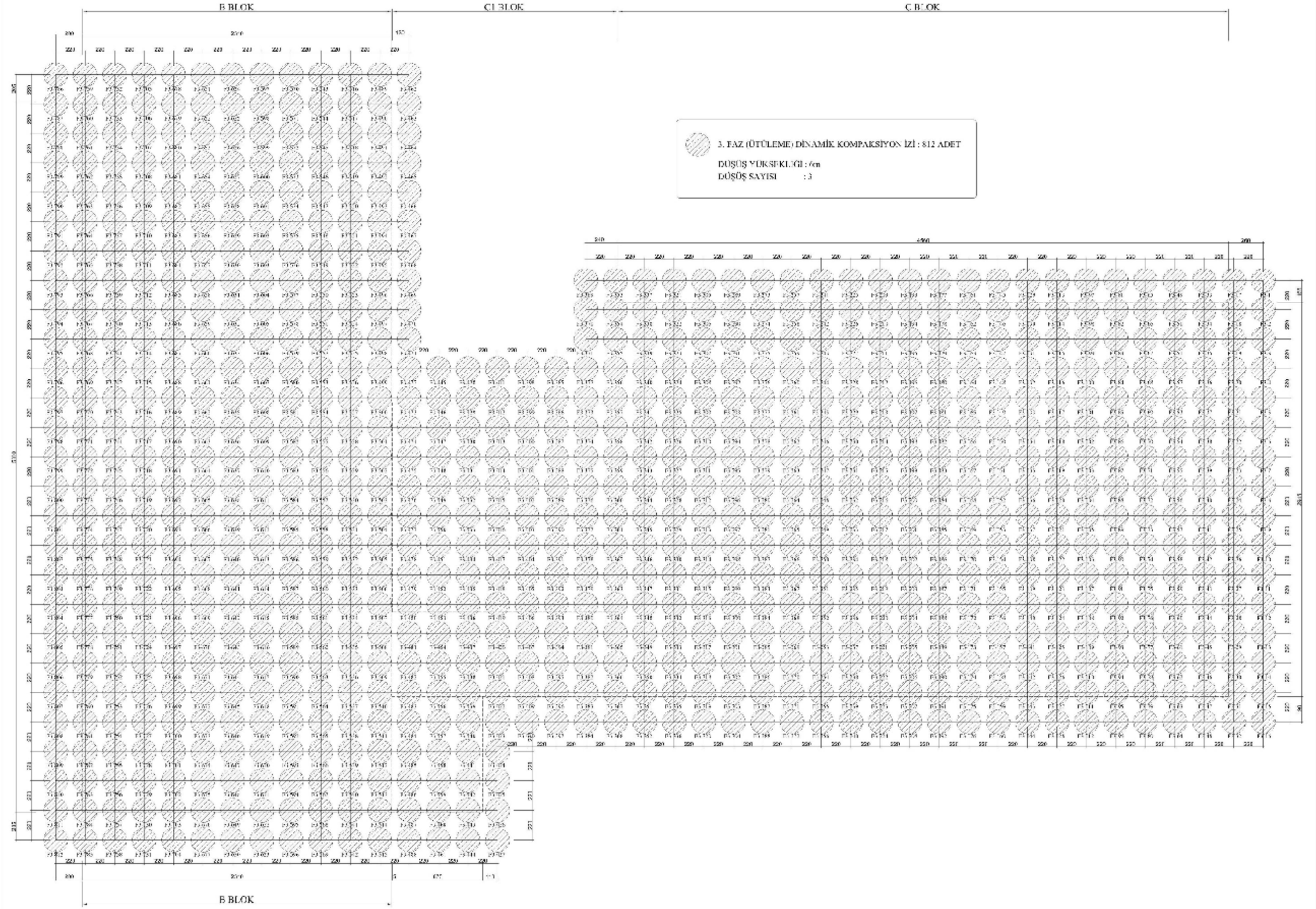
SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / *Standard Penetration Test* — UD : Orselenmemiş Numune / *Undisturbed Sample* — CR : Karot Numunesi / *Core Sample*

Sondör / *Operator* — **Logu Yapan** / *Logged by* — **Kontrol** / *Checked by*

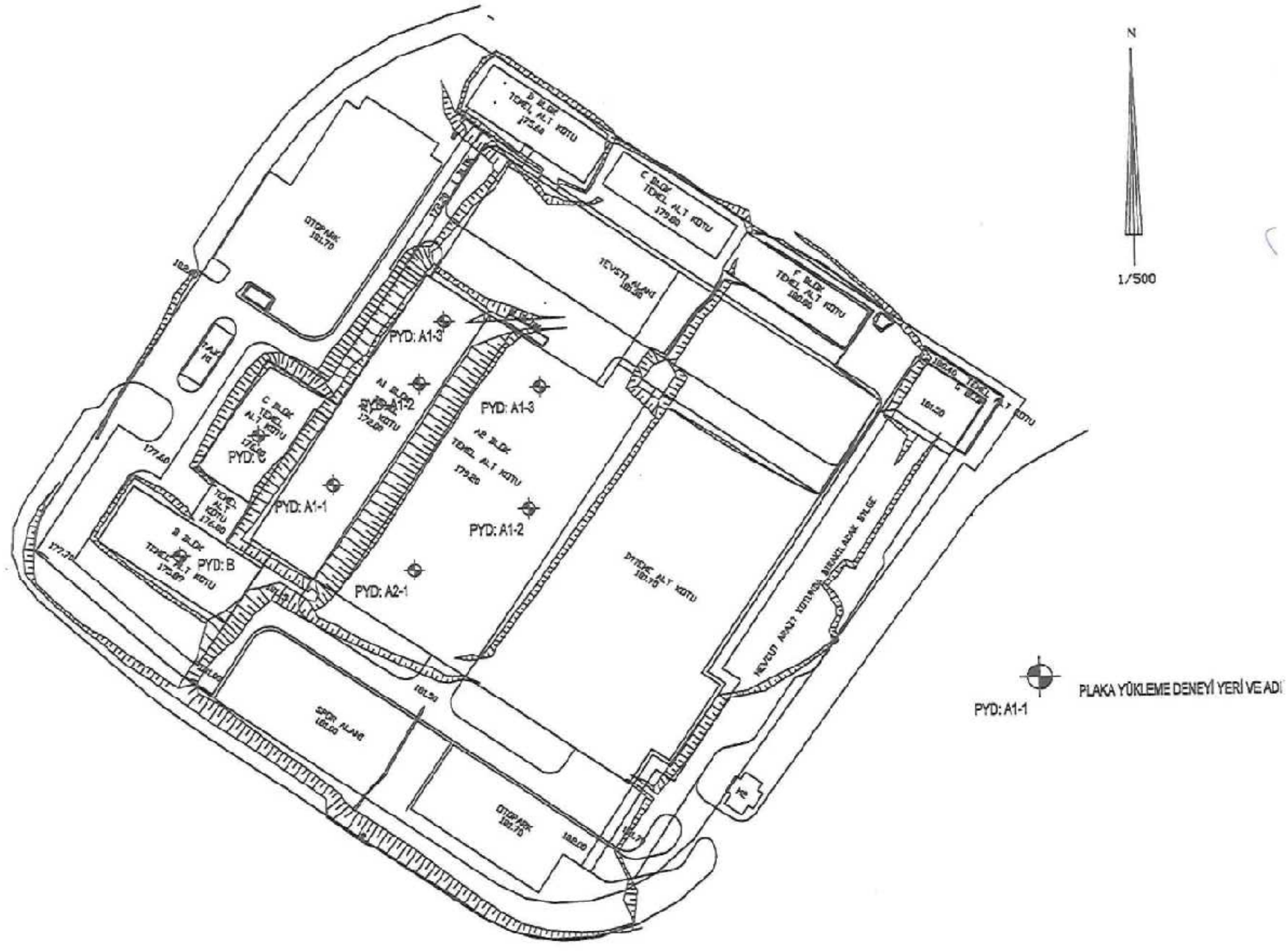
EK-10 : Dinamik Kompaksiyon Uygulama Planları


B BLOK
C1 BLOK
C BLOK
1. FAZ DİNAMİK KOMPAKSİYON İZİ : 389 ADET
DÜŞÜŞ YÜKSEKLİĞİ : 20m
DÜŞÜŞ SAYISI : 6
B BLOK


B BLOK
C1 BLOK
C BLOK
2. FAZ DİNAMİK KOMPAKSİYON İZİ : 352 ADET
DÜŞÜŞ YÜKSEKLİĞİ : 6m
DÜŞÜŞ SAYISI : 6
A BLOK


B BLOK
Ç BLOK
Ç BLOK
3. FAZ (ÜTÜLEME) DİNAMİK KOMPAKSİYON İZİ : 812 ADET
DÜŞÜŞ YÜKSEKLİĞİ : 6m
DÜŞÜŞ SAYISI : 3
B BLOK

EK-11 : Plaka Yükleme Deneyi Uygulama Noktaları


N
1/500
PYD: A1-3
PYD: A1-2
PYD: A1-1
PYD: A2-1
PYD: B
PYD: C
PLAKA YÜKLEME DENEYİ YERİ VE ADI
PYD: A1-1

EK-12 : Plaka Yükleme Deneyi Sonuçları

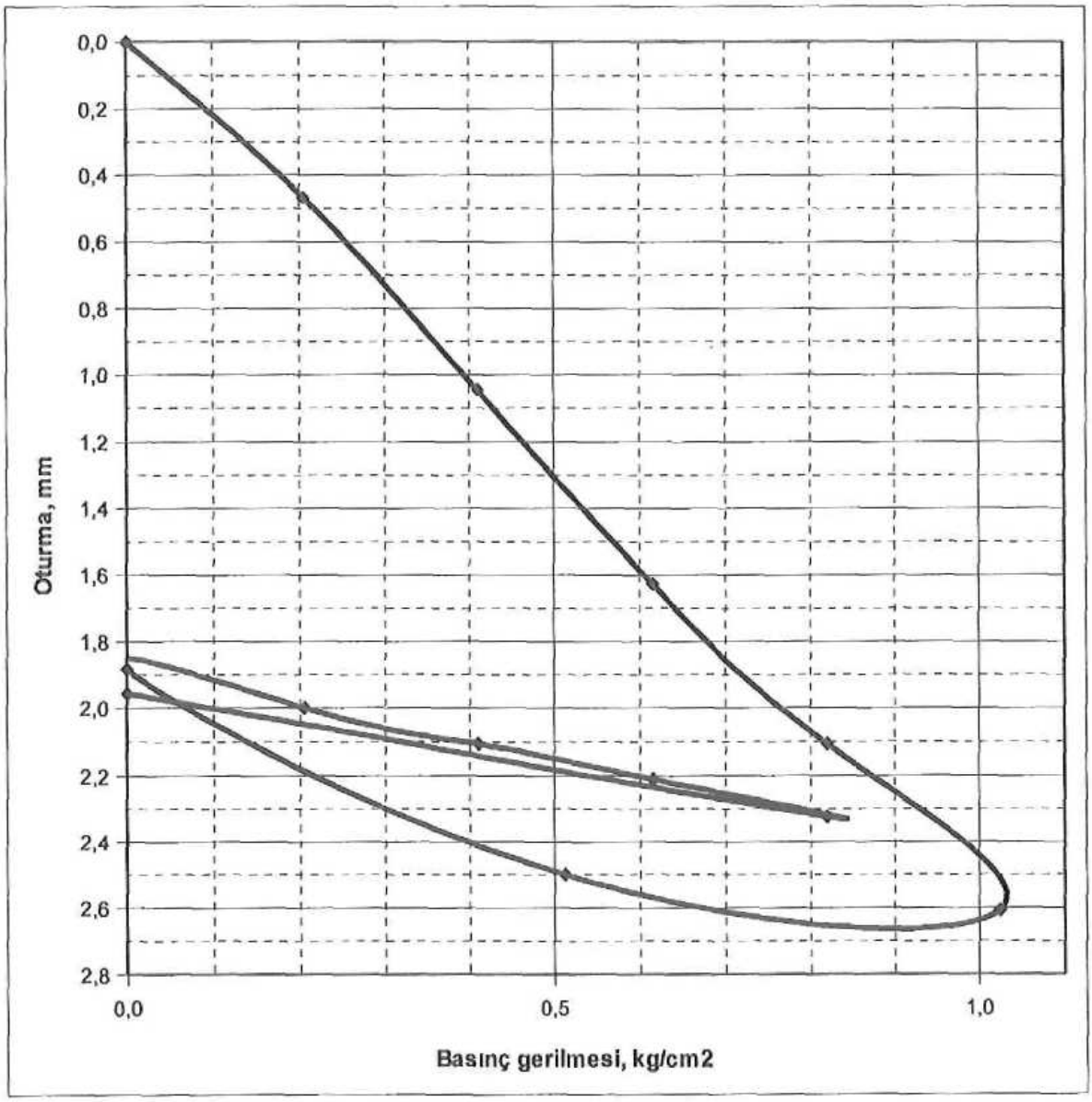
PLAKA YÜKLEME DENEYİ

Deney No: C

Proje:
Tarih:
Deneyi yapan:

Plaka çapı (mm) : 750
Hidrolik kriko çapı (mm) : 62
Oran : 146,33

Uygulanan basınç		Normalleştirilmiş okumalar, s (mm)				Oturma
Manometre (bar)	Plaka, σ_o (kg/cm²)	Saat 1	Saat 2	Saat 3	Toplam	Ort.
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,00	0,21	0,53	0,50	0,37	1,40	0,47
60,00	0,41	1,17	0,92	1,05	3,14	1,05
90,00	0,62	1,77	1,48	1,63	4,88	1,63
120,00	0,82	2,25	1,95	2,12	6,32	2,11
150,00	1,03	2,74	2,46	2,62	7,82	2,61
75,00	0,51	2,64	2,36	2,50	7,50	2,50
0,00	0,00	2,10	1,79	1,76	5,65	1,88
30,00	0,21	2,17	1,86	1,97	6,00	2,00
60,00	0,41	2,27	1,97	2,08	6,32	2,11
90,00	0,62	2,37	2,07	2,19	6,63	2,21
120,00	0,82	2,48	2,19	2,30	6,97	2,32
0,00	0,00	2,21	1,86	1,80	5,87	1,96


0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
1,2
1,4
1,6
1,8
2,0
2,2
2,4
2,6
2,8
Oturma, mm
0,0
0,5
1,0
Basınç gerilmesi, kg/cm2

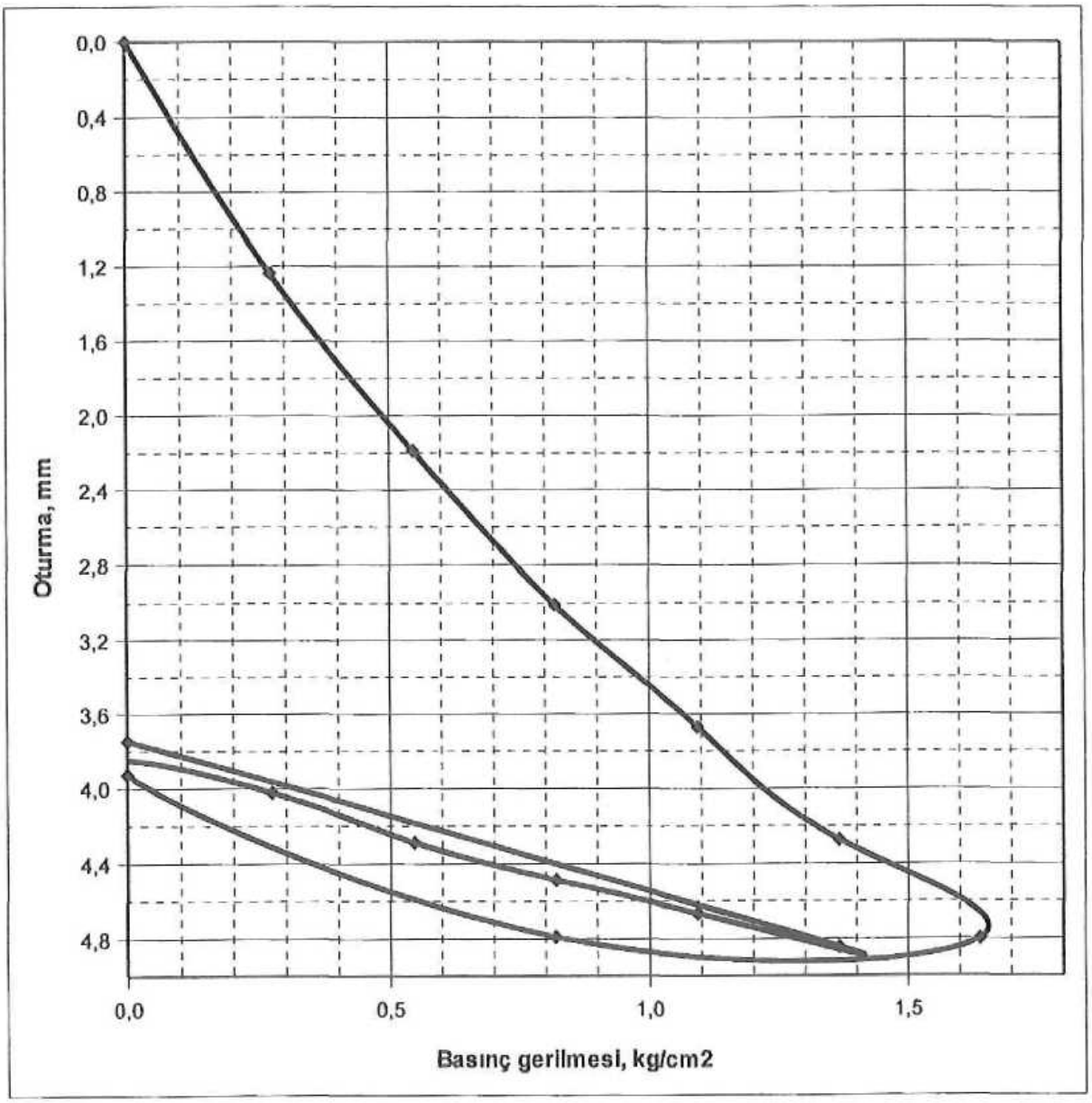
PLAKA YÜKLEME DENEYİ

Deney No: B

Proje:
Tarih:
Deneyi yapan:

Plaka çapı (mm) : 750
Hidrolik kriko çapı (mm) : 62
Oran : 146,33

Uygulanan basınç		Normalleştirilmiş okumalar, s (mm)				Oturma
Manometre (bar)	Plaka, σ_o (kg/cm²)	Saat 1	Saat 2	Saat 3	Toplam	Ort.
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
40,00	0,27	1,34	1,18	1,19	3,71	1,24
80,00	0,55	2,62	2,43	1,51	6,56	2,19
120,00	0,82	3,50	3,24	2,29	9,03	3,01
160,00	1,09	4,20	3,90	2,91	11,01	3,67
200,00	1,37	4,81	4,54	3,47	12,82	4,27
240,00	1,64	5,33	5,12	3,95	14,40	4,80
120,00	0,82	5,33	5,11	3,93	14,37	4,79
0,00	0,00	4,44	4,23	3,11	11,78	3,93
40,00	0,27	4,57	4,30	3,20	12,07	4,02
80,00	0,55	4,81	4,56	3,49	12,86	4,29
120,00	0,82	5,01	4,75	3,70	13,46	4,49
160,00	1,09	5,19	4,90	3,91	14,00	4,67
200,00	1,37	5,35	5,09	4,09	14,53	4,84
0,00	0,00	4,59	3,42	3,23	11,24	3,75


0,0
0,4
0,8
1,2
1,6
2,0
2,4
2,8
3,2
3,6
4,0
4,4
4,8
Oturma, mm
0,0
0,5
1,0
1,5
Basınç gerilmesi, kg/cm2

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad:	**Levent ŞENGEZER**
Doğum Yeri ve Tarihi:	**TRABZON, 27.07.1983**
Lisans Üniversite:	**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**