

AGIR DINAMİK KOMPAKSIYON-YÜKSEK ENERJİ KOLONLARI İLE ZEMİN İSLAHINA AIT BİR VAKA ANALIZI

**Durgunoglu, H.Turan¹, Varaksin, Serge², Karadayilar, Turhan³, Nasöz, Emre⁴, Briet,
Samuel²**

ÖZET

Bursa Carrefoursa insaati için temel zeminin dinamik kompaksiyon yöntemi ile islahi vaka analizi şeklinde sunulmaktadır. Söz konusu alan Bursa ovasında Nilüfer çayının alüvyonel birikinti konisi içerisinde yer almaktadır. Saha önceden malzeme ocagi ve hafriyat döküm sahasi olarak kullanılmıştır. Bu nedenle, kalınlığı 14.0 m'ye ulaşan kontrolsüz dolgular ve sahada oluşmuş olan derinliği 14.0 m'ye varan çukur alanlar kısmen dışarıdan getirilen malzeme ile doldurularak, tesviye edilmiş ve ağır dinamik kompaksiyon(HDC)-yüksek enerji kolonları (HEP) yöntemi ile tüm zeminler islah edilmiştir. Söz konusu sahada uygulanan dinamik kompaksiyon ile zemin islahi yönteminin proje ve inşaat aşamaları özetlenmiş olup, islahın proje kriterlerine göre yeterliliği uygulama esnasında yapılan kalite kontrol deneyleri verileri ışığında incelenmiştir.

1.GİRİŞ

Bu makalede Bursa Carrefoursa insaati için temel zeminin ve sahadaki zemin koşullarının dinamik kompaksiyon / yerdeğiştirme yöntemi ile islahi vaka analizi şeklinde sunulmaktadır. Söz konusu sahadaki temel zeminleri anılan yöntemle yüzeysel temellerin taşıma gücünün artırılması, toplam ve farklı oturumların azaltılması amacıyla yönelik olarak islah edilmiştir.

Proje kapsamında yer alan saha toplam 100,000 m² alana sahip olup, saha üzerinde Hipermarket, Ticaret Merkezi, Otopark yapısı, gelecekte yapılaşma planlanan sahalardan oluşan açık sahalarda yer almaktadır. Saha içerisinde planlanan yapılar üç ana bloktan oluşan "Süpermarket yapısı A-blok", "Ticaret merkezi ve kapalı otopark yapısı B-blok" ve C blok olarak adlandırılmıştır. Ayrıca ileride yapılaşma planlanan alanlar D blok ve E blok olarak adlandırılmıştır. Yukarıdaki yapı konumlarında temeller ve zemine oturan döşemeler altında toplam yaklaşık 78,500 m² alanda dinamik kompaksiyon ile zemin islahi uygulanmıştır. Sahanın genel yerleşimi Şekil 1'de sunulmuştur.

¹ Müsavir, Prof.Dr., Ins.Müh.Bölümü, Bogaziçi Üniversitesi, Bebek, İstanbul

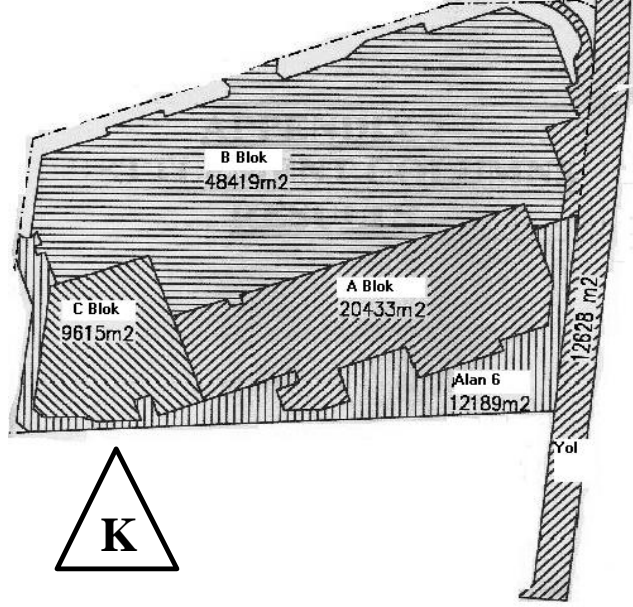
² Ins. Yük. Müh., Menard Soltraitement, Paris

³ Ins. Yük.Müh., ZETAS Zemin Teknolojisi A.S., İstanbul

⁴ Ins. Müh, Menard Soltraitement, Paris

2.PROJENİN TARIFI

A Blok toplam taban alanı 20,400 m² olan bir hipermarket yapısı ve bunun içerisinde yer alan ofisler, laboratuvarlar ve depolardan oluşmaktadır. B Blok ise 48,500m² taban alanı üzerinde yer alan ticaret merkezi ve kapalı otopark yapısından oluşmaktadır. Bu yapılar zemin kat döşemeleri +112 m kotunda (yapı kotu ± 0.00 m) olacak şekilde projelendirilmiştir. B Blok yapısında ise (ticaret merkez ve kapalı otopark) yüksekliği 4.0 m olan kısmi bir bodrum seviyesi mevcuttur. Sahadaki diğer tüm yapılar bodrumsuz olarak inşa edilmiştir. Açık otopark sahaları ve servis avluları zemin oturan döşemeler şeklinde +112 m kotunda teskil edilmiştir. Kapalı otopark yapısının döşeme üst kotu ise +108 m olup, açık otopark sahasının altında ve kısmen B blok yapısının altında bodrum şeklinde projelendirilmiştir.



Sekil 1. Genel yerleşim planı

Zemin islah uygulaması esnasında bir toplam kalite kontrol programı gerçekleştirilmiştir. Bu vaka analizi, ağır dinamik kompaksiyon / yerdegistirme ile uygulanan zemin islahının projelendirme, yapım ve performansını özetlemektedir. Bu makale kapsamında zemin etüdüleri ve temel mühendisliği değerlendirmeleri doğrultusunda tanımlanan geoteknik modelleme sunularak, zemin islahı esnasında uygulanan kalite kontrol / kalite tahkik deneyleri sonuçları ile uygulanan yöntemin yeterliliği değerlendirilmiştir.

3.BÖLGESEL JEOLoji VE ZEMİN KOSULLARI

Sözkonusu saha Bursa-Izmir karayolunun 5. km'sinde Orhaneli yolu kavşagında yer almaktadır.

Yapılaşmanın yer aldığı alan Nilüfer çayının Uludağ'dan güneydeki Bursa ovasına ulaştığı noktada yer alan çakıl, kum, kil ve bitkisel toprak ile kaplı alüvyonel birikinti konisi içerisinde yer almaktadır. Bu litolojik birimin altında ise neojen yaşlı kumlu kil-killi kum zeminler bulunmaktadır. Bu birim içerisinde yer yer değişik oranlarda karbonatlı seviyeler, silt ve marn seviyeleri mevcuttur. Saha daha önceden kum çakıl ocağı ve hafriyat döküm sahası olarak kullanılmıştır. Bunun sonucu olarak, saha içerisinde derinliği mevcut zemin kotlarından 14.0 m'ye varan çukur alanlar ve kalınlığı 14.0 m'ye ulaşan içerisinde hafriyat artıkları, moloz, kiremit parçaları ihtiva eden kontrolsüz dolgular yer almaktadır. Yer yer saha içerisinde takriben 15.0 m derinliğe kadar doğal zemin olan alüvyonel kil kum çakıl karışımları yer almakta olup, tüm bu birimlerin altında Neojen yaşlı killi kum – kumlu kil zeminler bulunmaktadır. Saha 1. derece deprem bölgesi içerisinde yer almaktadır.

Zemin etüdüleri verilerine göre saha içerisinde değişken yayılımlara sahip baslıca üç ayrı birim ayrılmıştır. Bunlar, doğal zemin, kontrolsüz dolgular ve kazılmış çukur alanlar olarak tanımlanmıştır.

Doğal zemin : Bu alanlar yaklaşık +110 m ile +112 m kotlarında yer alan doğal zemin kotlarından itibaren oluşmamış doğal zeminlerin karşılaştığı alanlardır. Bu alanlarda karşılaşılan zeminler yer yer bitkisel toprak örtü tabakasının altında yer alan alüvyonel kum çakıl karışımlarından oluşmaktadır. Kumlu çakıl tabakasının kalınlığı 12.0 m mertebesindedir. Bu seviye altında ise sert kumlu kil seviyesi ile karşılaşılmıştır.

Kontrolsüz dolgu : Bu sahalar zaman içerisinde kontrolsüz şekilde doldurulmuş, yer yer bitkisel toprak örtüsü altında çeşitli hafriyat malzemesi, toprak, bloklar ve molozların dökülmesiyle teşkil edilmiş kontrolsüz dolgulardır. Bu alanlarda yapılan sondajlarda kontrolsüz dolgu seviyesi altında sondaj derinliği boyunca alüvyonel kumlu çakıl veya kil – kumlu kil-killi kum zeminler ile karşılaşılmıştır.

Kazılmış çukur alanlar : Bu alanlarda mevcut zemin yüzeyinden itibaren karşılaşılan birimler kumlu çakıl ve altında kumlu kil – killi kum tabakalarından oluşmaktadır. Bu kesimlerde daha önceden mevcut kum çakıl malzemenin alınması sonucu çukurlar oluşmuş olup, zemin kotları +100 m ile +104 m mertebesinde değismektedir.

4. TEMEL MÜHENDİSLİĞİ DEĞERLENDİRMELERİ

4.1. Temel Sistemi

Saha daha önceden malzeme temin edilen kum çakıl ocağı olarak kullanıldığından, sahada bazı bölgeler çeşitli hafriyatlardan çıkan hafriyat malzemeleri ve molozların kontrolsüzce dökülmesi sonucu doldurulmuş, bazı kesimlerinde ise doğal zemin kotları ve zemin koşulları korunmuştur. Bu durumdan ötürü saha içerisinde zemin kotları değişken olup, kazılmış ve kontrolsüzce doldurulmuş alanlar arasında $\Delta h=13.0m$ mertebesine varan kot farkları oluşmuştur. Ana hipermarket yapısı ve ticaret merkezi yapısı (A ve kısmen B bloklar) zemin yüzeyi kotları yakın civardaki yolların kotuna kadar doldurulmuş kontrolsüz dolgular üzerinde yer alacak şekilde projelendirilmiştir. Diğer taraftan otopark yapısının (B blok) büyük bir kısmi kazılmış çukur alanlar üzerinde yer alacak şekilde projelendirilmiştir. Bu nedenle, otopark yapısı konumunda temel alt kotlarına kadar çukur alanların doldurularak tesviye edilmesi planlanmıştır.

Yukarıda özetlenen zemin koşulları, ve planlanan yapılar içerisinde değişik yoğunlukta yayılı yükler ve zemine oturan döşemelerin mevcudiyeti dikkate alınarak, kontrolsüz dolgular üzerinde yer alacak hipermarket ve ticaret merkezi temelleri altında dinamik yerdeğistirme yöntemi ile Yüksek Enerji Kolonları (High Energy Pillar-HEP) uygulanarak zeminin ıslah edilmesi öngörülmüştür. Zemine oturan döşemeler altında ise dinamik kompaksiyon uygulanarak taban zeminin ıslahı öngörülmüştür. Temel zeminin ıslahını müteakip yapı temellerinin Yüksek Enerji Kolonları – HEP üzerinde yer alan ve her iki yönde bağ kırımları ile bağli tekil yüzeysel temeller şeklinde inşa edilmesi projelendirilmiştir.

4.2.Zemin Islah Yöntemi

Baslangıçta, saha içerisindeki çukur alanlar saha içerisinde mevcut kontrolsüz dolgu malzemesi veya saha dışından getirilen ve organik madde içermeyen dolgu malzemesi ile doldurularak tesviye edilmiştir. Çukur alanların geri dolgu öncesi görünüşü Fotograf 1’de verilmiştir.

Hipermarket ve ticaret merkezi yapılarının üzerinde yeracağı kontrolsüz dolgu zemin toplam ve farklı oturumların azaltılması ve temel zeminin mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla zemin islahına yönelik olarak dinamik kompaksiyon yöntemi uygulanmıştır. Zemin islah çalışmaları Menard Soltraitement firması tarafından gerçekleştirilmiş olup, proje ve uygulama esnasında kalite kontrol / kalite tahkik çalışmaları ZETAS Zemin Teknolojisi A.S. tarafından yürütülmüştür.



Fotograf 1. Çukur alanların islah öncesi görünüşü

Rotari sondajlar ve sistematik SPT ve presiyometre deneylerini içeren zemin etüdüleri projenin başlangıcında ZETAS Zemin Teknolojisi A.S. (1998) tarafından gerçekleştirilmiştir. Kontrolsüz dolgu içerisinde gerçekleştirilen SPT-N değerleri N=10 ila refü değeri arasında değişkenlik göstermekte olup, dolgu zemin içerisinde iri blokların mevcudiyetine işaret etmektedir. Buna karşın elek analizi sonuçlarına göre kontrolsüz dolgudan alınan numunelerde 200 no.’lu elekten geçen yüzde değerleri %8 ila %98 arasında değişmekte olup, sahada karşılaşılan dolgu zeminin çok değişken yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Zemin islahının izlenmesi amacıyla, islah öncesi saha içerisindeki farklı zeminleri temsil eden altı farklı noktada temelaltı kotlarından 15 m derinliğe kadar 1.0 m aralıkla sistematik presiyometre deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler:

- Sahadaki çukur alanlarda doldurulan kontrolsüz dolgularda üç adet sondaj,
- Mevcut eski kontrolsüz dolgu alanlarında iki adet sondaj, ve
- Doğal zeminin karşılaştığı alanlarda bir adet sondaj

olmak üzere altı farklı noktada gerçekleştirilmiştir.

Presiyometre deney sonuçları, limit basınç değerlerinin $P_l=2.5$ bar kadar düşük değerlere ulaştığını ve toplam limit basınç P_l değerlerinin %70’inin 5 bar’ın altında olduğunu göstermektedir. Ayrıca presiyometre deney sonuçları zeminin heterojen yapısını ve tabakasız değişken yapıya sahip olduğunu göstermekte olup, doğal zeminde yapılan deney sonuçlarının diğer alanlarda yapılanlara nazaran daha yüksek limit basınç değerine sahip olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, sahada ağır dinamik kompaksiyon (HDC – Heavy Dynamic Compaction), Yüksek Enerji Kolonları (HEP-High Energy Pillars) ile birlikte kullanılarak zemin islahı uygulanmıştır.

4.3.Dinamik Kompaksiyon ve İlgili Yöntemler

Dinamik kompaksiyon zeminlerin mekanik özelliklerinin derin seviyelere kadar iyileştirilmesine yönelik bir zemin islah yöntemidir. Bu teknik ilk olarak Menard tarafından geliştirilmiş ve öncülüğü yapılmıştır (1976). Bu yöntemde taban zemini, büyük bir ağırlığın değişken yükseklikten serbest düşüm ile zemin yüzeyine belirli ara mesafeler ile düşürülmesi sonucunda sıkıştırılmaktadır.

Bu yöntemde kullanılan temel ekipmanlar basta ağır yük kapasiteli bir mobil vinç ve değişik ağırlıktaki ağırlıklardır. Bu amaçla kullanılan vinçler özel olarak geliştirilmiştir. Ağır dinamik kompaksiyonda bazı vinçler 40 ton ağırlığındaki bir ağırlığı 40.0 m yükseklikten düşürebilme kapasitesine sahip olup, bu tür bir ekipmanla zemine tek bir darbede verilen enerji 1600 ton.m mertebesinde olabilmektedir.

Zemin islahına yönelik olarak dinamik kompaksiyon etki derinliği darbe basına verilen enerji ile doğru orantılı olup aşağıdaki ifade ile belirlenebilmektedir.

$$0.5 \times (W \times H)^{1/2} < D < 0.8 \times (W \times H)^{1/2} \quad (1)$$

Buna göre 40 ton ağırlığındaki bir ağırlık 40.0 m yükseklikten düşürüldüğünde etki derinliği (islah derinliği) $20.0\text{m} < D < 32.0\text{m}$, mertebesinde olup, sökzonusu sahadaki dolgunun kalınlığından fazla olmaktadır. Bu nedenle, zemin islahında daha hafif bir ağırlık olan $W=20$ ton ağırlığında bir ağırlık ile düşüm yüksekliği $H=20.0$ m uygulanmış olup, 400 tm enerji $10.0\text{m} < D < 16.0\text{m}$ mertebesinde bir etki derinliği elde edilmiştir. Zemin islahında kullanılan ekipman Fotoğraf 2’de gösterilmektedir.

Bu tür bir zemin islahi sonucunda, dinamik kompaksiyon ile sıkıştırılan zemin yüzeyinin ortalama düşey deplasmanı zeminin yoğunluğunun arttığını (genellikle %5 oranında) göstermektedir. Yoğunluktaki bu artış rölatif sıkılıkta çok daha fazla bir artışa (%20 veya daha fazla) tekabül etmektedir.

Yüksek Enerji Kolonu – HEP olarak da adlandırılan dinamik yerdegistirme yöntemi ise dinamik kompaksiyon yöntemine benzer bir yöntem olup, bu yöntemde granüler malzeme üzerine ağırlık düşürmek suretiyle, daha alt seviyelerde yer alan taşıyıcı tabakaya kadar killi zeminler içerisine geniş çaplı sıkıştırılmış granüler kolonların teskil edilmesi esasına dayanmaktadır. Bu yöntem dinamik kompaksiyonun avantajlarının tas kolon yönteminin avantajları ile birleştirmektedir.

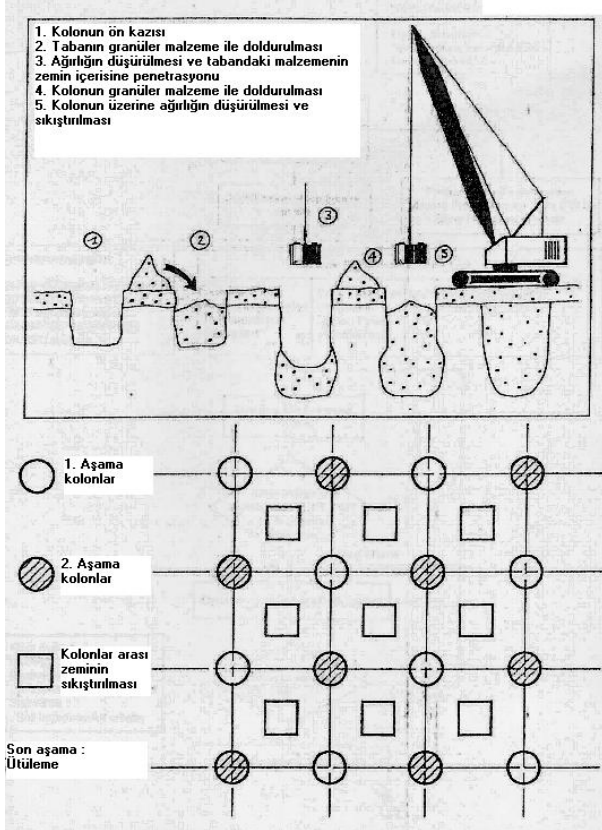


Fotoğraf 2. Dinamik kompaksiyon ekipmanı

5.ZEMİN ISLAHININ DETAYLARI

5.1.Ağır Dinamik Kompaksiyon (HDC)

Ağır Dinamik Kompaksiyon, HDC, yöntemi suya doymuş olmayan zeminler veya yeraltı su seviyesi altındaki granüler zeminlerde uygulanabilmektedir. Bu yöntemde temel prensip başlangıçta sıkılaşabilen ve düşük taşıma gücüne sahip zemine yüksek enerji darbelerinin iletilmesi ile sıkıştırılmasıdır. Suya doymuş olmayan zemin koşullarında, HDC, darbe sonucu boşluk oranının hızla düşmesine ve zemin yüzeyinde ani bir oturmaya yol açmaktadır.



Sekil 2. Test bölgesi HDC karelajı

belirlenmiştir. Sekil 2’de kare ile gösterilen HDC izleri zemine oturan dösemeler altında uygulanmıştır.

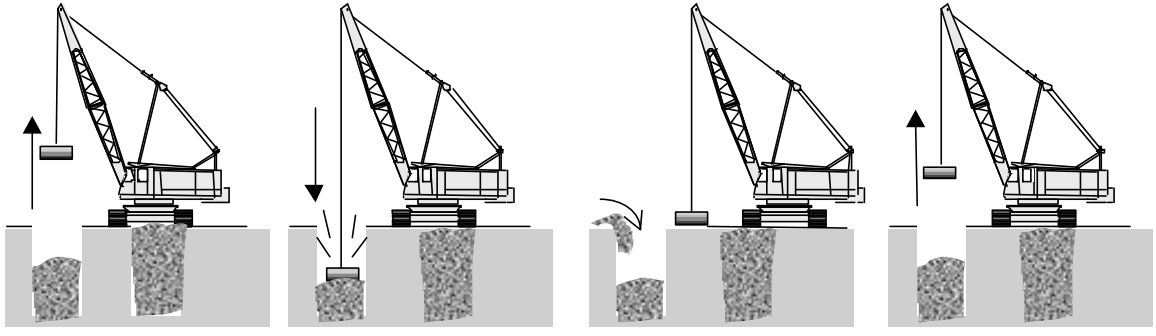
5.2.Yüksek Enerji Kolonları (HEP)

HEP metodu, HDC yönteminin benzeri olup kolonların teskilinde de aynı ekipman kullanılmıştır. Yüksek darbe enerjisi kullanılması sonucu oluşan geniş çaplı kraterler içerisine granüler tas dolgu doldurulması suretiyle killi zemin içerisine tas ile teskil edilmiş sıkıştırılmış kolonun imali sağlanmıştır.

Bu kolonlar, yumuşak zemine ağırlığın tekrarlı olarak aynı noktaya düşürülmesi şeklinde teskil edilmiştir. Böylelikle yüksek modül değerine sahip geniş çaplı ($D \sim 4.0$ m) tas kolon teskil edilerek, kolonun üst noktasından verilen düşüm enerjisinin sıkıştırılmış granüler kolon vasıtasıyla derindeki seviyelere intikal etmesi ve HEP altında yer alan bu derin seviyelerin de sıkıştırılması sağlanmıştır. Yöntem sematik olarak Sekil 3’te gösterilmektedir.

Zemin islahi işleri başlangıcında, sahanın farklı noktalarında ve farklı zemin koşullarında ağırlığı 18 ton ila 25 ton olan ağırlıklar serbest düşüş ile 15 m ila 25 m arasında değişen yüksekliklerden zemin yüzeyine düşürülmüş, ve oluşan kraterlerden sisme ve penetrasyon değerlendirmeleri yapılmıştır. Planda daha önceden belirlenen aralıklarla ağırlığın düşmesi sonucu zemin yüzeyinde oluşan kraterler çalışma platformu teskilinde kullanılan zemin ile doldurulmuş ve böylelikle zeminin sıkışması sonucu oluşan çalışma platformunun ortalama oturması gerçekleşmiştir.

İki farklı zemin koşullarına sahip test alanında zemin islah özellikleri sistematik presiyometre deneyleri ile tahkik edilmiş ve sonuçta proje kriterlerine göre uygulanacak darbe sayısı ve planda düşüm ara mesafeleri ve karelajı



Sekil 3. HEP teskili

Yukarıda açıklandığı şekilde, HEP uygulaması seçme granüler malzeme kullanılarak yapının temelleri altında uygulanmıştır. HEP içerisinde kullanılan malzeme kalibre edilerek, sonuçta homojen bir kolon teskil edilmesi sağlanmıştır.

HEP teskilinde kullanılan malzeme saha içerisinde mevcut olan granüler nitelikteki alüvyonel malzeme olup, toplam 38,000 m³ mertebesinde bir malzeme kullanılmıştır.

5.3.Ütüleme (DC)

Dinamik komkasyonun son aşaması olan bu aşamada daha hafif ağırlıkların sık bir karelej ile zemin yüzeyine düşürülmesi sonucu yüzeyde homojen sıkışmış bir tabaka teskili sağlanmıştır.

5.4.Miktarlar

Zemin islahi sonucunda yapı temelleri altında toplam 2048 adet HEP teskil edilerek üstyapı ve kolon yüklerinin tasınması sağlanmıştır.

Sonuçta, Sekil 1’de gösterilen alanlarda HDC ve HEP yöntemi ile toplam aşağıdaki alanlar islah edilmiştir:

Binalar	78,500 m ²
Alan 6	12,000 m ²
Yol	12,500 m ²
Toplam	103,000 m²

Sahada islah öncesi ve sonrası topografik ölçümler ile belirlenen ortalama oturma değerleri ise aşağıdaki şekilde gerçekleşmiştir :

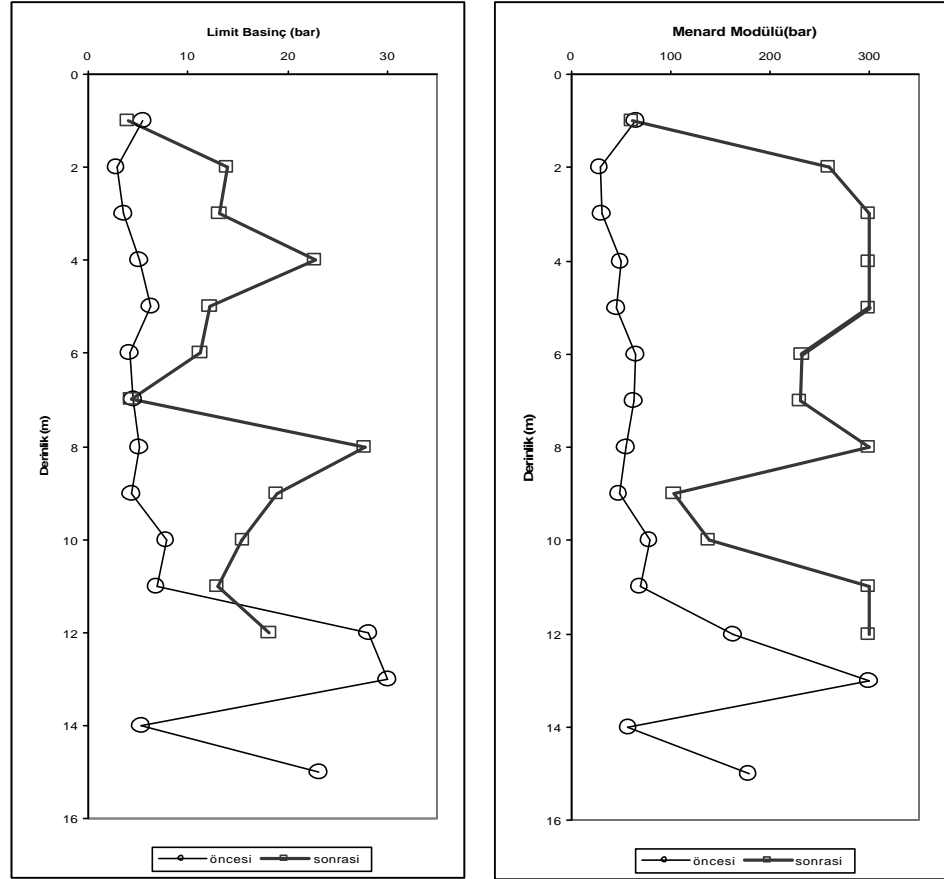
Blok A	43 cm	Alan 6	67 cm
Blok B	46 cm	Yol	71 cm
Blok C	52 cm		

6.KALITE KONTROL DENEYLERİ

Zemin islah çalışmalarının kalite kontrolü ve yöntemin performansı bir dizi kalite kontrol yöntemi ile tahkik edilmiş ve aşağıdaki kalite kontrol deneyleri uygulanmıştır.

- Zemin islahi öncesi ve sonrası sistematik presiyometre deneyleri uygulanmıştır. Zemine oturan dösemeler altında yaklaşık 2500 m²’de bir olmak üzere rastgele seçilen alanlarda islah kotundan itibaren 14 m derinliğe kadar her metrede

sistemik presiometre deneyleri gereklesterilmiştir. Zemine oturan dösemeler altındaki alanlara ilave olarak temeller altında uygulanan HEP kolonlari içerisinde takriben her 1250m²'de bir 6 m derinlige kadar her metrede bir deney olmak üzere sistemik presiometre deneyleri gereklesterilerek, temeller altında teskil edilen HEP içerisinde arzu edilen sikisma degerleri tahkik edilmiştir. Yüksek enerji kolonu uygulanan alanda tpik bir islah öncesi ve sonrası presiometre deney sonucu Sekil 4'te sunulmuştur.



Sekil 4. Islah ncesi ve sonrası presiometre deneyleri

- (ii) Saha içerisindeki farklı zemin kosullarının temsil edecek iki ayrı noktada test bölgesi uygulanmıştır. Bu test bölgelerinde, optimum sikisma enerjisinin belirlenmesi ve her bir noktadaki darbe sayısı, düşüm yksekligi ve uygulanacak düşüm ağırlığının belirlenmesine yönelik sisme ve penetrasyon deneyleri gereklesterilmiştir. HDC ve HEP yöntemleri için optimum enerji düzeyi ve düşüm sayısı belirlendikten sonra, imalat esnasında kalite kontrolü sistemik presiometre deneyleri ile izlenmiştir.
- (iii) Dinamik kompaksiyon ile zemin islahi sonrasında manyetik oturma kolonlari teskil edilerek, ilave oturmaların oluşup oluşmadığı gözlenmiştir. Bes farklı noktada her biri 20 m derinliğinde teskil edilen oturma kolonlari ile oturmalar, styapi insasının ilk asamalarına kadar düzenli aralıklarla gözlenmiştir. Ilave oturmaların oluşmadığı aletsel gözlemler ile belirlendikten sonra styapi insasına devam edilmiştir.
- (iv) Ayrıca, zemin islahi öncesi ve sonrası zemin yüzeyinde Rayleigh dalga hızları ölçülerek zemin modül degerindeki artış gözlenmiştir.

7.SONUÇLAR

Bu makalede Bursa Carrefoursa inşaatı için temel zeminin ve sahadaki zemin koşullarının dinamik kompaksiyon / yerdegistirme yöntemi ile islahi vaka analizi şeklinde sunulmuştur. Sahada yeralan kalınlığı 14.0 m'ye ulaşan kontrolsüz dolgular ve sahadaki oluşmuş olan derinliği 14.0 m'ye varan çukur alanlar kısmen dışarıdan getirilen malzeme ile doldurularak, tesviye edilmiş ve ağır dinamik kompaksiyon(HDC)-yüksek enerji kolonları (HEP) yöntemi ile tüm zeminler islah edilmiştir. Söz konusu sahadaki uygulanan dinamik kompaksiyon ile zemin islahi yönteminin proje ve inşaat aşamaları özetlenmiş olup, islahın proje kriterlerine göre yeterliliği uygulama esnasında yapılan kalite kontrol deneyleri verileri ışığında incelenmiştir. Kalite kontrol deneyleri sonucunda gerçekleştirilen zemin islahının proje kriterlerini sağladığı dökümanla edilmiştir.

KAYNAKLAR

- ZETAS Zemin Teknolojisi A.S. (1998). "Carrefoursa Bursa Hipermarket ve Ticaret Merkezi Zemin Etüdüleri ve Temel Mühendisliği Değerlendirme Raporu", İstanbul
- Menard Soltraitement (2000), "Method Statement and Schedule, HEP, HDC, DC and PMT, Bursa Carrefoursa Project", Paris
- Menard Soltraitement (2001), "Soil Improvement of a Filled Area by Dynamic Consolidation and Dynamic Replacement Final Report Carrefoursa Bursa", Paris
- Menard, L ve Broise, Y. (1976), "Theoretical and Practical Aspects of Dynamic Consolidation", Institute of Civil Engineers, Ground Treatment by Deep Compaction, Londra

A CASE STUDY FOR SOIL IMPROVEMENT WITH HEAVY DYNAMIC COMPACTION-HIGH ENERGY PILLARS, CARREFOURSA-BURSA

**Durgunoglu, H.Turan¹, Varaksin, Serge², Karadayilar, Turhan³, Nasöz, Emre⁴, Briet,
Samuel²**

ABSTRACT

This case study reports a dynamic compaction/replacement application for the construction of Carrefoursa Shopping centre in Bursa, Turkey. The soils were improved to increase the bearing support for shallow foundations and reduce total and differential settlements. Planned structures consist of three main blocks named as Block A, B and C and a parking lot designed along the north side of the structures. The subject site is located in a region characterised by holocene aged alluvials composed of gravels, sand, clay and top soil. Under this unit neogene aged sandy clay-clayey sand unit is encountered. The region has been used as a borrow material site, some parts has been utilised as a dump area and filled back with various materials including blocks, boulders, debris. The soils underneath the foundations of structures are improved by means of High Energy Pillars (HEP) formed by dynamic replacement and the salb on grades by heavy dynamic compaction (HDC). Quality control of the soil improvement as well as the performance monitoring of the implemented method is performed by means of a series of testing.

¹ Consultant, Prof.Dr., Civil Engineering Department, Bogaziçi University, Bebek, Istanbul

² M.Sc., Civil Engineer., Menard Soltraitement, Paris

³ M.Ss. Civil Engineer, ZETAS Zemin Teknolojisi A.S., Istanbul

⁴ Civil Engineer, Menard Soltraitement, Paris