TÜRKİYE
MÜHENDİSLİK
HABERLERİ
YIL : 60 / 2015 - 1 SAYI : 484

Geoteknik - I

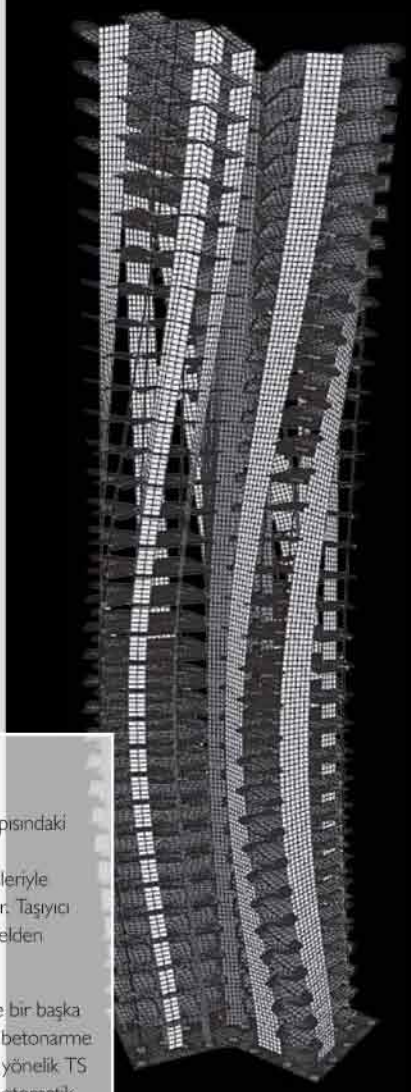
TMMOB İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI

www.idecad.com.tr

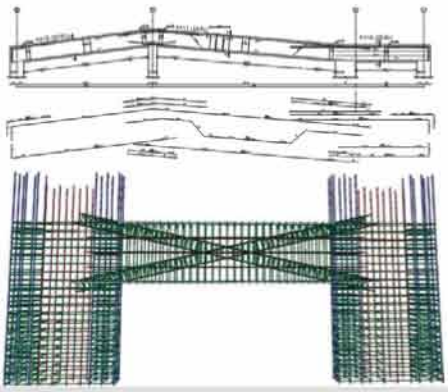
ideCAD® Statik 7

Integrated Design System

Her şey hesapladığınız gibi



- ideCAD® Mimari ile entegrasyon
- DWG, DXF, 3DS proje okuma ve yazma
- Komut satırı
- Dinamik giriş (dynamic input) ve kutupsal izleme
- Aks ve ızgara sistemi tanımlayabilme
- Taşıyıcı sistem modelleme
- Katı modelleme, FEA modelleme
- SAP2000® MDB export
- ideCAD® Mimari'ye taşıyıcı sistem gönderme
- TS 500 ve Deprem Yönetmeliği kontrolleri
- Kolon ve perdelerde kapasite diyagramları
- Sehim ve çatlak kontrolleri
- Aynı katlarda, farklı diyaframların modellenmesi
- Tam ve yarı rijit diyafram modeli ile analiz
- Farklı rijit diyaframları birleştiren obje tanımlayabilme
- Rijit diyaframsız model oluşturabilme
- Response spektrum analizi
- Zaman tanım alanında hesap (Time history)
- Deprem izolatörü tanımlayabilme
- Isı farkları yüklemesi
- Aşamalı inşaat hesabı
- Euler buckling analizi
- Large displacements nonlineer analiz
- Panellerin kabuk (shell) olarak modellenmesi
- Ara katlı, kademeli sistemler
- İstinat duvarları ve havuzlar
- Tünel kalıp sistemler
- Merdivenlerin hesabı ve çizimi
- Yapı temel etkileşimli çözüm
- Dilatasyonlu yapıların ortak temel analizi
- Güçlendirme ve performans analizi
- Riskli yapı analizi
- Tekil, sürekli ve radye temeller
- Kazıklı temeller
- 3 boyutlu arazi modellemesi ve hafriyat hesapları
- Çizim paftası düzenleme ve mizanpaj
- 3 boyutlu donatı inceleme modülü (sanal şantiye)
- Çizim düzeltme sihirbazı
- Raporlar, metrajlar, çizimler ve detaylar
- Hakediş programlarına metraj aktarma



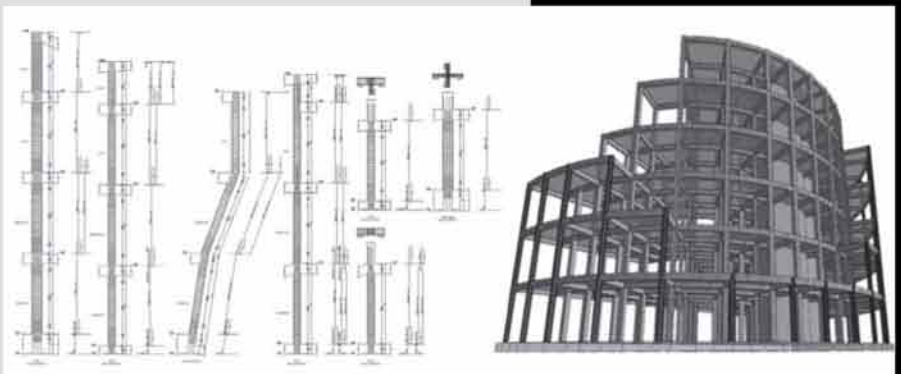
BIM / Yapı Bilgi Sistemi

ideCAD® Yapı'nın mimari / statik data yapısındaki uyumluluğu sayesinde, mimarlar gerek meslektaşlarıyla gerekse inşaat mühendisleriyle başarılı bir takım çalışması gerçekleştirirler. Taşıyıcı sistem, malzeme ve yükler, mimari modelden okunur.

Programın kendi grafik motoru sayesinde bir başka CAD yazılımına ihtiyaç duyulmaz. Statik, betonarme sistemlerin tasarımı ve güçlendirilmesine yönelik TS 500 ve Deprem Yönetmeliği kontrolleri otomatik yapılır ve detay çizimleri üretilir.

Genel amaçlı analiz, tasarım ve çizim programı olan ideCAD® Statik ile hem çok katlı, hem de kattan bağımsız olan sanayi yapıları, rijit, yarı rijit ve rijit olmayan diyafram kabulleriyle modellenir.

Çubuklar ile birlikte ve aynı sistem içine entegre edilmiş shell elemanlar kullanılabilir. Döşemelerin, perdelerin, çubukların, temellerin hepsi bir arada analize dahil edilebilir.



ideCAD®ürünleriyle gelen özel avantajlar

- Ücretsiz deneme sürümü
- Vade farksız, taksitle satın alma imkanı
- Yaygın satış ağı ve deneyimli teknik destek servisi
- Lisanslı farklı program kullanıcılarına özel fiyatlar

Piyalepaşa Bulvarı Famas Plaza
B-Blok No: 10 Kat: 5 Okmeydanı
Şişli 34384 İstanbul
Tel : (0212) 220 55 00
Faks : (0212) 210 53 00

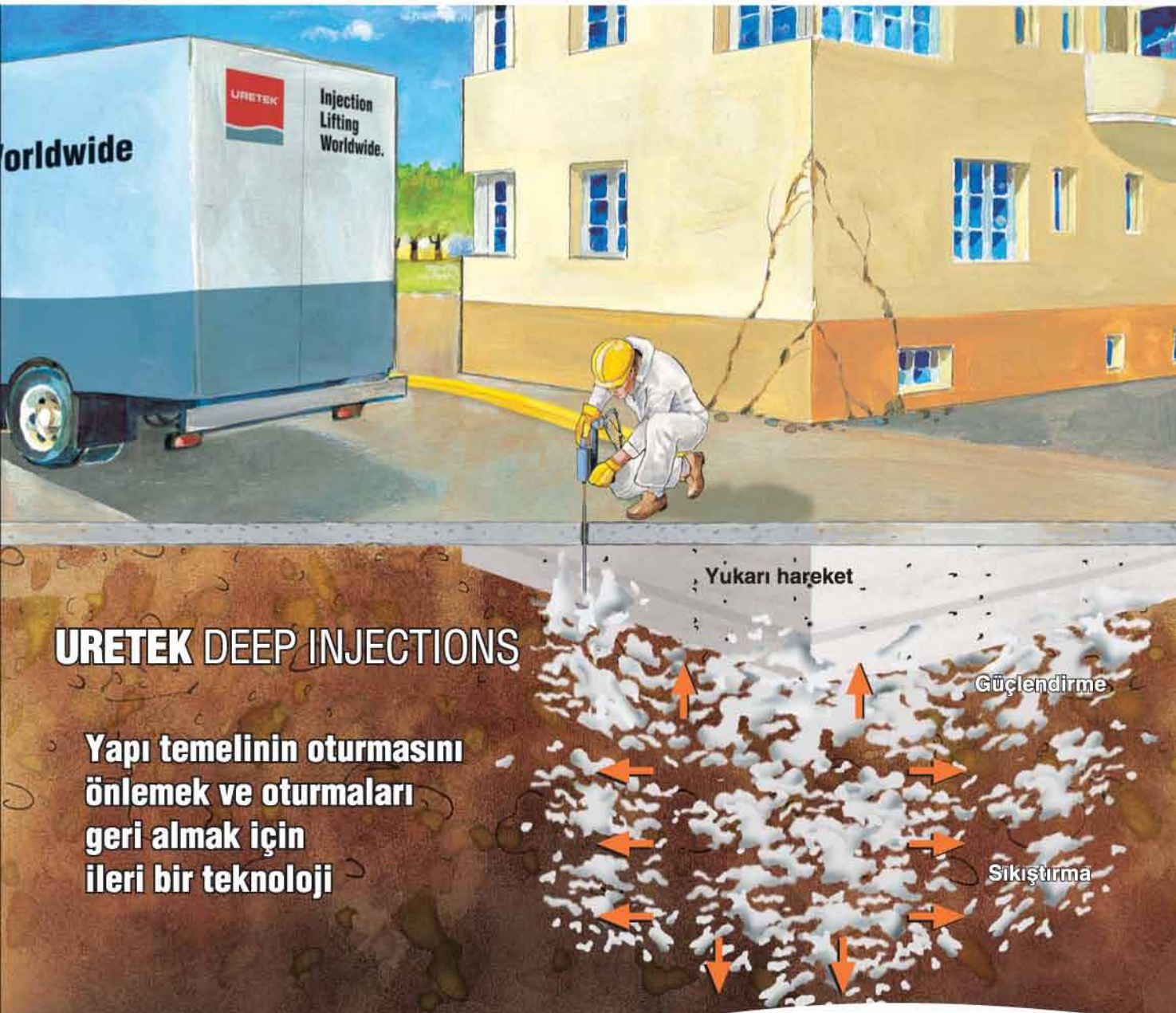
Haşim İşcan Cad. Tuğtaş Plaza
No: 7 Kat: 12 D: 19
Osmangazi 16220 Bursa
Tel : (0224) 220 67 17
Faks : (0224) 223 13 71

ideCAD® her şey planladığınız gibi

ideYAPI® Bilgisayar Destekli Tasarım Mühendislik Danışmanlık Taahhüt Ltd. Şti.

Kullanıcı forum sitesi: http://www.idecadsupport.com **Satış:** satis@ideyapi.com.tr **Teknik destek:** destek@ideyapi.com.tr

Yapınızda oturmalar mı var? Çatlaklar mı ortaya çıktı?



URETEK DEEP INJECTIONS

Yapı temelinin oturmasını önlemek ve oturmaları geri almak için ileri bir teknoloji

- Benzersiz URETEK teknolojisi ile enjekte edilen URETEK malzemesi zemindeki boşluklara dolar; genişleyerek zemini sıkıştırır, güçlendirir ve yapıyı kaldırabilir
- Her türlü zemin ve temel tipinde kullanılabilir.
- Birkaç gün gibi kısa bir sürede uygulanır.
- Lazerle kontrol edilen, güvenilir ve hassas bir teknolojidir.
- Yapıya zarar vermeden, mevcut aktiviteyi engellemeden uygulanır.
- Malzeme 10 yıl garantilidir.
- Uluslararası güvencede ücretsiz ekspertiz.

Injection Lifting Worldwide.

URETEK Çağrı Merkezi

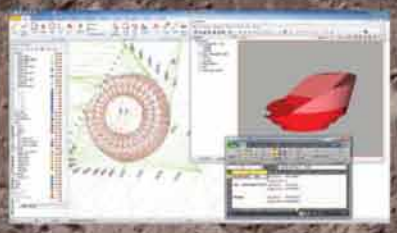
444 0 793

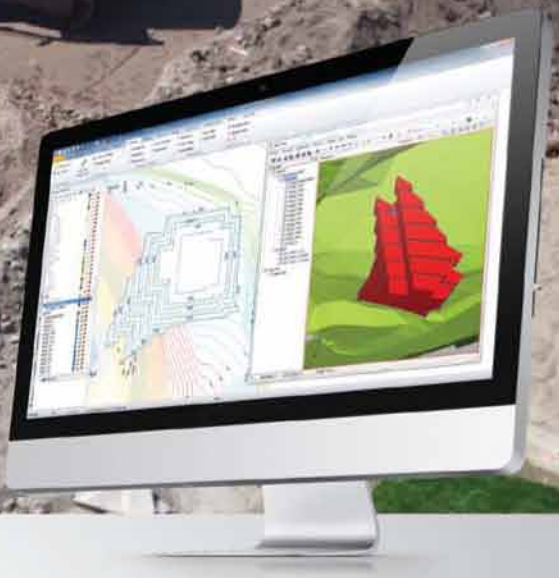
URETEK

www.uretek.com.tr
info@uretek.com.tr

Her türlü yapım işinde kazı/dolgu tasarımı için ExcaNET var!

- Hazır şev kütüphanesi,
- Akıllı kesit oluşturucu ve otomatik kesit çizimleri,
- Mevzuatlarla uyumlu otomatik kazı planları oluşturma,
- Çoklu taban kotlarına göre çok sayıda yapı için tek seferde proje çözümü,
- Tam otomatik kazı/dolgu modeli oluşturma,
- Alternatif hacim hesaplamaları ve raporlamalar





netcad

www.netcad.com.tr
portal.netcad.com.tr

Ankara Merkez

Cyber Plaza B Blok No: 409 Cyberpark
06800 Bilkent / ANKARA
T: (0.312) 265 05 10 pbx
F: (0.312) 265 05 20

Marmara Bölge Müdürlüğü

Aydınevler Mah. Sanayi Cad.
Demirtaş Plaza No: 13 Kat: 4 D: 9
34854 Maltepe / İSTANBUL
T: (0.216) 417 62 10 pbx
F: (0.216) 417 62 11

Yükselen Değerleri Üzerinde Taşır

TEMEL SİSTEMLERİ
- Fore Kazıklar
- CFA Kazıklar
- Çakma Kazıklar
- Palplanş
- Mini Kazıklar

ZEMİN ISLAHI
- Jetgrouting
- Enjeksiyon
- Düşey Drenler
- Dinamik Kompaksiyon
- Taş Kolonlar
- Deep Mixing

İKSA SİSTEMLERİ
- Diyafram Duvar
- Fore Kazık ve Ankrajlı Duvar
- Mini Kazık ve Ankrajlı Duvar
- Geçirimsizlik Perdesi
- Pasif Ankraj
- Reinforced Earth/Toprakarme Duvar

SU KAYNAKLARI
- Su Düşürme/Sudan Arındırma (Well Point, Kuyu Sistemleri)
- Derin Su Kuyuları (Ters/Düz Sirkülasyon Delgi), Pompa Deneyleri
- Yer Altı Suyu Modelleme, Aletsel Gözlem

FAALİYET GÖSTERDİĞİMİZ ÜLKELER
- Türkiye
- BAE, Dubai
- BAE, Abu Dhabi
- Katar
- Suudi Arabistan
- Kazakistan
- Azerbaycan
- Gürcistan
- Tanzanya
- Lübnan

Ülker Arena Baret Temelleri, Ataşehir - İstanbul

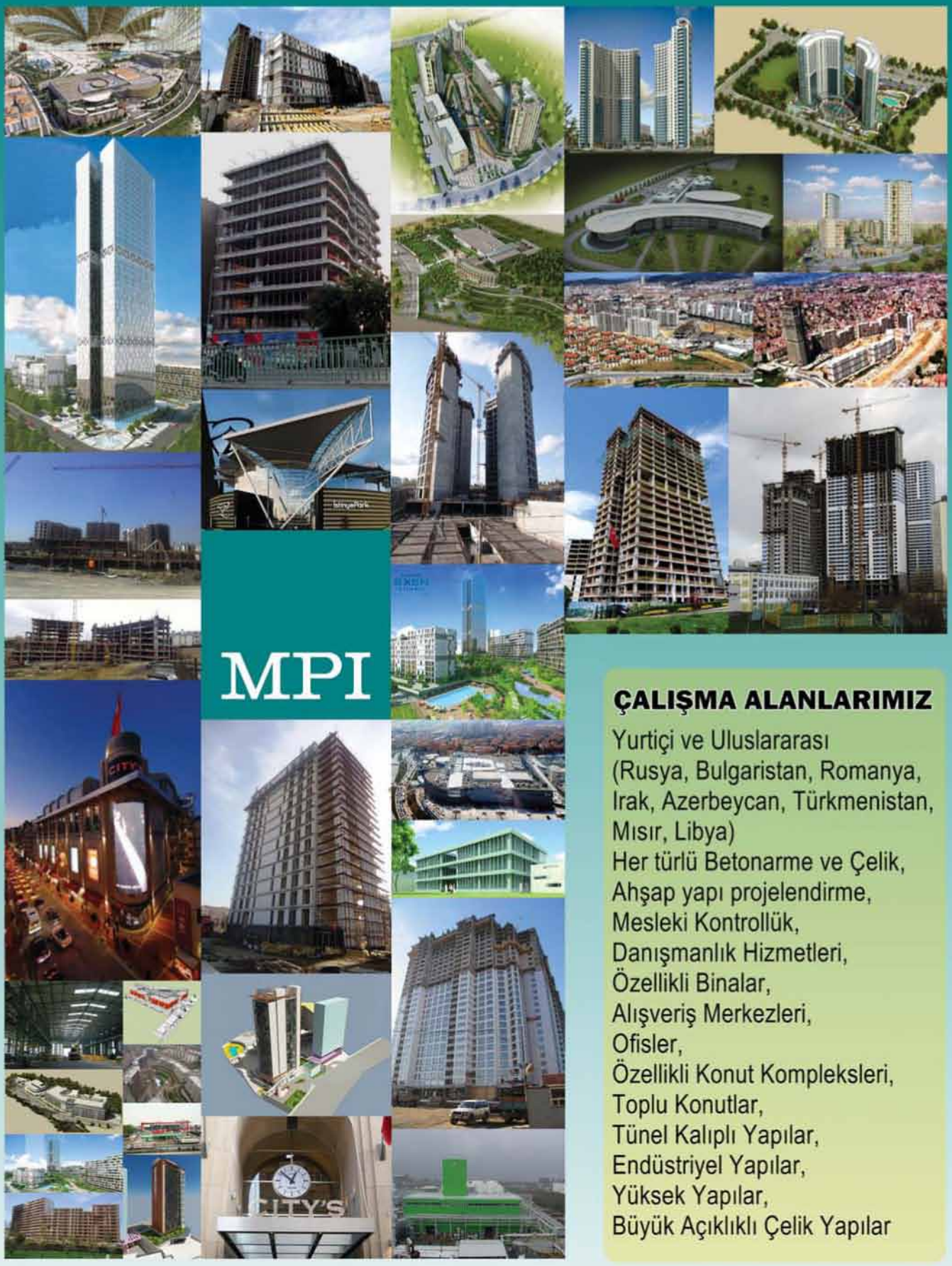
Folkart Towers Baret Temelleri, İzmir

Abu Dhabi Plaza Astana İksa Sistemleri ve Fore Kazıklı Temeller, Astana - Kazakistan

25. yıl

ZETAŞ®
ZEMİN TEKNOLOJİSİ A.Ş.

Reşadiye Cad. No: 69/A 34794
Alemdağ - Çekmeköy - Istanbul/Türkiye
Tel: +90 216 430 06 00 Fax: +90 216 484 41 74
www.zetas.com.tr



ÇALIŞMA ALANLARIMIZ

Yurtiçi ve Uluslararası
(Rusya, Bulgaristan, Romanya,
Irak, Azerbeycan, Türkmenistan,
Mısır, Libya)
Her türlü Betonarme ve Çelik,
Ahşap yapı projelendirme,
Mesleki Kontrollük,
Danışmanlık Hizmetleri,
Özellikli Binalar,
Alışveriş Merkezleri,
Ofisler,
Özellikli Konut Kompleksleri,
Toplu Konutlar,
Tünel Kalıplı Yapılar,
Endüstriyel Yapılar,
Yüksek Yapılar,
Büyük Açıklıklı Çelik Yapılar

MPI

MPI Mühendislik Proje İnşaat Taahhüt San. ve Tic. Ltd. Şti
Çilekli Cad. Sedir Sk. No:8 3.Levent / 34330 Beşiktaş - İSTANBUL
Tel : (+90 212) 282 72 07(pbx) Faks: (+90 212) 283 59 29
E-posta : mpi@mpi.com.tr web adresi : www.mpi.com.tr

MÜŞAVİRLİK & MÜHENDİSLİK HİZMETLERİ

Maslak
1453

İ.B.B.
Tower

Sarphan Finanspark

Torun Center (Ali Samiyen)

25.yıl

Yapı Teknik®
Yapıda Güven ve Teknoloji

www.yapiteknikproje.com

0 (216) 651 85 80
531 74 46

Kısıklı Cad. Kısıklı Cd.
No:4 A Blok D:6A
Sarkuysan Ak Plaza
Altunizade - Üsküdar / İST.

GEOÇÖZÜM

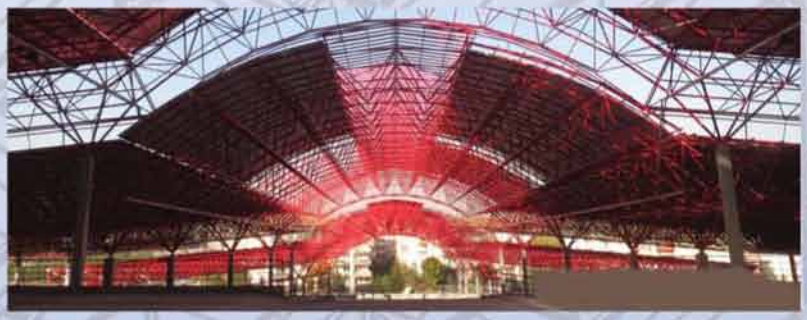
ZEMİN ARAŞTIRMALARI VE ÇÖZÜMLERİ İNŞAAT LTD. ŞTİ.

Seyrantepe Mahallesi Karaoğlanoğlu Cad.
İspar İş Merkezi No: 105/197 Kağıthane/İstanbul
Tel: 0212 234 27 61 • 234 06 18
0542 473 85 63 • 0530 640 42 24

- Fore Kazık - BORED PILES
- Mini Kazık - MINI PILES
- Ankraj - ANCHORAGED WALLS
- Zemin Çivisi - SOIL NAILS
- Jet Grout
- Püsürtme Beton - Shot Grid
- Zemin Islahı
- Proje Danışmanlığı
- Proje Mükellefliği
- Proje Kontrollüğü

UZAY KONSTRÜKSİYON LTD.

10. YIL



GÜVENLİ, EKONOMİK VE ESTETİK ÇATILAR

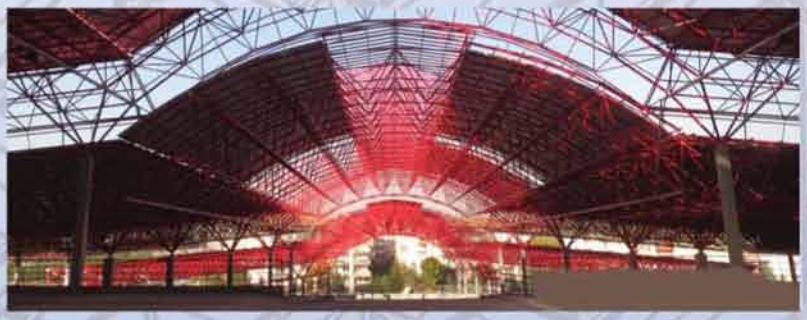
Üretmek için yola çıkan Uzay Konstrükiyon Sistemleri Ltd. 2004 yılından bu yana
güvenli ve ekonomik çatılar üreten ve uygulayan,
yaptığı işe saygısıyla ve müşterilerinin güveniyle her geçen gün
daha da büyüyen , kendisine gösterilen bu teveccühe layık olmak için durmadan
gayretle çalışacak estetik ve ekonomik çözümler üretmeye
devam edecektir.

BİZİ BU GÜNE TAŞIYAN TÜM ÇALIŞANLARIMIZA GAYRETLERİ İÇİN TEŞEKKÜRLERİMİZLE.

İçerenköy Mah. Kartal Sk. Gülgez İş Merkezi No:12 D:7 34752 İçerenköy Ataşehir İstanbul
email: info@uk.com.tr
T: 444 4 899 F: 0216 572 2272
www.uk.com.tr

UZAY KONSTRÜKSİYON LTD.

10. YIL



GÜVENLİ, EKONOMİK VE ESTETİK ÇATILAR

Üretmek için yola çıkan Uzay Konstrükiyon Sistemleri Ltd. 2004 yılından bu yana
güvenli ve ekonomik çatılar üreten ve uygulayan,
yaptığı işe saygısıyla ve müşterilerinin güveniyle her geçen gün
daha da büyüyen , kendisine gösterilen bu teveccühe layık olmak için durmadan
gayretle çalışacak estetik ve ekonomik çözümler üretmeye
devam edecektir.

BİZİ BU GÜNE TAŞIYAN TÜM ÇALIŞANLARIMIZA GAYRETLERİ İÇİN TEŞEKKÜRLERİMİZLE.

İçerenköy Mah. Kartal Sk. Gülgez İş Merkezi No:12 D:7 34752 İçerenköy Ataşehir İstanbul **T**: 444 4 899 **F**: 0216 572 2272
email: info@uk.com.tr **www.uk.com.tr**

Sağlam Temeller İnşa Eder

TÜV International Certification
TÜV NORD
CERT
ISO 9001
TIC

EGEZEMİN
İNŞAAT MÜHENDİSLİK TİC. A.Ş.

Adalet Mah. Manas Bulvarı No:39 Folkart Towers B Kule K:30 Bayraklı / İZMİR
Tel: +90(232) 461 56 66 • Faks: +90(232) 461 56 09
www.egezemin.com • bilgi@egezemin.com

AUTODESK®
BUILDING DESIGN SUITE
2015

Autodesk Building Design Suite size, CAD sistemi veya Yapı Bilgi Sistemi (BIM) gerektiren projelerde rekabet edebilmeniz için modelleme, görselleştirme ve dokümantasyon araçlarıyla beraber BIM'in gücünü uygun fiyatlı tek bir çözümde sunar.

AUTODESK® **BUILDING DESIGN SUITE** STANDARD

Tasarımlarını, DWG™ dosya formatında etkin bir şekilde tasarlamak, dokümante etmek ve paylaşmak isteyen yapı tasarımcıları ve teknik ressamlar için geliştirilmiş ürünleri bir araya getirmiştir.

İçerdiği yazılımlar;

AUTOCAD®
AUTOCAD® **ARCHITECTURE**
AUTOCAD® **MEP**
AUTOCAD® **STRUCTURAL DETAILING**
AUTODESK® **SHOWCASE®**
AUTOCAD® **RASTER DESIGN**
AUTODESK® **RECAP™**

AUTODESK® **BUILDING DESIGN SUITE** PREMIUM

Autodesk Building Design Suite Standart sürümüne ek olarak, Yapı Bilgi Sistemi'nin (BIM) gücünü kullanmak için Revit ailesi yazılımlarına ve etkileyici görselleştirmeler için Autodesk 3ds Max Design yazılımına gerek duyan mimarlar ve mühendisler için hazırlanmıştır.

İçerdiği Yazılımlar;

AUTOCAD®
AUTOCAD® **ARCHITECTURE**
AUTOCAD® **MEP**
AUTOCAD® **STRUCTURAL DETAILING**
AUTODESK® **SHOWCASE®**
AUTOCAD® **RASTER DESIGN**
AUTODESK® **RECAP™**
AUTODESK® **3DS MAX® DESIGN**
AUTODESK® **NAVISWORKS® SIMULATE**
AUTODESK® **REVIT®**

AUTODESK® **BUILDING DESIGN SUITE** ULTIMATE

BIM'in gücünü, tasarım aşamasının ötesine geçirip, inşaat çalışmalarında kullanılan gelişmiş araç setleriyle beraber sunar. İnşaat alanında çalışan profesyoneller için ideal bir üründür. Ultimate, Premium sürümüne ek olarak çeşitli disiplinlerde çalışan uzmanların işbirliğini sağlayan Autodesk Navisworks Manage'i, inşaat ürünleri üreten firmalar ve imalatçılarla daha etkin işbirliği sağlayan Autodesk Inventor ve yapısal analiz işleri için kullanılabilecek Autodesk Robot Structural Analysis Professional yazılımını içerir.

İçerdiği yazılımlar;

AUTOCAD®
AUTOCAD® **ARCHITECTURE**
AUTOCAD® **MEP**
AUTOCAD® **STRUCTURAL DETAILING**
AUTODESK® **SHOWCASE®**
AUTOCAD® **RASTER DESIGN**
AUTODESK® **RECAP™**
AUTODESK® **3DS MAX® DESIGN**
AUTODESK® **NAVISWORKS® MANAGE**
AUTODESK® **REVIT®**
AUTODESK® **INVENTOR®**
AUTODESK® **ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS** Professional
AUTODESK® **INFRAWORKS**

Daha fazla bilgi ve tanıtım videoları için;
www.sayisalgrafik.com.tr/bds

SAYISAL GRAFİK™
Autodesk Yetkili Satıcıları için;
www.sayisalgrafik.com.tr/satis

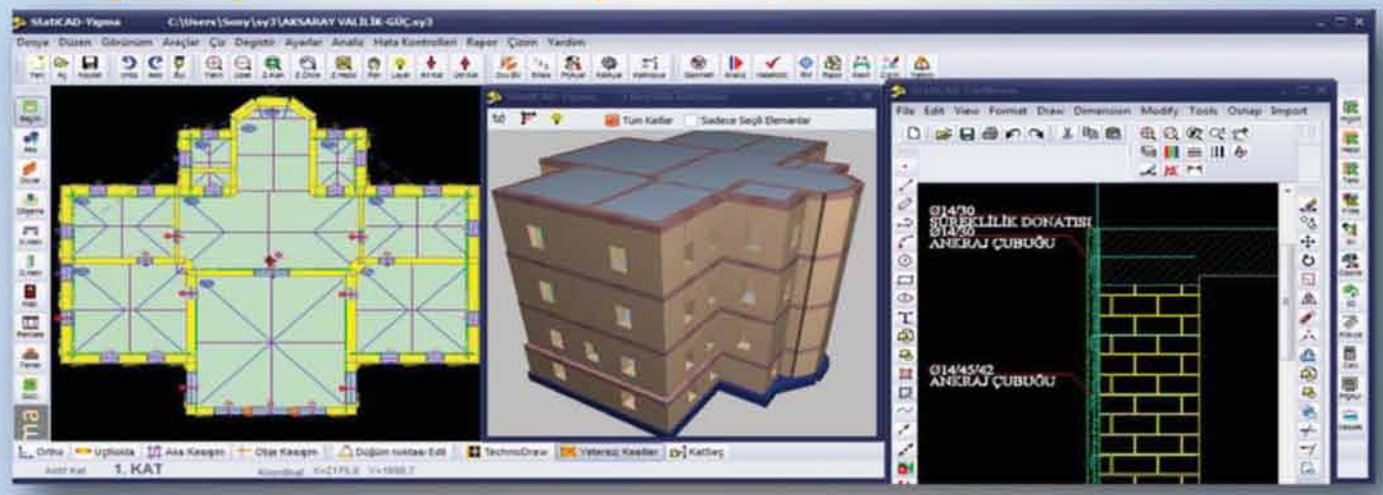
AUTODESK.
Yetkili Dağıtıcısı

Autodesk, AutoCAD, the Autodesk logo, Autodesk Inventor, ATC, Civil 3D, DWG, InfraWorks, Inventor, Navisworks, ReCap, Revit, Robot, Showcase and 3ds Max, are registered trademarks or trademarks of Autodesk, Inc., and/or its subsidiaries and/or affiliates in the USA and/or other countries. All other brand names, product names, or trademarks belong to their respective holders. Autodesk reserves the right to alter product and services offerings, and specifications and pricing at any time without notice, and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document. © 2014 Autodesk, Inc. All rights reserved. SAYISAL GRAFİK, SAYISAL GRAFİK Ltd. Şti.'nin tescilli markasıdır. Bu dokümanda oluşabilecek tipografik ve grafik hatalardan sorumlu değildir.

StatiCAD-YigmaV3

Yığma Yapıların Analiz ve Dizaynı

WEB: www.staticad-yigma.com



Kullanım Alanları

- Kentsel Dönüşüm Mevcut Bina İncelemesi
- Mevcut Yığma Bina Güçlendirmesi
- Yeni Yapılacak Yığma Bina
- Tarihi Yığma Binalar

StatiCAD -Yigma, yığma binaların deprem yönetmeliği esasları uyarınca statik analizinin ve proje çizimlerinin yapılması işlevini gören bilgisayar programıdır.

KENTSEL DÖNÜŞÜMDE, GÜÇLENDİRMEDE VE YENİ TASARIMDA EN BÜYÜK YARDIMCINIZ

500 Den Fazla Kayıtlı Kullanıcı

Deprem Performansı Değerlendirme Opsiyonu:	Bina Performansını (Sağlamayan Toplam Ve)/Gbi formülü ile hesapla
Depremi Performansı Değerlendirmesi İçin Yönetmelik Seçimi:	RBTE 2013
Bina Depremi Performans Düzeyi:	

!!!!!!!!RİSKLİ BİNA!!!!!!!!!!

PERFORMANS RAPORU

Kat İsmi	Deprem Yanıp	Gi (ton)	e (m)	Mbi (tm)	Qtbi (ton)	ΣVr (Duvar) (ton)	Σ Ve (ton)	Yetersiz ΣVr (ton)	Yetersiz ΣVe (ton)	Σ Vre	Σ Wn	Yetersiz ΣWn	Ve/Qbi (%)
BOĞRUM KAT	X-X	1318.04	3.84	5060.67	1564.78	1599.1	1564.78	787.05	1253.44	85.63	62	26	80.1
	Y-Y	1318.04	0.09	115.32	1323.91	1308.3	1323.91	133.7	376.58	71.03	24	4	28.4
ZEMİN KAT	X-X	1038.18	0.38	399.67	1048.45	607.26	1048.45	607.26	1048.45	26.83	77	77	100
	Y-Y	1038.18	0.03	28.82	1039.96	715.49	1039.96	647.85	1039.96	36.07	54	46	100
1. KAT	X-X	623.72	1	624.86	638.02	359.18	638.02	359.18	638.02	18.34	77	77	100
	Y-Y	623.72	0.02	14.85	624.7	416.16	624.7	367.21	622.6	24.72	44	34	99.7

Kullanılan Simgeler ve Açıklamalan
Gi Kata Etkiyen Deprem Kuvveti (Burulmasız) (Ton)
e Kat Kütle Merkezi ile Rijitlik Merkezi Arasındaki Mesafe Izdüşüm Uzunluğu
Mbi Kat Burulma Momenti
Qtbi Kata Etkiyen Burulmalı Kesme Kuvveti
ΣVr (Duvar) Duvar Kesme Kuvvet Taşıma Kapasitesi (Vr=tem*Duvar Uzunluğu*Duvar Genişliği)

- Hızlı ve Kolay Veri Girişi
- Tam ve Detaylı Yapı Analizi
- Eksiksiz Hesap Raporları
- Tek tıklamayla tüm proje paftaları ve daha fazlası...

ÖZDEMİR YAZILIM
Güvenli Yarınlara

Kepeci Mh. 1203 Sk. No:33/7 ISPARTA

Tel: 0246 232 27 98 GSM: 0541 941 12 11
Fax: 0246 500 25 85

WEB: www.staticad-yigma.com

e-mail: bilgi@staticad-yigma.com destek@staticad-yigma.com satis@staticad-yigma.com

GRUP TEKEL

Dünya Depremsellik Haritası

BİNA DEPREM GÜÇLENDİRME PROJELERİNİN HAZIRLANMASI

Türkiye Deprem Fayları

Dr. Hüseyin TEKEL

Kitap isteme adresi: E-posta: gruptekel@gmail.com Tel: 0.312.424 14 85

beyza
CONSTRUCTION

"Proje ve İnşaat'ta güven..."

beyza mühendislik;

İnşaat Proje Yönetimi
Betonarme ve Çelik Yapı Uygulamaları

Profesyonel Çözümler Mutlu Yaşamlar...

Beyza Mühendislik Mimarlık İnşaat San. Tic. Ltd. Şti

Orta Mah. Yalnız Selvi Cad. Ethem Efendi Sk No:31 Kat:16 Daire:133
İZ Tower Kartal-Soğanlık / İSTANBUL

E-Posta : info@beyzamuhendislik.com
Tel : (0.216) 577 20 03 • Faks : (0.216) 577 20 04

Deprem sizi de 'zorunlu misafir' yapabilir...

Depremde evi hasar gören pek çok insan, yakınlarına uzun süre misafir olmak zorunda kaldı.

ALO DASK 125

DEPREM GEÇECEK, HAYAT DEVAM EDECEK

Zorunlu Deprem Sigortanızı yaptırın, zorunlu misafirlikten kurtulun.

www.dask.gov.tr facebook.com/dask

dask DOĞAL AFET SİGORTALARI KURUMU

SİSTEM®
ALÜMİNYUM SAN. ve TİC. A.Ş.

20 YILDIR

SEKTÖRÜN BİR **SİSTEM**'İ VAR

www.alutechbond.com

444 7 909

www.sistemaluminyum.com.tr

AluTech AluTech bond SaTech bond PeTech bond ReTech bond

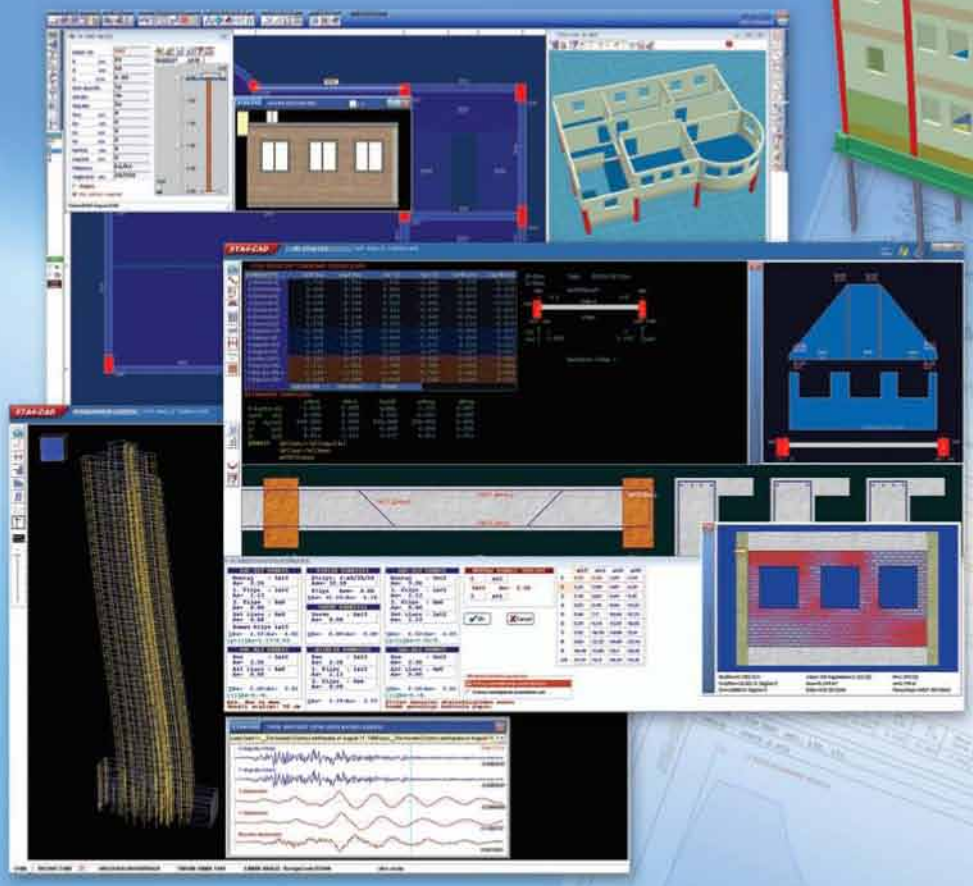
SİSTEM® ALÜMİNYUM SAN. ve TİC. A.Ş. 20.yıl

İstanbul Merkez: Çakmaklı Mevki Akçaburgaz Mh. 58.Sk. No:4 Kıraç Esenyurt / İSTANBUL
İstanbul Telefon : +90(212) 886 87 87 - Faks : +90(212) 886 53 29
Çorlu Fabrika: Ergene-1 Organize Sanayi Bölgesi E-5 Karayolu Üzeri No:21 Ergene / TEKİRDAĞ
Çorlu Telefon: +90(282) 693 27 27 - Faks : +90 (282) 675 10 72

STA4-CAD

Versiyon 13.0

BETONARME YAPILARIN 3 BOYUTLU ANALİZİ ve TASARIMI



2007 DEPREM YÖNETMELİĞİNE TAM UYUMLULUK, PERFORMANS ANALİZLE, GÜÇLENDİRMEDE ANALİZ ve ÇİZİM DESTEĞİ

- Yapı analizinde 3 boyutlu çözüm. Rijit kat diyaframlı, her noktada 6 serbestlikli global stifness matrisli yapısal analiz.
- Nonortogonal, ortogonal, kademeli, arakatlı, taşıyıcı sistemi düzenli-düzensiz, çok katlı betonarme yapıların analizi, tasarım, çizim ve metrajını yapar.
- Katlarda farklı diyaframların otomatik ve manuel olarak modellenmesi.
- Güçlendirmede yapı lineer ve nonlineer **performans analizi.**
- **Time history** ve modal analizle deprem hesabı.
- Yüksek yapıların **inşaat aşamaları** analiziyle gerçek ölü yük analizi.
- **Duvarların sonlu eleman** modellenmesi ve limit yük analizi ile depremdeki olumsuz etkilerin yapı sisteminde dikkate alınması.
- Dairesel ve düşeyde eğik plak ile kubbe ve tonoz hesap ve çizimi.
- Plak ve panellerde boşluk oluşturma ve plaklarda çizgisel duvar yükü.
- Yapı elemanlarının çoklu kopyalanması ve düzenlemesi.
- Kiriş ve plaklarda; otomatik duvar yükseklik kontrollu duvar yük analizi ve **duvarlarda boşluklarının yapı analizinde** dikkate alınması ve ölü yüklerde tam hassiyetin sağlanması.
- Düşeyde **eğik kiriş ve kolonların** girilebilmesi.
- Proje içine başka projelerin girilebilmesi.
- Elemanlardaki guse, boşluk, dairesellik, eksantirisite gibi detay analizlerin sonlu elemanlarla yapılan **mikro analizle** elde edilen matrislerin, yapı global hesabında **makro analize** katılımı.
- **Zemin göçme analizi yapılarak, İstinat duvarı** hesapları ve çizimi.
- Temellerde kazıkların dikkate alınabilmesi.
- Mat radye temellerin sonlu elemanlar ile çözümü, çizimi.
- Panel perdelerin, 6 noktalı sonlu elemanla çözümü ve çizimi.
- **TS500, Eurocode, ACI ve SNIP** code'larına uyumluluk.
- Dilatasyonlu yapıların ortak temel analizi.
- Yüksek sünek yapıların tüm kontrolları
- Simetrik yapıların otomatik kopyalanması ve kontrolu
- Sonlu elemanlar yöntemiyle, katlanmış plak, merdiven hesabı ve çizimi, kubbe, tonoz, havuz hesabı.
- Mantar plakların çözümleri, çizimleri ve zımbalama kontrolları
- Elemanlarda optimizasyon ile ekonomik boyutların seçilebilmesi
- Otomatik metrajlı, pafta çerçeveli, ölçülendirmeli tüm çizimler.
- Statik, modal analiz ve nonlineer analizde **yapı + temel** etkileşimli çözüm. **(TDY 2.2.1.4 Z1 sınıfı zeminler haricl zorunlu)**
- Hasır çelik kullanımı ve çizimleri
- Tamamen grafiksel ve açıklamalı printer çıktıları.
- Güçlendirme projelerinde mevcut yapıya ait 10 adet beton, çelik ve elastisite modülünün girilebilmesi.
- Güçlendirme opsiyonlu özel çizimleri. Güçlendirmede mevcut kolon donatılarının donatı ve moment kapasitelerinin kontrolu ve raporlanması
- Kolonlarda mantolama, mevcut kolonlar arasına panel perde ile çözümü, rot ve diş hesabı
- Mimari çizimden ve **SAP2000, ETABS, STAAD/Pro** programlarına data transferi

STA BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK LTD. ŞTİ.

Muhittin Üstündağ Cd. No:45 Koşuyolu / İSTANBUL
Tel: (0.216) 326 57 57 (pbx) Fax: (0.216) 325 74 84
www.sta.com.tr sta@sta.com.tr

Bayiler :

ANKARA	Köge Yapı Ltd. Şti.	0312 473 35 15
MERSİN	Safir Müh. Ltd. Şti.	0324 329 52 05 - 06
K.K.T.C.	Mustafa Tunar	0533 862 09 29
BURSA	Sakine Duman	0533 223 98 58
ISPARTA	Mikro Bilgisayar	0246 218 80 56

İçindekiler

18 Başyazı

19 Geoteknik Kurulu'ndan

20 Geoteknik Mühendisliğinde Aletsel Gözlem ve Uygulama Teknikleri
Orhan Esat İnanır

31 Darbeli Kırmataş Kolon (DKK) Elemanlarının Deformasyon Temelli Tasarımı
Ece Kurt Bal, Lale Öner,
Prof. Dr. Kemal Önder Çetin

41 Geoteknik Deprem Mühendisliği Açısından Zemin-Temel-Yapı Etkileşimine Kritik Bakış
Prof. Dr. Bilge Siyahi,
Prof. Dr. Kemal Önder Çetin,
Dr. H. Tolga Bilge

51 Tabakalaşmış Zeminler Üzerinde Yer Alan Genişletilmiş Yol Dolgularının Nümerik Analizi
Zülal Akbay Arama, Melek Yaramış,
S. Feyza Çinicioğlu

62 Odadan Haberler
- *3. Köprüler Viyadükler Sempozyumu*
- *8. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*
- *11. Ulaştırma Kongresi*

TMMOB
İnşaat Mühendisleri Odası

Yıl: 60 / 2015 - 1 Sayı: 484
İki ayda bir yayınlanır, yerel süreli yayın.
ISSN: 1300-3445

TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası tarafından iki ayda bir yayınlanır.

Kurucusu
Orhan Yavuz

Sahibi
Nevzat Ersan

Genel Yayın Yönetmeni
Bülent Tatlı

Yazı İşleri Müdürü
Bülent Tatlı

Yayın Kurulu
Züber Akgöl, Hasan Yaşar Akyar, İdris Bedirhanoğlu, Mahmut Küçük, Yusuf Hatay Önen, Taner Yüzgeç

Yönetim Yeri
TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası
Necatibey Cad. No:57 06640 Kızılay-Ankara
Tel: (0.312) 294 30 00 - Faks: 294 30 88
www.imo.org.tr - E-posta: tmh@imo.org.tr
Yazışmalar için yukarıdaki adres kullanılacaktır. TMH dergisi, aidatını ödemiş İMO üyelerine ücretsiz gönderilir.

Yayın Koşulları
Yazılar hem elektronik ortamda hem de kağıt çıktı olarak gönderilmelidir. Görsel malzeme, teknik işlere uygun fotoğraf, dia ya da elektronik ortamda yüksek çözünürlüklü olmalıdır. Yayın kurulu gönderilen yazılarda dil, anlatma ve yazım tekniği yönünden gerekli düzeltme ve kısaltmaları yapabilir. Yazılardaki görüşler yazarlarına ait olup hiç bir şekilde İMO'nun aynı konudaki görüşlerini yansıtmaz. Gönderilen yazılar geri verilmez. Ancak yazıların basılıp basılmayacağı yazı sahiplerine mutlaka bildirilir. TMH'da yayınlanan yazılar kaynak gösterilmeden kullanılamaz.

Baskı
Patika Ajans Matbaacılık Ltd. Şti.
Tel: 0.312.431 22 11

Baskı Tarihi
13 Nisan 2015

Başyazı

Merhaba,

İMO Geoteknik Kurulu'ndan ve üyelerimizden gelen öneri üzerine 484 ve 485 sayılı TMH'lar tematik olarak hazırlandı. Şimdiye dek tematik hazırlanan TMH sayılarının gördüğü ilgi nedeniyle, olanaklar el verdiği ölçüde bu tercihi kullanıyoruz. "Çelik", "Geoteknik", "İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği, "Su", "İnşaat Yönetimi", "Ulaşım" konularında daha önce hazırlanan sayılar, zengin içeriği nedeniyle "başucu" dergisi olarak kütüphanelerdeki yerini aldı. Meslek alanımızın alt disiplini olan Geotekniğe ayrılan bu sayı umuyoruz ki, meslektaşlarımız için öğretici, ilerletici olacaktır.

Şu nokta açık ki, zemin-yapı ilişkisi üzerinde şekillenen geoteknik, inşaat mühendisliğinin bir alt disiplinidir. Öğrenilmesi, kavranılması, uygulanması ancak inşaat mühendisliğinin temel teorisi bağlamında mümkün olabilir. Yıllara yayılan inşaat mühendisliği eğitimi geoteknik eğitimini de içerecek şekilde geniş bir yelpazeye yayılmıştır, derinliğe ve başka bir meslek disiplini tarafından algılanamayacak ölçüde ayrıntılara sahiptir. Güvenli yapı üretimi için elzem olan böylesine önemli bir konunun, farklı mühendislik disiplinlerinin ilgi alanındaymış gibi bir algı yaratılmaya çalışılması ya da örneğin jeoloji/jeofizik mühendislerinin , inşaat mühendislerinin yerine istihdam edilmesi yönündeki girişimler mesleki alanları kaosa itmekle kalmayacak, ülke ve kamu yararına telafi edilmesi güç sonuçlar doğuracaktır. TMH'nın bu sayısındaki yazılar bu açıdan tarihsel yanılgılara ve bilim dışılığa yanıt niteliğindedir.

TMH'nın yeni sayısı hazırlanırken ülkemiz seçim atmosferini iyiden iyiye solumaya başladı. Seçime girecek partilerin programları henüz açıklanmadığı için, tartışmalar daha çok oy oranları üzerinden devam ediyor. Kimlerin hangi ilden aday olacağı konusu ise aday listelerinin açıklanacağı tarihe yaklaştıkça gündemde ağırlıklı yer alıyor. Kaldı ki partilerin "vaat metinleri" yayımlansa da oy verme nedenlerinin bir bütün olarak vaatlerle ilintili olmadığı, liderin güvenirliliğinin, partinin kamuoyunda yarattığı algının ve geleneksel ideolojik-politik tercihlerin seçmenleri doğrudan etkilediği biliniyor.

İnşaat Mühendisleri Odası 2011 seçimlerinde yaptığı gibi, 2015 seçimlerinde de insanları tartışmak yerine parti programlarını değerlendirecek, liderlerin kitleleri etkileme gücünü değil, "seçim vaatlerinin" ülkenin ihtiyacını karşılayıp karşılamayacağını baz alacak ve seçimlere dönük tavrını belirleyecektir. Bu tavır herhangi bir partiye oy verip vermeme sıkışıklığında değil, ülkenin ve mesleki alanının sorunları bağlamında ortaya çıkacak sonuçların parti programlarıyla örtüşüp örtüşmediği ile ilgili olacaktır.

İMO 100 bini aşkın üyesiyle ülkenin en büyük meslek örgütlerinden biridir. Üyeleri arasında farklı partilere gönül vermiş ve farklı görüşleri savunan meslektaşlarımız bulunmaktadır. Odamızın ortak paydası, mesleki sorunlar ve çözüm önerileri başta olmak üzere, mesleki sorunlara kaynaklık eden ülke ve dünya sorunlarıyla ilgili görüş ve duygu birliğidir.

Ülkemizin ve mesleğimizin çözülemeyen, çözülemedikçe geleceğe daha da büyüyerek aktarılan sorunları bulunmaktadır. Nedir bunlar? İmardan yapı denetimine, işçi sağlığından ulaşıma; yabancı mühendislere tanınan haklardan teknoloji fakültelerine, mühendislik hizmetlerindeki nitelik kaybından üretim sürecinin denetimsizliğine; doğanın talanından kentsel değerlerin tasfiyesine; kamusal alanların ve yatırımların büyük sermaye gruplarına satılmasından mühendislerin özlük haklarına kadar geniş yelpazeye yayılan sorunların, hem toplumsal hayatta hem de mesleki alanda olumsuz etkileri ile karşı karşıya bulunuyoruz.

Farkındayız; sorunlara siyasi iktidarların karar ve tasarrufları neden olmaktadır. İMO kurulduğu 1954 yılından bu güne, siyasi iktidarların tercihlerine karşı toplumun ve kamunun yanında yer almış, mesleki alanda yaşanan sorunların ve meslektaşlarının karşı karşıya olduğu sıkıntıların çözülmesi doğrultusunda kamuoyu oluşturmaya, baskı unsuru olmaya gayret etmiştir. Bunu yaparken siyasi iktidardaki partinin görüşleri değil kendi mesleki-bilimsel doğrularını baz almıştır. Birinci Boğaz Köprüsüne itiraz ederken de, Üçüncü Boğaz Köprüsüne karşı çıkarken de kentlilik bilinci, kent içi ulaşımın evrensel normlarıyla hareket etmesini bilmiş ve siyasi iktidarlara karşı bağımsız yapısını ısrarla korumuştur.

Mesleki alan ve meslek örgütümüzle ilgili son dönemde gerçekleştirilen mevzuat değişiklikleri ile Odamızın 1954'ten bu yana koruduğu bağımsızlığını zedelemeye, mali ve idari denetim marifetiyle Odalarımız üzerinde vesayet ilişkisi kurmaya dönük girişimlere tanık olmaktayız. Dolayısıyla 2015 seçimlerine dönük tavrımızı belirleyen önemli unsurlardan biri de partilerin nasıl bir mesleki alan sorusuna verdiği yanıt olacaktır.

Odamız 2015 seçimlerine dönük bir metin kaleme alacak, inşaat mühendislerinin manifestosuyla hassasiyet konularını ve kırmızıçizgisini kamuoyuyla paylaşacaktır.

Yeni sayılarda buluşmak üzere.

İnşaat Mühendisleri Odası
Yönetim Kurulu

İnşaat mühendisliği anabilim dalları arasında Geoteknik son yıllarda en çok önem kazanan ve uygulama alanı bulunan anabilim dalı olup, bu alanda yapılan bilimsel araştırmaların sayısı da hızla artmaktadır.

Alüvyon ve kaya türü zeminlerle yük etkileşimi içinde bulunan veya bunların yapı malzemesi olarak kullanıldığı her türlü yapı için (derin kazı iksa sistemleri, şevler, yüzeysel ve derin temeller, dayanma yapıları, tüneller, toprak dolgu ve seddeler vb) zemin etütleri, taşıma gücü, oturma ve toptan göçme analizleri yapılması, dinamik yükler altındaki zemin davranışının (sıvılaşma, zemin büyütmesi vb.) ve zemin-yapı etkileşiminin incelenmesi, gerektiği takdirde zemin iyileştirme yöntemlerinin belirlenmesi ve bunlarla ilgili her türlü rapor ve projelerin hazırlanması, yapılan uygulamaların performansının çeşitli aletsel gözlem ve arazi deneyleriyle izlenmesi ve yorumlanması evrensel ölçekte kabul edilmiş olan Geoteknik anabilim dalının uygulama alanları içerisinde yer almaktadır.

1998-1999 depremleri sonrası yapılan resmi düzenlemeler Jeoloji ve Jeofizik Mühendisliği ile İnşaat Mühendisliği'nin Geoteknik Anabilim Dalı arasında öteden beri süregelen mesleki alan kesişme ve çatışmalarını içinden çıkılmaz boyutlara getirmiştir. Jeoloji ve Jeofizik Mühendislerinin İnşaat Mühendisi'nin yerine geçecek şekilde istihdam edilmesini sağlayacak resmi düzenlemelerin yapılması, ülke ve kamu çıkarlarına aykırı büyük sakıncalar içermektedir. Mühendislik disiplinlerinin görevi, bilimsel ve teknik bilgiye dayalı olarak optimum emniyet/maliyet/fonksiyon dengesini sağlayan tasarımlar ve uygulamalarla refah ve konfor düzeyini arttırmak, gelişim ve ilerlemeyi insana ve topluma hizmet eder hale getirmektir. Bu da ancak mühendislerin kendi mesleki alanlarına ait yeterli donanıma sahip olmaları ile mümkün olur. Mesleki yetkinlik mesleki sorumluluğun bir gereğidir.

Meslek insanlarının mesleklerini icra etmeleri için gereken bilgi, maharet, dikkat ve birikimi öncelikle eğitimleri ile kazanmış olmaları ve bunun devamında uygulamanın içinde yer alarak kendilerini geliştirmeleri gerekir. Herhangi bir meslek alanı için gereken eğitim üniversal bir nitelik arz ederken, propaganda ve yanlış bilgilendirmeler ile veya arka arkaya açılan davalar veya yönetmelik düzenlemeleri ile alınan eğitimle bağdaşmayan çalışma alanlarının yaratılması son derece sakıncalıdır. Evrensel gerçeklerin, bu şekilde dava süreçleri veya yönetmelik düzenlemeleri yoluyla ülkeye ve yetkililere yanlış tanıtılması ile "kazanılan" haklar mühendislik alanında büyük iddialara sahip olmaya hazırlanan ülkemizin şüphesiz ki aleyhine bir durumdur.

İMO Geoteknik Kurulu olarak meslektaşlarımızın bu anlamda yaşadığı pek çok sorunun çözümüne yönelik çalışmalar yürütmekteyiz. Bu çalışmalardan başlıcaları; mevzuat ve teknik şartname hazırlıkları, geoteknik alanında meslek içi eğitimler verilmesi, ulusal geoteknik sempozyum ve kongrelerine katkı sunulması, geoteknik faaliyet alanına diğer mühendislik disiplinlerince yapılan ihlallerle mücadele edilmesine yönelik çalışmalar, geoteknik konusunda mesleki yayınlar hazırlanmasına yönelik çalışmalar ve geoteknik etüt ve projelerle ilgili birim fiyat listelerinin belirlenmesi olarak sıralanabilir.

TMH'nın bu sayısında gerek akademik çevrelerden gerekse profesyonel olarak etüt, proje ve uygulama faaliyetlerinde bulunan meslektaşlarımızın hazırladığı geoteknik ve deprem mühendisliği, zemin ıslahı, geoteknik aletsel gözlem ve geoteknik nümerik analiz konularında makaleler sunulmaktadır. Bundan sonraki sayı da yine geoteknik uzmanlık alanına ayrılmış olup iksa sistemleri, derin temeller, şevler gibi diğer önemli konuları ele alan makaleler siz değerli meslektaşlarımızla paylaşılacaktır.

Kurulumuzun da katkılarıyla 26-27 Kasım 2015 tarihlerinde Adana Çukurova Üniversitesi'nde düzenlenecek olan 6. Geoteknik Sempozyumu'nda ulusal ve uluslararası ölçekte yakın zamanda geoteknik uzmanlığı alanında yapılmış olan bilimsel araştırma, etüt, tasarım ve uygulamaya yönelik çok sayıda çalışma sunulacaktır. Bu ve bunun gibi sempozyum, kongre ve seminerlerle konunun öneminin bu alanda faaliyet gösteren herkes tarafından daha iyi anlaşılacağına inanıyor, siz değerli meslektaşlarımızı sempozyumda aramızda görmeyi diliyoruz.

Sevgi ve Saygılarımızla,

İMO Geoteknik Kurulu

Mustafa Laman, Nejan Huvaj, Ozan Dadaşbilge, Levent Darı, Özcan Tan, Selman Sağlam, Banu İkizler

Orhan Esat İnanır
Yüksek İnşaat Mühendisi
Geogrup İnşaat San. ve Tic. A.Ş.

Geoteknik Mühendisliğinde Aletsel Gözlem ve Uygulama Teknikleri

1. Giriş

Her geoteknik dizayn az yada çok kuramsaldır. Zemin ve kaya bulunan bütün inşaat işlerinde her zaman sürprizlerle karşılaşma riski vardır. Köprü, baraj, yol, tünel v.b. yapı inşaatlarında hesaplanan ve planlanandan farklı davranış sergileyen yapı örnekleri tarihte ve günümüz mühendislik uygulamalarında bolca görülebilmektedir. Bu nedenle tasarlanan ve dizayn edilen yapıda öngörülen davranışın, uygulamadaki performansının gözlemlenmesi tarih boyunca görsel ve sayısal yöntemlerle gerçekleştirilmiştir.

2. Neden Aletsel Gözlem

Şekil 1 - İdeal Ortam & Gerçek Dünya Kıyaslaması

Zemin genellikle doğada homojen değildir ve davranışının tahmin edilmesi güçtür (Şekil 1). Ancak, geoteknik problemleri idealleştirerek basit formlarda çözülebilir hale getirebilmekteyiz. Bu nedenle, geoteknik mühendisliğinde geliştirilmiş güçlü teori ve karmaşık nümerik modellere rağmen, sağlıklı uygulama için sahada güvenilir ölçümlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Hayati önemine rağmen, aletsel gözlem (enstrümantasyon) tek başına iyi dizayn ve problemsiz uygulamayı garanti etmez. **Yanlış** yere yerleştirilen **Yanlış** enstrüman en iyi koşulla kafa karıştırır, en kötü koşulda ise problemi gölgelemesi nedeniyle amaçtan uzaklaştırır ve **TEHLİKELİDİR**. Aşırı miktarda enstrüman yerleştirmek para ziyanına buna karşılık tasarruf etmek amacıyla gereğinden az enstrüman yerleştirmek ise yanlış tasarruftan fazlasına neden olabilir. Bazı durumlarda problemi gizleyerek tehlikeli dahi olabilir. Geoteknik davranışı kontrol eden mekanizmanın belirlenmesini müteakip, projelendirme aşamasında takip edilebilecek parametreler, kıyaslama yapılabilecek şekilde gözlemlenmelidir.

"Bir projede seçilen ve yerleştirilen her ölçüm aleti, özel bir soruya cevap vermelidir." (Peck, 1985)

3. Aletsel Gözlemde Sistematik Planlama

Geoteknik Aletsel Gözlem Projesi sadece enstrüman seçmekten ve muhtelif yerlere serpiştirmekten ibaret değildir. Aksine projenin amaçlarının tanımlanması ile başlayan, geoteknik davranışı kontrol eden mekanizmanın belirlenmesiyle ve ilgili parametrelerin gözlemine uygun ölçüm aletlerinin seçimi ve yerleştirilmesiyle devam eden ve elde edilen verilerin değerlendirilerek, sonuçlarının gerekmesi halinde proje revizyonu amaçlı kullanılmasına kadar uzanan adımsal ve geniş kapsamlı bir mühendislik sürecidir.

Projeye özel aletsel gözlem planı hazırlanması gerekmektedir. ***Doğru Enstrümantasyon Sistematik Planlama Gerektirmektedir.***

Geoteknik Aletsel Gözlem Sistematik Planlama Adımları (Dunniclif, 1983);

- Proje koşullarının belirlenmesi,
- Geoteknik davranışı kontrol eden mekanizmanın belirlenmesi,
- Cevaplanması gereken geoteknik soruların belirlenmesi,
- Enstrümantasyonun amacının belirlenmesi,
- Gözlemlenecek parametrelerin belirlenmesi,
- Gözlemlenecek parametredeki değişimin boyutunun belirlenmesi,
- Dizayn, Uygulama ve İşletme aşamalarındaki görev atamalarının belirlenmesi,
- Ölçüm aleti seçimi,
- Ölçüm aleti noktalarının belirlenmesi,
- Gözlem kayıtlarının etkileyen faktörlerin gözlemlenmesi veya etkilerinin ortadan kaldırılması (kar, yağmur, güneş, v.d.)
- Doğru ölçüm alınabilmesinin sağlanması için ölçüm prosedürünün belirlenmesi,
- Her ölçüm aletinin özel maksadının belirlenmesi,
- Bütçe belirlenmesi,
- Alet yerleştirme işinin inşaat aşamalarına göre planlanması,
- Planlı bakım ve kalibrasyon programının belirlenmesi,
- Veri toplama, veri işlenmesi, veri sunumu, değerlendirme, raporlama ve uygulamanın planlanması,

aşamalarından oluşmaktadır. Bu aşamalar dikkate alınmadan yapılan aletsel gözlem çalışmaları, bir bütünlük sergilemez ve doğru amaca hizmet etmez.

4. Aletsel Gözlem Amacı

Enstrümantasyon Amacı;

- Güvenlik
  - İnşaat faaliyetleri ve çevre üst/alt yapıları olumsuz yönde etkileyebilecek olağanüstü bir davranış oluşumunu önceden belirleyebilmek üzere "Erken Uyarı Sistemi"
- İmalat Kontrol
  - İnşaat Faaliyetlerinin etkisinin gözlemlenmesi. Proje faaliyetlerinin göçme riski oluşmadan sürdürülebilmesine yardımcı olmak.
- Kalite Güvence
  - Aletsel gözlem, inşaat faaliyetlerinde kaliteli işçiliğin temini ve şartnamelerde belirtilen şekilde imalatların yapılmasının güvence altına alınması.
- Hukuksal Veri
  - Aletsel gözlem verisi, çevre yapılarda hasar oluşması ve hukuksal sürece girmesi halinde proje dizayn müellifi, müteahhit ve işverenin doğru bilgi sağlama ve haklarını koruma amaçlı veri olarak kullanılabilir.

5. Gözlemlenen Geoteknik Parametreler

Gözlemlenecek parametreler ve alet seçimi ve yerleştirilmesi sistematik planlama mantığı ile projeye özel olarak belirlenmeli ve tasarıma esas parametrelerle (toplam gerilme, boşluksuyu basıncı, efektif gerilme v.b.) paralellik arz etmelidir.

Su Ölçümü

- Yeraltı Su Seviyesi ve Boşluksuyu Basıncı Ölçümü
  - Piyezometer, (Piezometer),
  - Casagrande Tipi Piyezometer (SPZ, StandPipe Piezometer),
- Rezervuar Su Seviyesi ve Debi Ölçümü
  - Su seviye Ölçümü (rezervuar v.b.),
  - Rezervuarlı Debi Ölçer (V Notch, Flow meter),
  - Basınçlı Hat Debi Ölçümü (Pompaj v.b.),

Toplam Basınç Ölçümü

- Gerilme Ölçer Hücresi (Stress Cell),
- Toplam Basıç Ölçer (Total Pressure Cell),

Deformasyon Ölçümü

- Deformasyonlar ve Dönme Ölçümü
  - Jeodezik Gözlem (Robotik Total-Station ile Otomatik Gözlem),
  - İnklinometre (Inclinometer),
  - SAA (Shape Accelerometer Array),
  - Eğim Ölçer (Tiltmeter/Submersible Tiltmeter/Portable Tiltmeter),
  - MPBX Çok Noktalı Kuyu Tipi Uzama Ölçer (MultiPointBorehole Extensometer),
  - Prob Tipi Ekstansometre,
  - Çatlak Ölçer (Crackmeter),
  - Pendulum (Düz-Ters Pendulum),
  - Hidrolik Oturma Ölçer,
  - Manyetik Oturma Ölçer,
  - Uzun Mesafe Çatlak Ölçer (Long Range Crackmeter),
  - Çeşitli Deformasyon Ölçerler

Yapısal Elemanlarda Yük ve Birim Deformasyon Ölçümü

- Yük Ölçer (Load Cell),
- Birim Deformasyon Ölçer (Strain Gauge),

Sıcaklık Ölçümü

- Thermister,
- Thermo Couple,

Yardımcı Ölçümler

- İnşaat çalışmalarından ve çevresel etkilerden kaynaklanan Vibrasyon & Gürültü Ölçümü
  - Titreşim Ölçer (VIBRA),
  - Ses Ölçer,
- Meteorolojik Ölçün
  - Rüzgar Hız ve Yön Ölçer,
  - Sıcaklık ve Relatif Rutubet (Temperature & Relative Humudity),
  - Barometrik Basınç,
  - Yağmur & Kar Miktar Ölçer,

Veri Toplama Sistemleri

- Manuel Ölçüm Sistemleri (Mekanik, Hidrolik, Pnömatik,Elektrikli ve Fiber Optik Sistemler)
  - Taşınabilir Veri Okuma Üniteleri (Read-Out Units)
- Otomatik Ölçüm Sistemleri (Elektrikli ve Fiber Optik Sistemler)
  - Çok Kanallı Otomatik Veri Toplama Üniteleri (Data Logger)

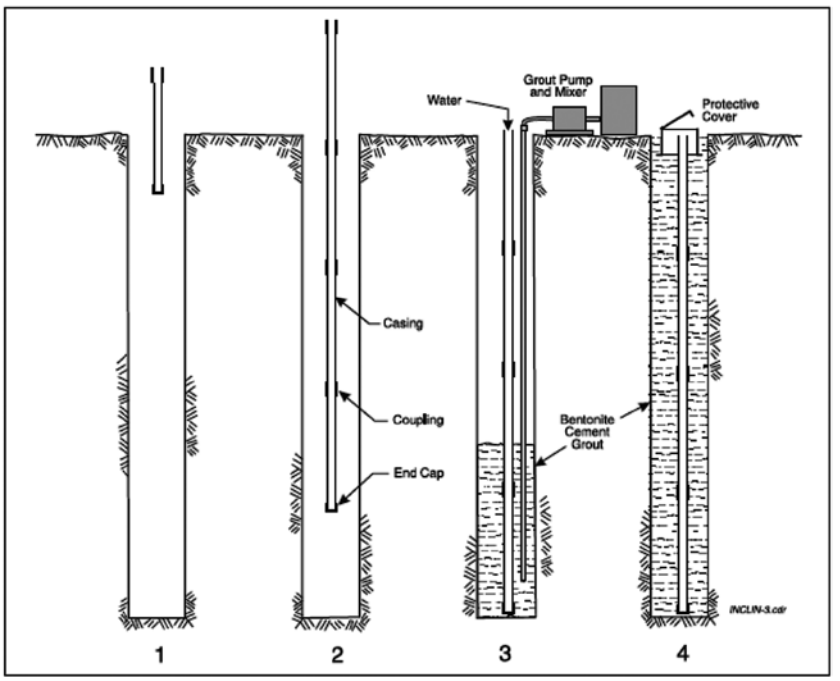
6. Geoteknik Uygulamalarda Sıklıkla Tercih Edilen Bazı Ölçüm Aleti Tipleri Ve Yerleştirme Metodları

Yukarıda belirtilen ölçüm aletleri kategorilerinde mekanik, hidrolik, pnömatik, elektrikli (titreşim telli-vibrating wire, gerinim pullu-foil type strain gauge, MEMS-MikroElektroMekanik, Manyetik v.b.) ve fiber optik farklı tipte ölçüm aletleri proje koşullarına uygun olarak tercih edilebilir. Günümüzde geoteknik sektöründe ağırlıklı mekanik, titreşim telli ve MEMS tipi sensörler olmak üzere, çok farklı tipte ölçüm sistemleri proje koşullarına göre tercih edilebilmektedir. Burada, ülkemizde ve dünyada genellikle geoteknik sektöründe sıklıkla tercih edilen ölçüm aleti tipleri özetlenmiştir.

6.1. İnklinometre (Inclinometer)

Zemindeki yatay ve düşey deformasyonu gözlemlemede en yaygın olarak kullanılan enstrüman inklinometredir. İnklinometre sistemi ile gözlem, özel inklinometre borusu kullanımını gerektirir. Borunun içerisindeki oluklar probun yönlenmesini kontrol eder ve tekrarlı ölçüm alınabilmesini sağlar. ABS plastik inklinometre boruları için standart malzemedir. ABS plastik büyük sıcaklık aralıklarında şeklini ve esnekliğini korur. ABS Plastik kullanımı ve montajı oldukça kolay olup bütün zemin tipleri, enjeksiyon tipleri ve su seviyeleri için uygundur. Standart olarak OD70mm, L=3m uzunluğundaki ABS İnklinometre Borusu kullanılır. Ancak, amaca özel OD60mm veya OD85mm, L=3m uzunluğundaki ABS İnklinometre Borusu da kullanılabilir. Standart ekstrüde borular manşonlar ile perçinlenerek birleştirilmeli, mastik ile sızdırmazlığı sağlanmalı ve izolasyon bandı ile içerisine çimento/bentonit harcı-enjeksiyon kaçması önlenmelidir. Bunun yanında, çabuk bağlantılı borularda perçin kullanılmayabilir.

Şekil 2 - Düşey ve Yatay İnklinometre Borusu Yerleştirme Hazırlıklarından Genel Görünüş



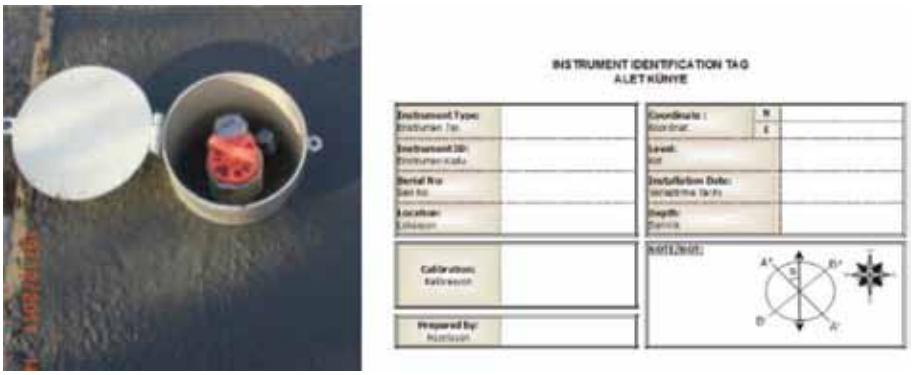
Şekil 3 - İnklinometre Yerleştirme Adımlarının Şematik Görünümü

İnklinometre Yerleştirme

Delgi sırasında kuyuda oluşan sondaj çamuru ve yıkıntı malzeme devirdaim ile temizlenir. İnklinometre borusu, alt kapağı ve enjeksiyon hortumu ile kuyuya indirilir. Belirlenen inklinometre kuyusu derinliğine erişilinceye kadar inklinometre boruları parça parça eklenir (Şekil 3). İnklinometre borusundaki bir çift oluk beklenen hareket doğrultusu ile aynı yönde olacak şekilde ayarlanmalıdır. Uygun yönlendirme yerleştirme işlemi boyunca korunmalıdır. Su/Çimento/Bentonit Harcı-(enjeksiyon malzemesi) zeminin mukavemetine yakın bir mukavamet elde edilcek şekilde hazırlanmalıdır. Gerekmesi halinde yerleştirme öncesi deneme karışımları hazırlanarak Su-Çimento-Bentonit karışımlarının drenajsız kayma mukavemeti (el veyn aleti ile) test edilerek ortalama zemin mukavemetine en yakın oran tespit edilmelidir. Bu nedenle karışımda bentonite kullanımı önemlidir. Boruları su dolu kuyulara indirirken boruların yüzmesini önlemek için boruların içi su doldurulur. Kuru kuyularda borular kuru olarak yerleştirilir. Enjeksiyon başlarken yüzmeyi önlemek için boruların içi su doldurulmalı ve kuyu içerisine çelik bir çubuk veya boru indirilmelidir. Pratik bir tedbir olarak boruların içine ağırlık yapması için zincir koyularak boru dipten tutulmalıdır. Borular hiçbir zaman yüzmeye karşı üst ucundan tutularak enjeksiyon yapılmamalı ve borunun kuyu içerisinde kuyu cidarlarına yaslanarak esneme yapması engellenmelidir. Bu amaçla büyük çaplı kuyularda ekstra tedbir olarak inklinometre borusu etrafına yaylı merkezleyici kullanılabilir. İnklinometre borusu yerleştirildikten hemen sonra ve 1 gün sonra su devir daim edilerek olası enjeksiyon kaçağına karşı boru içinin temiz olması temin edilebilir.

Bir-iki gün içerisinde enjeksiyonun oturmasından dolayı, borunun yüzeyden itibaren ilk 1-2 m'lik kısmında, koruyucu kapak yerleştirilme öncesinde, kuyuya bir miktar enjeksiyonun yukarıdan dökülerek ilave edilmesi genellikle gerekmektedir.

Okumalar esnasında probun aynı yönde kuyuya indirilmesini sağlamak amacı ile inklinometre borusunun üst tarafı işaretlenmeli (testere ile çentik atılabilir) ve bir Alet Künyesi yerleştirilmelidir. Alet Künyesi'nde A+ yönünün kuzey ile yaptığı açı, ana ölçme doğrultusu ile yaptığı açı ve inklinometre kuyusu kot-koordinatları, kuyu derinliği ve kuyu numarası belirtilmelidir. İnklinometre



Şekil 4 - Tipik İnklinometre Koruma Kapağı ve Künyesi

kuyuları içerisine yabancı madde düşmemesi için tıpa ile kapatılmalı ve zemin yüzeyinde kilitli numaralanmış kapaklarla korunmalıdır (Şekil 4).

Yerleştirme sonrasında enjeksiyon yeterli mukavemete eriştikten sonra (takriben 3 gün) inklinometre borusu üst kot-koordinatları ölçülmeli, boru yerleştirme esnasında oluşabilecek spirallenmeyi tespit etmek için spiral okuması (özellikle uzun inklinometre kuyularında önemli) ve sıfır okuması alınmalı ve sonuçlar grafik ve tablo formatında raporlanmalıdır.

İnklinometre Okuması Alınması

Günümüzde MEMS (Mikro Elektro Mekanik Sistem) dijital tip inklinometreler endüstri standardı olmuştur. Tipik olarak böyle bir sistem ile alınan okuma sistematiği aşağıda belirtildiği şekildedir;

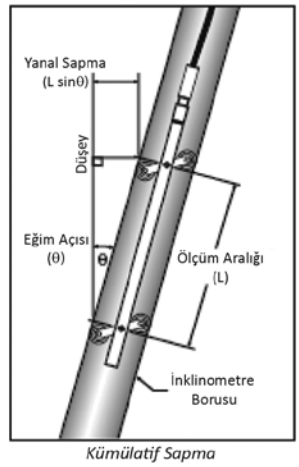
Tekerlekli inklinometre probu borunun içerisindeki düşey oluklardan geçmektedir. Probun içerisinde iki adet MEMS (Mikro Elektro Mekanik Sistem) akselerometresi bulunmaktadır. İvme ölçerlerden biri tekerleklerle aynı düzlemdeki dönmeyi ölçer. Bu düzlem A ekseni olarak kabul edilir. Diğer ivme ölçer tekerleklere dik doğrultudaki dönmeyi ölçer. Bu düzlem B ekseni olarak kabul edilir. A+ pozitif ölçme yönü ana ölçme doğrultusu olacak şekilde alet pozisyona alınır.

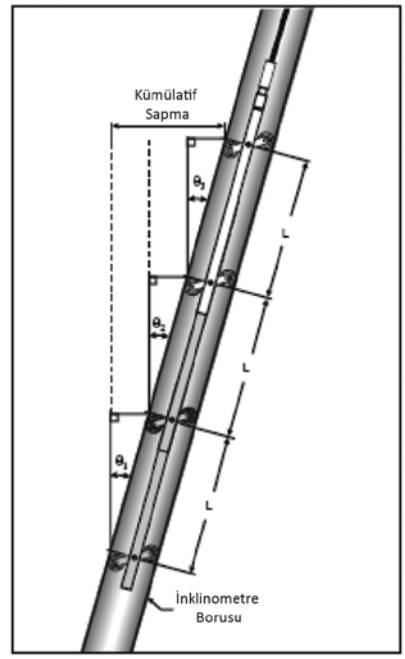
Genellikle eğim okumaları, prob kuyunun en alt noktasından yukarı doğru çekilerek tipik olarak 0.5 m aralıklarla (prob boyuna eşit olmalıdır) alınır. Kontrol kablosu inklinometre probunun derinliğini kontrol etmek ve hareketini sağlamak amacıyla kullanılır. Ayrıca kontrol kablosu tamburu dijital prob ile Bluetooth anteni arasındaki güç ve sinyal aktarımını da sağlar. Data Bluetooth bağlantısı ile eş zamanlı olarak El Bilgisayarına aktarılır. InclinalysisTM yazılımı veya benzeri yazılımlar her derinlikte okumalar sabitlendiğinde veriyi kaydetmeyi sağlar.

İnklinometre okumaları probun içinde işlenir ve A/D (Analog-Dijital Dönüştürücü) vasıtasıyla diijitalleştirilir ve aşağıda gösterildiği gibi eğimi yatay deformasyona çevirir.

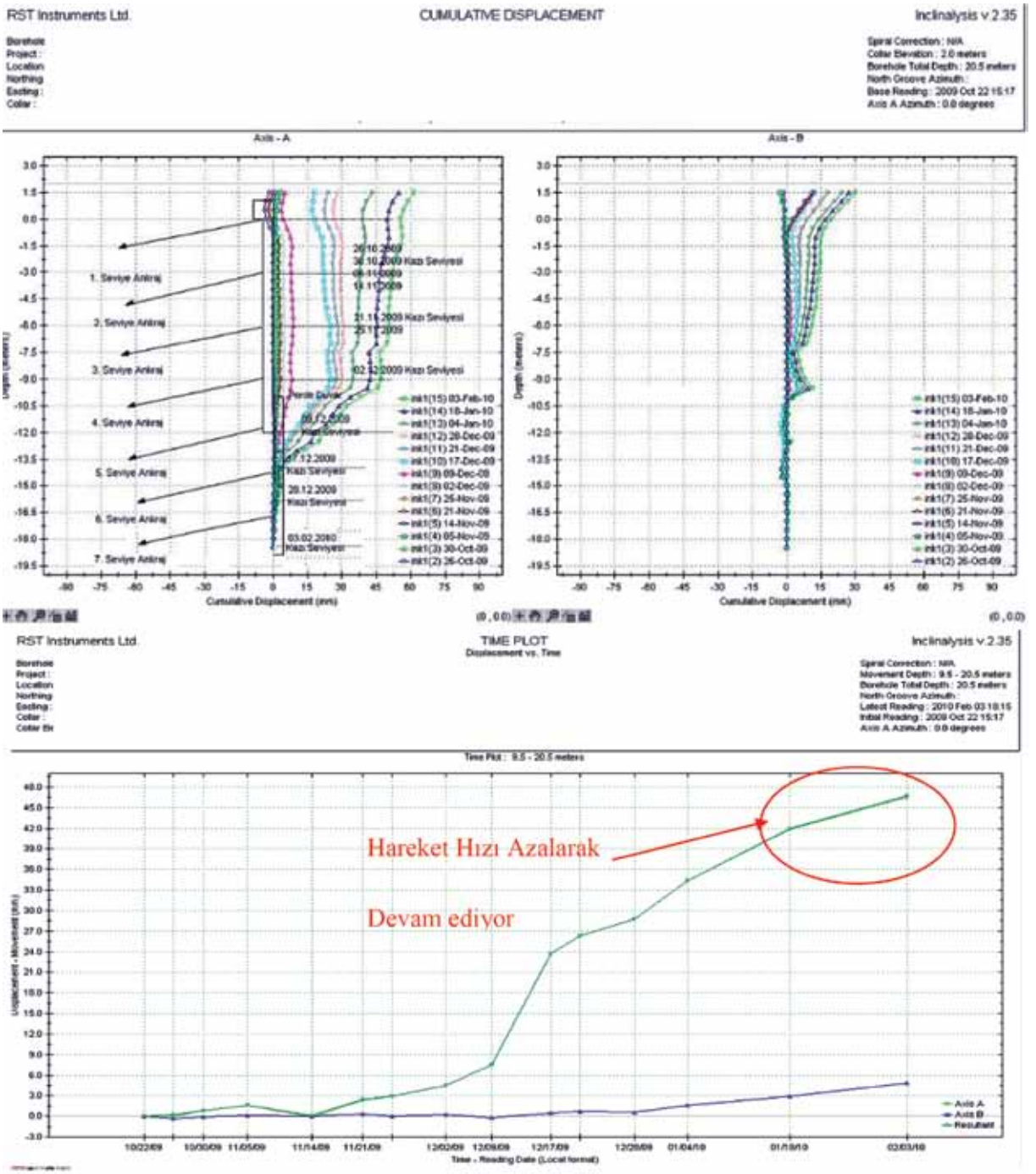
Her okumada prob boyuna göre (0.5m) dönme miktarı ölçülür ve bu sapmaların yerçekimine göre kümülatifi Mutlak Sapma Grafiğini (Absolute Graph) yani borunun gerçek pozisyonunu ifade eder. Sapmaların sıfır okumasına göre relatif gösterimi ise; her okuma aralığındaki sapma "birim sapma-incremental deviation" olarak birim dönmelerin alt ucu referans alarak toplamları ise "kümülatif sapma-cumulative deviation" inklinometre borusunun deformasyon paternini ifade eder. Bu nedenle inklinometre ölçümü, göreceli bir ölçümdür ve iki ana referansı (sıfır okuması ve hareketsiz uç-Base Fixity) bulunmaktadır. Her iki referans koşullarının sağlanamaması halinde anlamlı inklinometre ölçümü yapılamaz. İnklinometre borusunun ucunun hareket etmeyen zona yerleştirilmesi (Base Fixity koşulunun sağlanması) hayati önem taşımaktadır.

Checksum-Sağlama, aynı derinlikte 0 ve 180 derecedeki okumaların toplamını vermektedir. İdeal durumda okumalar birbirine göre ters yönde olduğundan dolayı toplamın sıfır çıkmasıdır. Pratikte boruların dönmesi, probun pozisyonu ve probun başlangıç hatası (zero-offset) ve histerisiz hatası (Hysterysis) sağlamanın sıfırdan farklı olmasına sebebiyet vermektedir. Ancak hata dağılımı belirli bir aralıkta olması okuma doğruluğunun kontrolü açısından önem arz etmektedir. Checksum istatistikleri ölçüm kalitesini değerlendirmek için kullanılabilir. Elde edilen veriler, hareket etmeyen uç prensibine göre bir yazılım ile grafik ortamda değerlendirilir. A+/-, B+/- için değerlendirilen veriler genellikle grafik ortamda, ayrıca gerekmesi halinde tablo olarak sunulur (Şekil 6).





Şekil 5 - İnklinometre Ölçümünde Birim Dönme ve Kümülatif Sapma Prensibi Şematik Gösterimi



Şekil 6 - Kumulatif ve Zaman-Deplasman Grafiklerinden Tipik Görünüş

• Kumulatif Deplasman Grafiği - Cumulative Displacement (İnklinometre okumalarının kuyu alt ucundan itibaren toplam hareketini belirleyen grafik)

• Birim Deplasman Grafiği - Incremental Displacement (Tekerlekler arasındaki mesafe (0,5m) için deformasyon değerlerini gösteren grafik)

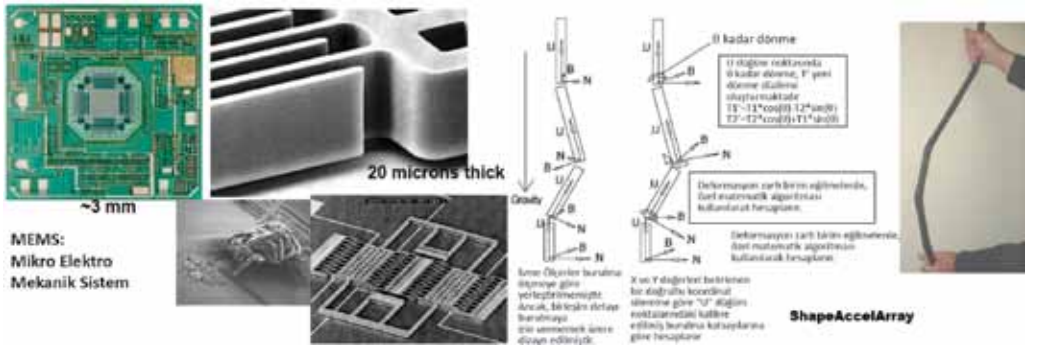
• Zaman-Deplasman Grafiği – Time Plot (Relatif olarak iki seviye arasındaki A/B ve bileşke deplasman-zaman grafiği)

• Ön/Arka Okuma Kontrol Grafiği - Check Sum(Ön-Arka Okuma Sağlama Grafiği)

• Mutlak Grafik - Absolute Position (Sıfır Okumasında)

6.2. Shape Accelerometer Array (SAA)

Shape Acceleration Array (SAA) üç eksenli mikro elektro mekanik sensörlerden oluşan bir sensör dizisi olup gerçek zamanlı şekil değiştirme ve ivme ölçmektedir (Danish, 2004). Şekil 7'de gösterildiği gibi bu mikro elektro mekanik sensörler 20 μ kalınlığında ve 3 mm x 3 mm boyutlarında mini makinelerin 30 cm veya 50 cm uzunluktaki rijit segmentler oluşturarak birbirlerine kompozit mafsallarla bağlandığı fakat iki veya üç serbestlik derecesinde esnekliğe sahip elemanlardır. Bu rijit segmentler ve esnek düğümler Şekil 7'de gösterildiği gibi 30 cm veya 50 cm aralıklar ile üç boyutlu şekil değiştirme ve ivme ölçme yeteneğine sahiptir. Bu sensörler zemin içine veya yapılara yerleştirilerek bir veri toplama sistemi veya bilgisayar ile çok sık aralıklarla (140-300 Hz/segment) okuma alınabilmektedir.



Şekil 7 - Mems Sensörler ve SAA Çalışma Prensibi

SAA Yerleştirme

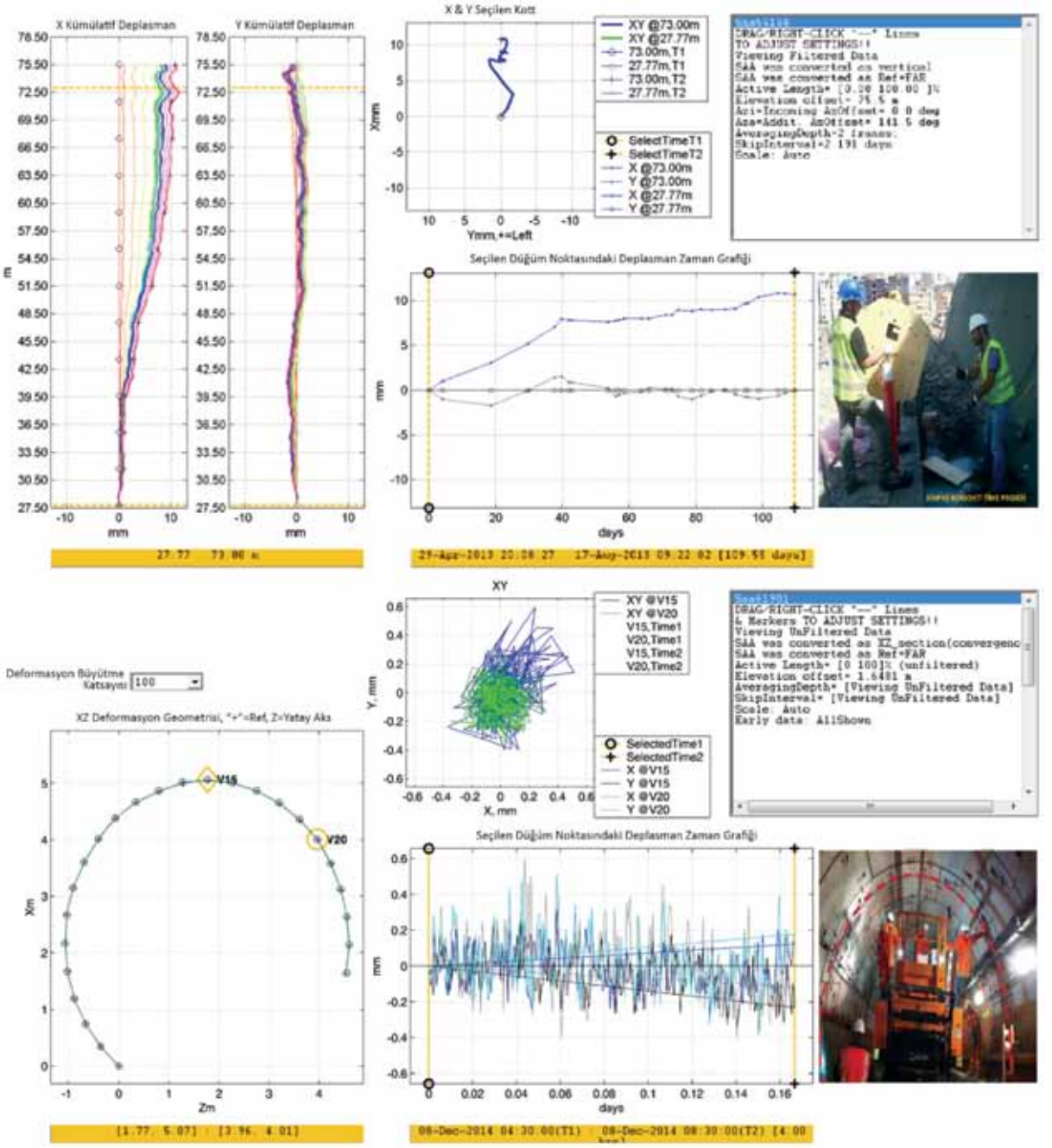
SAA Muhafaza borusu İnklinometre borusu yerleştirme prosedürüne uygun olarak yerleştirilir

Şekil 8 - SAA Yerleştirmesi ile ilgili Tipik Görüntüler

(Bknz 6.1 İnklinometre). Fabrikada işaretlenmiş "+" yönü, ana deformasyon doğrultusu istikametinde yerleştirilir. Yerleştirme esnasında düğüm noktalarının 45 dereceden fazla kesinlikle bükülmemesine özen gösterilmelidir. SAA paslanmaz çelik hasır örgü ile iç ve dışta olmak üzere çift katmada kaplıdır. Bu katmanlar esasen düğüm noktalarının burulmasını önlemek üzere tasarlanmış olmakla beraber, hatırı sayılır bir çekme mukavemeti direnci sağlar ve izolasyon kaplamasının korunmasına katkıda bulunur. Yüksek Burulma direnci sayesinde daha küçük çaplı ve oluksuz borulara yerleştirilebilir. SAA yerleştirilmesi esnasında istem dışı oluşan burulmaları nötralize etmek için hafifçe (~30) aşağı yukarı hareket ettirirken SAA saga sola çevirilerek yerleşim tamamlanır.

SAA Gözlemi

Otomatik Veri Toplama (ADAS/DAQ) ünitesine bağlantısı yapılan 0.5m aralıklarla SAA serisinden programlanan zaman aralıklarındaki 3B (üç boyutlu) deformasyon datası kaydedilir.



Şekil 9 - SAA Grafikleri Genel Görünüş

6.3. Otomatik Veri Toplama Sistemi (ADAS)

Şekil 10 - Data Logger Yerleşiminden Genel Görünüşler

Manuel okumaya alternatif olarak, mümkün olan enstrümanlar proje gereksinimleri doğrultusunda otomasyona bağlanır ve gözlemlenir. Otomasyon kritik parametre değişimlerini tayin etme ve yorumlama fırsatını vermektedir. Buna ek olarak sorumlu birimler tarafından sunum ve veri alışveriş yeteneğini artırmaktadır. Tercih edilen veri toplama ünitesi, Champbell Scientific CR800/CR1000 or Datataker DT515/615 (Şekil 10) tarafından üretilen yada muadili gibi olabilir.

Şekil 11 - DeLogger and LoggerNet Yazılımının Ayarlama Ekranlarının Genel Görünümü

Datataker Pty. tarafından geliştirilmiş, Delogger veya Campbell Scientific Inc. tarafından yazılmış, LoggerNet yazılımı veri kaydetme programlanması için kullanılabilir.

Data logger ile birlikte kullanılan Remote Multiplexer Kutuları, farklı lokasyonlardaki enstrümanlar ve Data Logger arasındaki iletişimi sağlar.

Şekil 12 - Multiplexer FlexiMUX ve RF Spread-Spectrum Radio/Modem Genel Görünüş

7. Sunum ve Raporlama

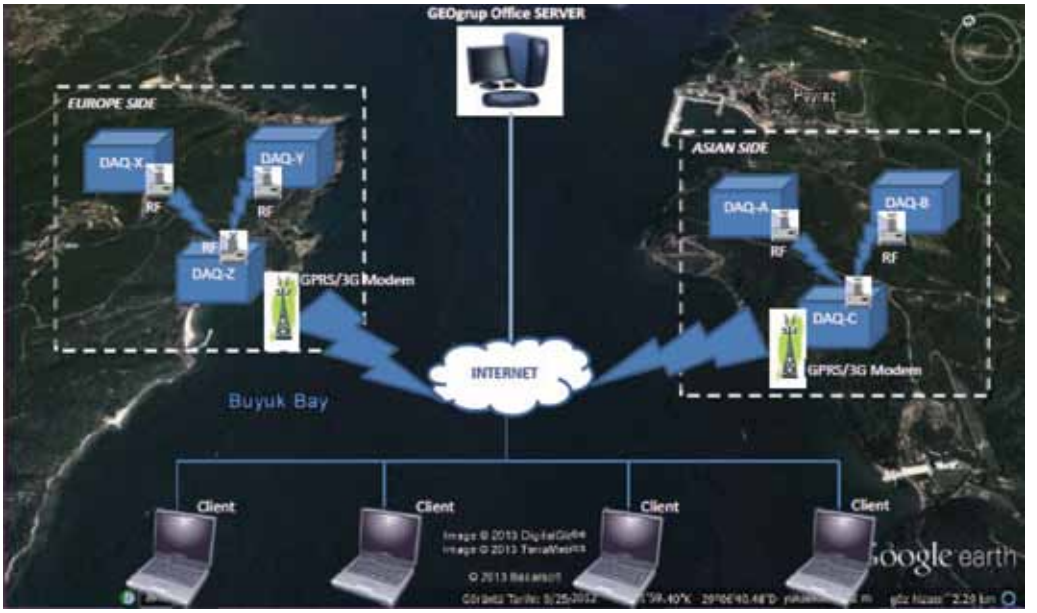
Veri tabanı ve çizim sonuçlarını, grafiksel olarak gerçek zamana yakın veri gösterimi ve alarm seviyeleri gösterimi için özel dizayn edilmiş bir yazılım (GEOViewer, VDV vb.) kullanılabilir. Gerçek zamana yakın enstrüman ölçümlerine ve arşiv verilerine ağ veya web'den ulaşılabilir (Şekil 13, Şekil 14, Şekil 15) olmalıdır.

Kaynaklar

Danisch, L. A., M. S. Lowery-Simpson and T. Abdoun. (2004). Shape-Acceleration Measurement Device and Method. Patent Application.

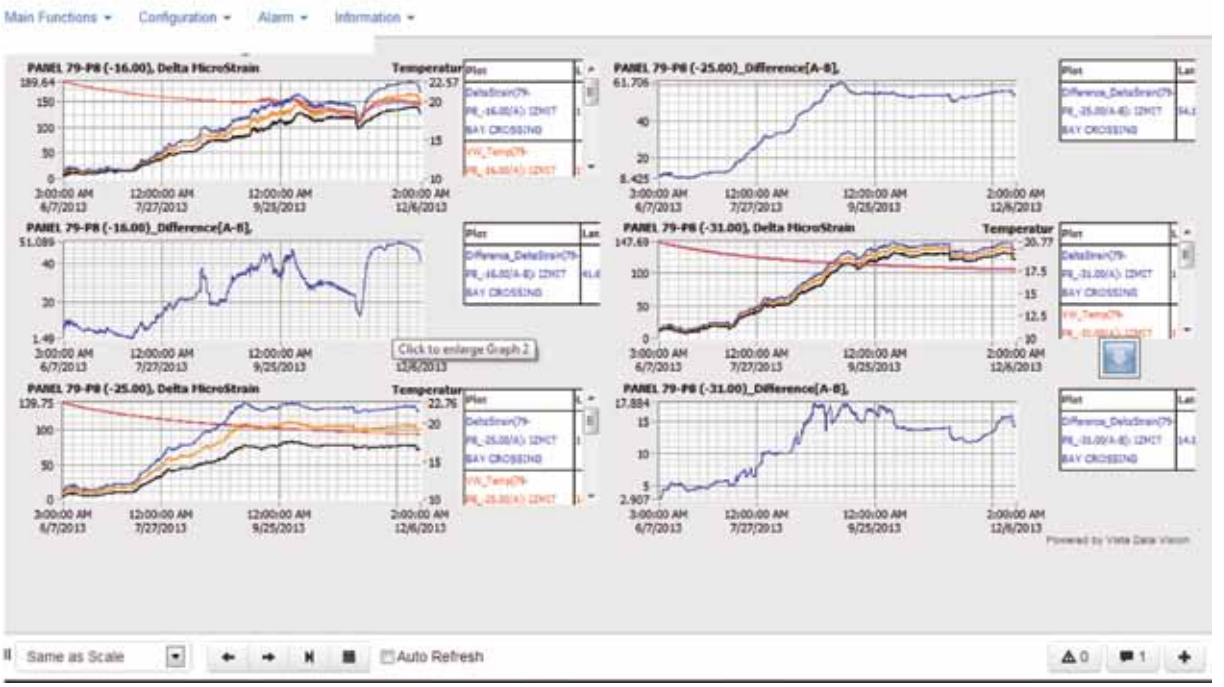
Dunnicliff, J. (1993), Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance, John Wiley & Sons, Inc., USA.

Dunnicliff, J., Deere, D.U., (1991), Judgement in Geotechnical Engineering, The Professional Legacy of Ralph B. Peck, BiTech Publishers Ltd., Canada



Şekil 13 - DAQ/ADAS Sistem ve Haberleşme Bağlantısı Kurulumu Şematik Gösterimi

Şekil 14 - Data Toplama Sistemi Ana Ekran Görünüşleri



Şekil 15 - Gerçek Zamana Yakın Verilerin Enstrüman Bazında Grafik/Tablo/Fotoğtaf Görünümü

Ece Kurt Bal
Sentez İnşaat Yaz. San. Tic. Ltd. Şti.
ekurt@sentezinsaat.com.tr

Lale Öner
Sentez İnşaat Yaz. San. Tic. Ltd. Şti.
loner@sentezinsaat.com.tr

Prof. Dr. Kemal Önder Çetin
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
ocetin@metu.edu.tr

Darbeli Kırmataş Kolon (DKK) Elemanlarının Deformasyon Temelli Tasarımı

Özet

Bu çalışmada, darbeli kırmataş kolon (DKK) elemanlarının düşey yükler altında deformasyon ve kapasite performansının saha yükleme deneyleri ile değerlendirilmesi konu edilmiş olup, söz konusu deneyler onüç farklı bölgede imal edilen 63 kolon üzerinde gerçekleştirilmiştir. Saha zemin profilleri farklılık göstermekle birlikte, genel olarak yaklaşık 18m derinliklere kadar normal konsolide birimlerin yer aldığı, bu tabakanın altında, çoğunlukla orta sıkı-sıkı kum / sağlam grovak / orta katı-sert kil birimlerin devam ettiği görülmüştür. Kohezif zeminlerin mukavemetinin belirlenmesinde ağırlıklı ortalama yöntemiyle belirlenen temsili SPT N60 değerleri kullanılmıştır. Arazi yükleme deney sonuçları nihai taşıma kapasitesi ile normalize edilen yüke karşılık, kolon çapı ile normalize edilen oturma grafikleri şeklinde sunulmuştur. Çalışma sonuçları esas alındığında: i) çok yumuşak killerde maksimum çeper sürtünme direncinin DKK çapının %40'ı mertebelerindeki deplasmanlarda mobilize olduğu, benzer olarak görece daha sert killerde ise bu deplasman değerinin %10 mertebelerinde olduğu görülmüştür, ii) çapla normalize edilmiş deplasman değerinin %2-5 mertebelerine ulaştığı durumlarda kapasitenin %30-50 mertebelerinde mobilize olduğu ve oturma davranışının doğrusal elastik şekilde bu mertebelere ulaştığı anlaşılmıştır, iii) normalize kapasite mobilizasyon davranışının foraj ile teşkil edilmiş kazıkların davranışına kıyasla daha sünek olduğu belirlenmiştir, iv) basınç altında DKK elemanlarının birim deformasyonla pekleşen davranış gösterdiği, dolayısı ile tasarıma esas kapasitenin projeye özel izin verilebilir deformasyon değeri ile belirlenmesi gerektiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Darbeli kırmataş kolon, kolon yükleme testi, taşıma kapasitesi, oturma*

1. Giriş

Taşıma gücü yetersizliği, aşırı oturma, sıvılaşma ve duraysızlık gibi mühendislik problemlerine gebe sahalarda inşaası planlanan yapı temelleri altında sıklıkla zemin iyileştirme uygulamalarına ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu kapsamda, derin temeller ya da sıkışabilir zeminin kazılarak yerine daha iyi nitelikli malzeme doldurulması gibi mevcut çözüm yöntemlerine alternatif olarak darbeli kırmataş kolonlardan oluşan rijit elemanlar da kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, çapı 50 cm olan muhafazalı alttan beslemeli kuru sistemle (Geopier-Impact yöntemi ile) imal edilmiş darbeli kırmataş kolon elemanlarının düşey yükler altındaki davranışı konu edilmiş olup, bu kolonlar üzerinde uygulanan tam ölçekli yükleme deneylerinin sonuçları normalize edilen yük-oturma

davranışı şeklinde sunulmuştur. Bu amaca yönelik olarak Geopier-Impact yöntemi ile Türkiye'nin onüç farklı yöresinde imal edilmiş 63 adet darbeli kırmataş kolon (DKK) üzerinde yükleme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bildiri kapsamında kısa bir literatür özeti sonrası, yükleme deneyi sonuçları ve önerilen normalize kapasite mobilizasyon eğrileri sunulacaktır.

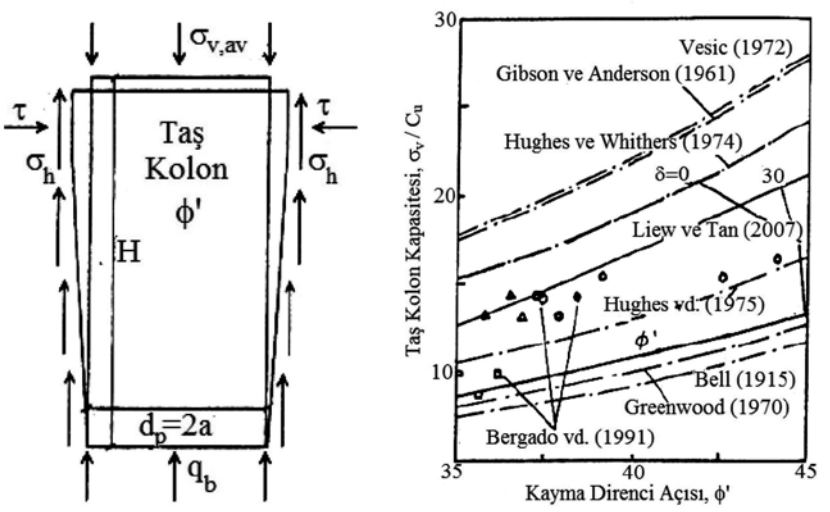
2. Literatür Özeti

Barksdale ve Bachus (1983), taş kolonlar için yenilme mekanizmalarını üç şekilde gruplandırmıştır. Bu mekanizmalar yanal genişleme, makaslama ve zımbalama yenilmeleri olarak tanımlanmıştır. Değişik yenilme mekanizmaları esas alınarak, düşey yükler altında taş kolonun nihai taşıma kapasitesinin belirlenmesine yönelik teorik çözümler geliştirilmiştir. Bunlardan bazılarını, yanal genişleme yenilmesi için; Grrenwood (1970), Vesic (1972), Hughes ve Withers (1974), Datye ve Nagaraju (1975), Madhav ve diğ. (1979), kesme yenilmesi için; Madhav ve Vitkare (1978), Wong (1975), Barksdale ve Bachus (1983), zımbalama yenilmesi için ise; Aboshi ve diğ. (1979) şeklinde sıralayabiliriz.

Taş kolon nihai taşıma kapasitesinin; kolon geometrisine, imalat yöntemine, kolonun ve zeminin mukavemet özelliklerine bağlı olduğu bilinmektedir. Uygulanan yükün büyük bir bölümü kolon ucuna iletilmeden kolon çeperinde mobilize olduğundan, genel olarak "uzun taş kolon" taşıma kapasitesi analizlerinde, kolon boyunu ihmal ederek hesaplamaların yapılmasını öneren yöntemler mevcuttur. Örnek olarak, uzun kolonlar için deneysel olarak taş kolon nihai taşıma kapasitesi, Hughes ve Withers (1974) ve Pitt ve diğ. (2003) tarafından araştırılmıştır. Hughes ve Withers (1974), normal konsolide killerde bir seri model deneyleri ile yanal genişleme yenilmesi üzerine de araştırma yapmışlar ve yanal genişlemenin 4D derinliklere kadar zeminin maksimum radyal direnci ile ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca, son zamanlarda tekil kolonlar ve grup kolonlar için nihai taşıma kapasitesinin tahmininde saha çalışmalarının ve sonlu elemanlar yönteminin kullanılarak analitik çözümlerin sunulduğu yaklaşımlar (Etezad, 2006) da mevcuttur.

Ali ve diğ. (2010), kolon çapının taşıma kapasitesi üzerindeki etkisini, boy/çap (l/d) oranı 6 olacak şekilde 40mm, 50mm ve 70mm çaplı kolonlar üzerinde laboratuvar deneyleri ile araştırmışlardır. Sonuçlar, küçük çaplı kolonlar için taşıma kapasitesinin aynı deformasyon altında %60 daha fazla olduğunu göstermiştir. Diğer ifadesi ile küçük çaplı kolonlarda kapasite deformasyonla daha hızlı mobilize olmaktadır.

Bae ve diğ. (2002), taş kolon yenilme mekanizması üzerindeki parametre etkisini laboratuvarda model testler ile araştırıp, sonuçları sonlu elemanlar yöntemi ile karşılaştırmışlardır. Tekil taş kolonlarda yanal genişleme yenilmesinin 1,6D – 2,8D derinliklerde oluştuğu ve kolon taşıma kapasitesinde zeminin drenajsız kayma mukavemetinin ve alan oranının etkili olduğu görülmüştür.



a) **b)**

Şekil 1 - **a)** Taş kolon Üzerindeki Gerilme **b)** Farklı Yöntemlerin Karşılaştırılması (Madhav ve Miura, 1994)

Madhav ve Miura (1994), birçok araştırmacının yöntemini bir araya getirerek bir çalışma yapmışlardır. Bu yöntemler incelendiğinde, nihai taşıma kapasitesi için geniş bir aralık (Şekil 1b) ortaya çıktığından, tasarımın yükleme testleri ve enstrümantasyonlar ile doğrulanması önerilmektedir.

Thompson ve Suleiman (2010), yük-deformasyon ilişkisinin nümerik analizler ile tahmininde DKK imalat şeklinin nasıl modellenmesi gerektiğini araştırmışlardır. Boşluk genişleme teorisini modelleyebilmek için, hacimsel birim deformasyon

yöntemini kullanmışlar ve ölçülen ile hesaplanan deformasyonların uyumlu olduğunu görmüşlerdir.

Das ve Pal (2012), kumlu silt ve kil zeminlerdeki taş kolon kapasitesini laboratuvarda kurulan tank sistemi ile araştırmışlardır. 25mm deformasyona ulaşana dek çeşitli çaplardaki taş kolonlar üzerine yükleme yapılmıştır. Taş kolon çapının artması ile bu deformasyon değerinde mobilize olan kolon kapasitesinde %85 mertebelerinde azalma olduğu görülmüştür.

Ambily ve Gandhi (2004), yük-deformasyon davranışını, taş kolonun nihai eksenel kapasitesini ve iyileştirilmiş zeminin rijitliğini; deneysel yöntemler ve sonlu elemanlar yöntemi ile araştırmışlardır. Tekil kolonda yanal genişleme yenilmesinin 0,5D - 1,0D derinlikte oluştuğu, yük-deformasyon davranışının neredeyse doğrusal olduğu ve iyileştirilmiş zemin rijitliğine ulaştığı görülmüştür.

Zahmatkesh ve Choobbasti (2010), taş kolonlar ile desteklenmiş şerit temelin taşıma kapasitesinin değerlendirilmesi için bir seri sayısal analiz yapmışlardır. Yapılan analizler sonucunda, geliştirdikleri taşıma kapasitesi oranının; kolon aralığına ve temel genişliğine bağlı olduğunu bulmuşlar ve tüm sonuçları literatür ile karşılaştırmışlardır. Temel boyutunun artmasıyla, taşıma kapasitesi oranının, Etezad (2006)'nın kullandığı eşdeğer zemin/kolon sistemi yöntemine yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Afshar ve Ghazavi (2013), nihai taşıma kapasitesinin tahmini için basit bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntem, yanal toprak basıncı teoremi ile kolonun ve zeminin kayma mukavemeti parametrelerinin kullanımına dayanmakla birlikte, çap ve kolon aralığı gibi geometrik parametrelere de ihtiyaç duymaktadır. İlgili sonuçlar, sonlu elemanlar yöntemi ve literatür ile doğrulanmış olup, taş kolon sürtünme açısının artmasıyla nihai taşıma kapasitesinin artış gösterdiği sonucuna varılmıştır.

3. Darbeli Kırmataş Kolon (DKK) İmalatı

Literatürde de detaylı olarak tartışıldığı üzere taş kolon elemanlarının gerek kapasite gerekse de deformasyon davranışına etken ana parametrelerden biri imalat yöntemidir. Bu çalışma kapsamında 63 farklı noktada Geopier-Impact sistemi ile darbeli kırmataş kolon (DKK) imalatı gerçekleştirilmiş olup, impact elemanları için imalat adımları aşağıda özetlenmiştir:

(1) alt ucu kapalı olan 36 cm çaplı mandrel itme kuvveti ve vibrasyonlu darbe ile tasarım derinliğine kadar indirilir (Şekil 2a).

(2) mandrel ve hazne kırmataş ile doldurulur (Şekil 2b).

(3) 100 cm yukarı / 67 cm aşağı itme yöntemi ile düşey vibrosyon uygulanarak sıkıştırma işlemi gerçekleştirilir (Şekil 2c). 100 cm yukarı / 67 cm aşağı itme yöntemi ile sıkıştırma gerçekleştirildiğinde 36 cm olan çap, 50 cm çapa genişler.

Bu bildiri kapsamında sunulan yükleme deney sonuçları ve dolayısı ile bu sonuçları esas alarak

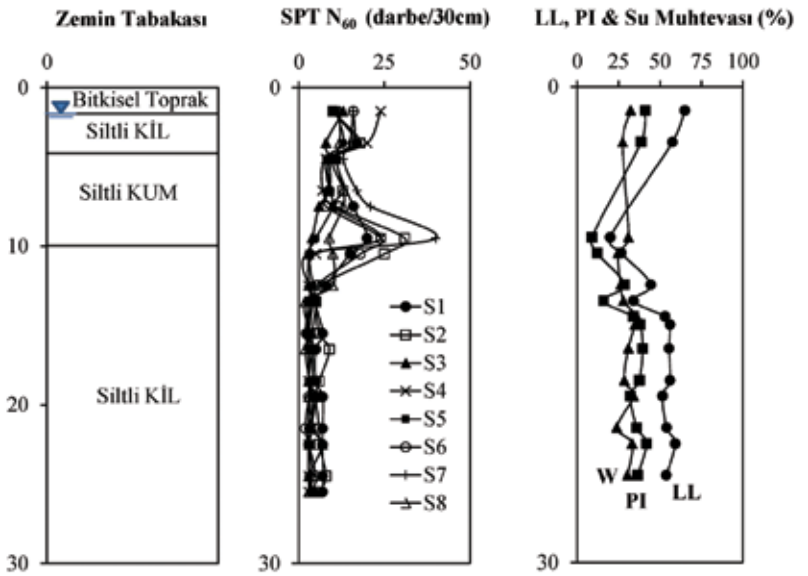
a) **b)** **c)**

Şekil 2 - Impact Sistemi ile Kolon İmalatı

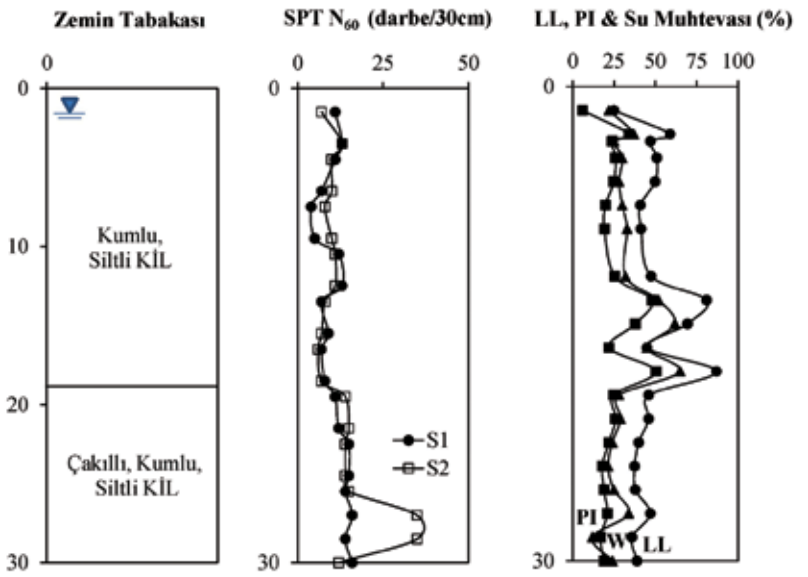
geliştirilmiş normalize edilmiş kapasite ve deplasman davranışı Geopier-Impact yöntemi ile teşkil edilmiş DKK eleman davranışı için geçerli olup, farklı imalat yöntemleri ile teşkil edilmiş rijit kolonların sunulandan farklı davranış göstermesi olasıdır.

4. Zemin Araştırma Çalışmaları

Zemin araştırma çalışmaları kapsamında, 23 - 40 m derinliklere ulaşan sondaj çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çeşitli derinliklerde standart penetrasyon testleri yapılmış, örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınmıştır. Temsili zemin profilinin gösteriminde örnek teşkil etmesi açısından Yalova ve Afyon sahalarına ait zemin profilleri sırasıyla Şekil 3 ve Şekil 4'de sunulmuştur. Zemin araştırma çalışmaları, temsili zemin profilinin yaklaşık 4 - 18m derinliklere kadar normal konsolide, düşük-



Şekil 3 - Temsili Zemin Profili – Yalova



Şekil 4 - Temsili Zemin Profili – Afyon

yüksek plastisiteli, yumuşak - orta katı kıvamlı CL-CH birimlerinden oluştuğuna işaret etmektedir. Yer yer siltli kil - killi silt ara tabakalarına ek olarak kum ara tabakaları da kesilmiştir. DKK elemanlarının geçtiği birimlerin altında ise taşıma ve oturma davranışları açısından sıkıntısız orta sıkı - sıkı çakıllı, killi, siltli kum / sağlam grovak / orta katı – katı - çok katı - sert kil birimlerin devam ettiği görülmüştür. Yeraltı su seviyesinin tüm sahalarda 0,0 - 5m derinlikler arasında olduğu görülmüştür.

5. DKK Yükleme Deney Yöntemi

Yükleme deneyi, ASTM D-1143 standardında tanımlanmış olan kazıkların basınç altındaki davranışlarını ölçen deney aşamalarında benzer şekilde yapılmaktadır. Deney yükü doğrudan kolon üzerine uygulanabildiği gibi, zemin ve kolondan teşkil edilen birim hücre üzerine de uygulanabilir. Arazi yükleme deneyleri sırasında yükleme kademelerine % 5 artış ile başlanmış olup, bu artış tasarım yükünün % 150'sine kadar devam ettirilmiştir (Çizelge 1). Daha sonra boşaltma kademeleri ile devam edilerek, ilgili deneyler bitirilmiştir. Şekil 5'de yükleme deney düzeneği gösterilmiştir.

Çizelge 1 - Yükleme Deney Aşamaları

No	Zaman (dk.) (min. / max.)	Yük (%)	No	Zaman (dk.) (min. / max.)	Yük (%)
0	15 / 60	5	8	15 / 60	133
1	15 / 60	16	9	15 / 60	150
2	15 / 60	33	10	N/A	100
3	15 / 60	50	11	N/A	66
4	15 / 60	66	12	N/A	33
5	15 / 60	83	13	N/A	0
6	15 / 60	100	14	N/A	100
7	60 / 240	116 *	15	N/A	0

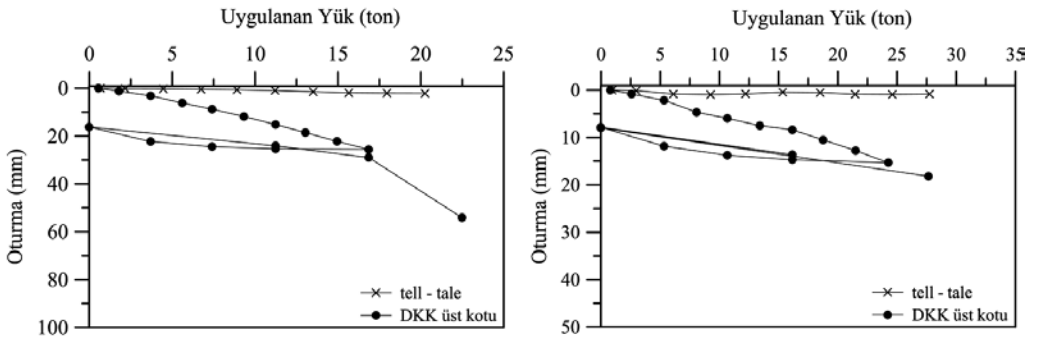
* Kolon üzerindeki maksimum yükün %115'inde, oturma hızı 0,254 mm/saat olduğu takdirde yükleme okumaları önerilen maksimum sürede (60dk) sonlandırılıp, bir sonraki kademeye geçilir, aksi halde önerilen maksimum süreye (4 saat) kadar devam edilir.

Ek olarak Geopier-Impact elemanları üzerinde gerçekleştirilen yükleme deneylerinde, kolonun uç kesmine "tell-tale" olarak adlandırılan çubuk elemanlar yerleştirilerek uç bölgesindeki deformasyon davranışı da izlenmeye çalışılmıştır (Brian et al., 2006). Çubuk elemanı, yatay çelik plaka üzerine yerleştirilen ve pvc boru ile muhafaza edilmiş iki adet demir çubuktan oluşmaktadır. Yükleme deneyi sırasında kolon üst kotunda ve tell-tale plakasında oluşan deplasman ve yük değerleri kayıt altına alınmıştır.

Şekil 5 - Yükleme Deney Düzeneği

6. Yükleme Deney Sonuçları ve Değerlendirme

Çalışmada, yumuşak - katı kil zeminlerde imal edilmiş 63 tekil kolon üzerinde, kolon taşıma kapasitesinin ve rijitliğinin belirlenmesine yönelik olarak yükleme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bitmiş çapı 50 cm olan ve boyları 8 m ile 17 m arasında değişim gösteren Geopier-Impact darbeli kırmataş kolon elemanları, onüç farklı yörede ve çalışma alanında imal edilmiş olup, bu kolonlar üzerinde yükleme deneyleri uygulanmıştır. Bu çalışma kapsamında, yükleme deneylerinden elde edilen yük-oturma grafikleri kullanılarak nihai kolon taşıma kapasitesi belirlenmiş, nihai kapasiteye ulaşılamayan yükleme durumları için ise hiperbolik yaklaşım kullanılmıştır. Reese ve O'Neill (1988)



Şekil 6 - Temsili Yükleme Deney Sonuçları **a)** Yalova **b)** Yozgat

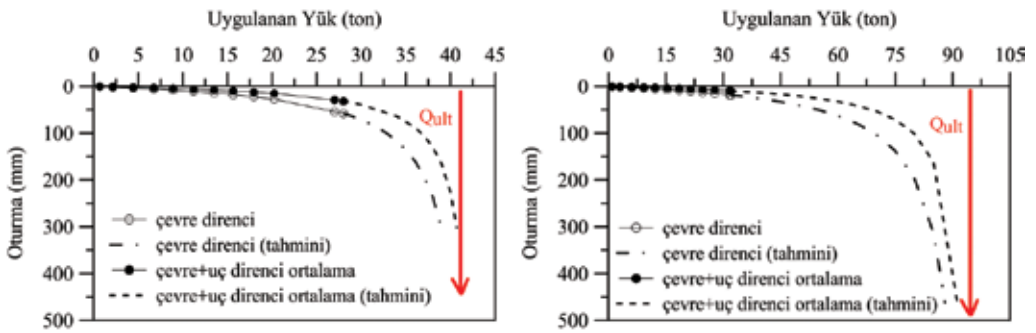
Çizelge 2 - SPT N60,rep. Değerleri, DKK Boyları ve Çalışma Sahaları

No	Çalışma Sahası	$N_{60,rep}$	DKK Boyu (m)	No	Çalışma Sahası	$N_{60,rep}$	DKK Boyu (m)	No	Çalışma Sahası	$N_{60,rep}$	DKK Boyu (m)
1	Afyon-1	3	8	22	Bursa	14	16	43	Sivas	10	9
2	Afyon-1	5	8	23	Bursa	11	17	44	Yalova	7	12
3	Afyon-1	3	11	24	Bursa	11	17	45	Yalova	7	14
4	Afyon-1	4	16	25	Bursa	11	17	46	Yalova	6	16
5	Afyon-1	5	16	26	Bursa	11	17	47	Yalova	11	16
6	Afyon-2	9	14	27	Gaziantep-1	12	7	48	Yalova	11	16
7	Afyon-2	9	17	28	Gaziantep-1	12	8	49	Yalova	7	16
8	Afyon-2	9	14	29	Gaziantep-2	13	9	50	Yalova	10	16
9	Afyon-2	9	17	30	Gaziantep-2	13	9	51	Yalova	12	16
10	Aydın	8	18	31	İstanbul-1	13	10	52	Yozgat-1	9	12
11	Aydın	8	18	32	İstanbul-2	3	14	53	Yozgat-1	8	10
12	Aydın	7	13	33	İstanbul-2	2	8	54	Yozgat-1	10	8
13	Aydın	7	13	34	Kayseri	22	17	55	Yozgat-1	10	8
14	Bursa	11	16	35	Kayseri	22	17	56	Yozgat-1	11	17
15	Bursa	11	16	36	Sivas	10	9	57	Yozgat-1	12	15
16	Bursa	14	16	37	Sivas	10	10	58	Yozgat-2	6	15
17	Bursa	14	16	38	Sivas	6	12	59	Yozgat-2	8	12
18	Bursa	11	16	39	Sivas	15	10	60	Yozgat-2	4	10
19	Bursa	11	16	40	Sivas	5	10	61	Yozgat-2	10	9
20	Bursa	11	16	41	Sivas	5	10	62	Yozgat-2	10	9
21	Bursa	14	16	42	Sivas	15	7	63	Yozgat-2	10	9

yöntemine benzer şekilde; nihai taşıma kapasitesine göre normalize edilen yüke karşılık kolon çapı ile normalize edilen oturma grafikleri elde edilmiştir. İlgili grafikler çalışma sahası zeminlerinin mukavemet ve rijitlik özelliklerini temsilen, temsili N60 değerine göre sınıflandırılmıştır. Temsili N60 değerinin hesaplanmasında enerji verimine göre düzeltilmiş SPT N60 değerleri kullanılmış olup, bu değerlendirme kapsamında yüzeyden itibaren 8 m-17 m derinliklere kadar doğrusal olarak azalan bir ağırlık faktörü kullanılarak yüzeye yakın SPT N60 değerlerinin ortalama hesaplanmasında daha yüksek ağırlıkla temsil edilmesi sağlanmıştır. Ağırlıklı ortalama kullanılarak elde edilen temsili SPT N60 değerleri (N60,rep.) Çizelge 2'de özetlenmiştir. Şekil 6'da yükleme testi sonuçlarına örnek teşkil edebilecek Yalova ve Yozgat sahalarında gerçekleştiren iki adet temsili yük-oturma grafiği gösterilmiştir.

Çeper Direncinin Mobilizasyonu

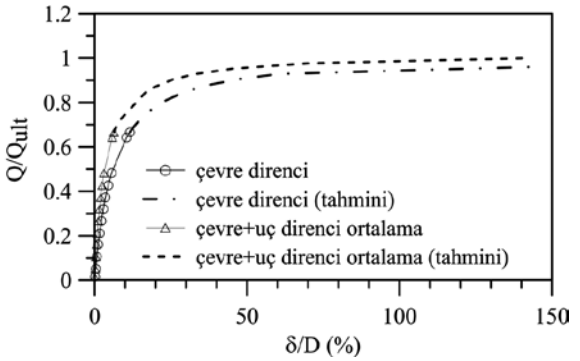
Reese ve O'Neill (1988), servis yükleri altında çoğunluğu forajla imal edilmiş yerinde dökme beton kazığın oturmasını hesaplamak için kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerde çeper ve uç dirençleri için normalize edilen yüke karşılık normalize edilen oturma grafiklerini, tam ölçekli yükleme deneylerini kullanarak geliştirmişlerdir. Bu grafikler, oturmayı, mobilize olmuş direncin tüm dirence oranı şeklinde ifade etmektedir. Bu değerlendirmeden esinlenerek, kohezyonlu zeminler içinde teşkil edilmiş DKK elemanların normalize çeper kapasitesini nasıl mobilize ettiğini belirleme amacına yönelik olarak 63 adet yükleme deney verileri değerlendirilmiştir. Yükleme deneylerinden elde edilen yük-oturma grafikleri kullanılarak nihai kolon taşıma kapasitesi (Qult) belirlenmiştir. Yükleme sırasında birçok durumda nihai kapasiteye ulaşmak mümkün olmadığından hiperbolik fonksiyon benzeştirme yöntemi ile Qult değerleri elde edilmiştir. DKK elemanının çeper bölgesinin maruz kaldığı temsili deformasyonu bulmak üzere kolon üst kotu ile kolon alt kotunda ölçülen deplasmanların ortalama değerleri hesaplanmıştır. İlgili yükleme testleri, SPT N60 değerlerinin 2 ila 22 arasındaki değerleri için gruplandırılmış olup, temsili olarak seçilen ve SPT N60 = 6 için belirlenen nihai taşıma kapasitesi (Qult) grafikleri Şekil 7'de gösterilmiştir. Aynı şekil üzerinde hiperbola eğrisi kullanılarak maksimum kapasitenin nasıl belirlendiği de gösterilmiştir. Şekiller üzerinde ölçümle belirlenmiş veriler kesiksiz çizgilerle, hiperbola ile türetilmiş veriler ise kesikli çizgiler ile gösterilmiştir.



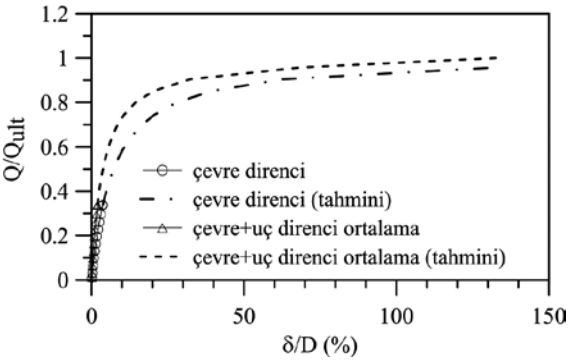
Şekil 7 - Yük - Oturma Grafiği Kullanılarak Qult Tahmini **a)** Yalova **b)** Yozgat

Yükleme deney verileri kullanılarak her bir test için tahmin edilen Qult değerleri kullanılarak normalize edilen yüke karşılık, kolon çapı (D=50cm) ile normalize edilen oturma grafikleri elde edilmiştir. Yalova ve Yozgat sahalarında gerçekleştirilen ve SPT N60 = 6 değeri için elde edilen temsili grafikler sırası ile Şekil 8 ve Şekil 9'da gösterilmiştir.

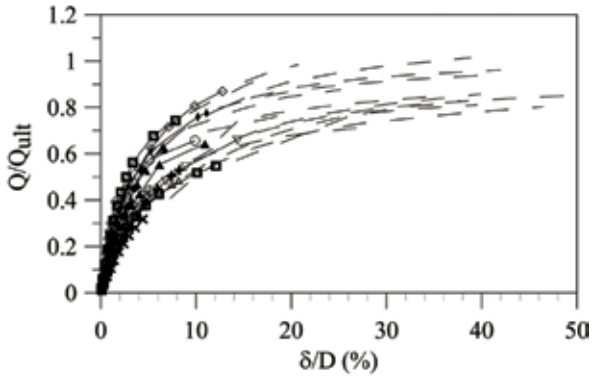
Şekil 10a'da, 63 tekil yükleme deney verileri normalize düzlemde gösterilmiş olup, davranışının yayılımının belirlenmesi için temsili SPT N60 verilerinin minimum (2) ve maksimum (22) değerlerine ulaştığı sahalardan elde edilen veriler Şekil 10b, ve daha detaylı bir ölçekte Şekil 10c'de gösterilmiştir.



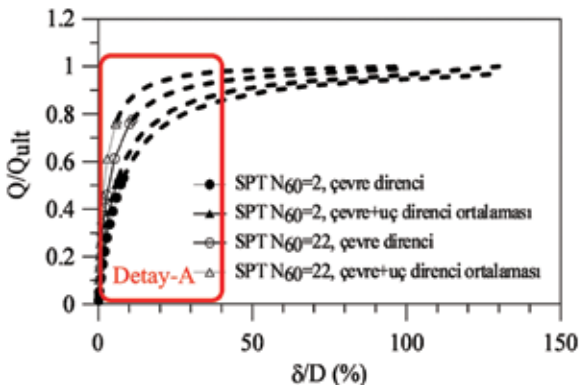
Şekil 8 - Normalize Edilen Yük - Oturma Grafiği (Yalova, SPT N60 =6)



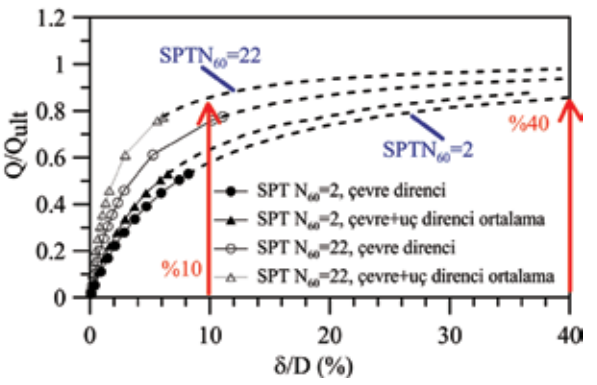
Şekil 9 - Normalize Edilen Yük - Oturma Grafiği (Yozgat, SPT N60 =6)



a)



b)

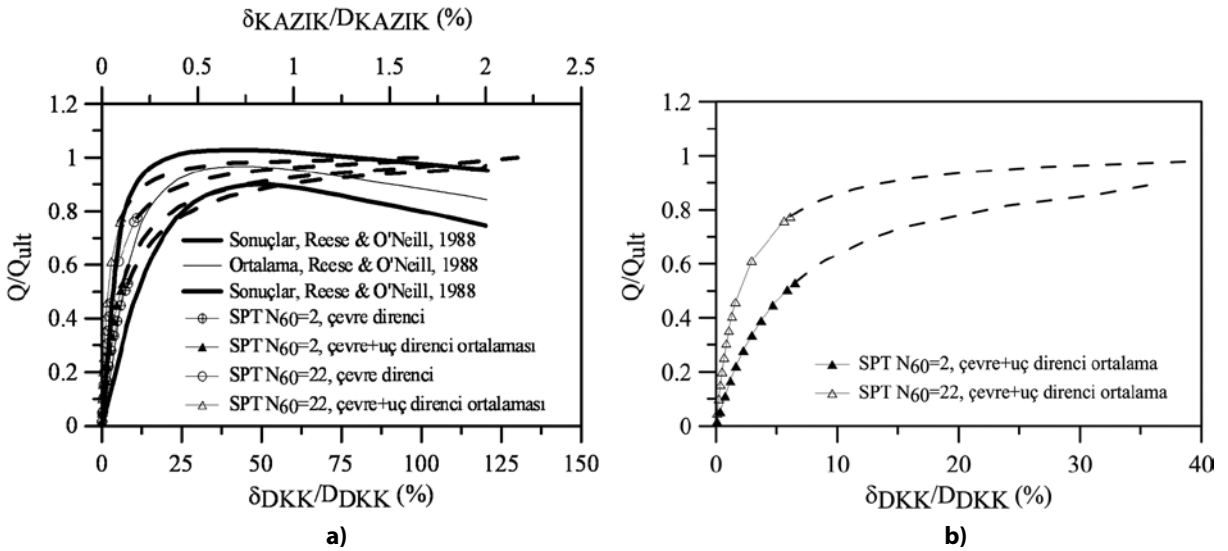


c)

Şekil 10 - Normalize Edilen Yük - Oturma Grafiği

Kıyaslama imkanı vermek üzere, Şekil 11a'da, Reese ve O'Neill (1988) tarafından kohezyonlu zeminlerde forajla teşkil edilmiş betonarme kazıklar için geliştirilmiş çeper direnci için normalize edilen yüke karşılık normalize edilen oturma grafikleri, DKK elemanları için elde edilmiş davranış ile birlikte sunulmuştur. SPT N60 verilerinin 2 ve 22 olduğu değerleri için kolon üst kotu ile kolon alt kotunda ölçülen deplasmanların ortalama değerleri kullanılarak elde edilen normalize yük-oturma grafiği ise Şekil 11b'de gösterilmiştir.

Çalışma sonuçları esas alındığında: i) çok yumuşak (N60= 2-5 darbe/30 cm) killer için çeper sürtünme direncinin DKK çapının % 40'ı mertebelerindeki deplasmanlarda mobilize olduğu, benzer olarak görece daha sert (N60= 20-25 darbe/30 cm) killer için ise bu deplasman değerinin % 10 mertebelerinde olduğu görülmüştür, ii) çapla normalize edilmiş deplasman değerinin % 2-5 mer-



Şekil 11 - **a)** DKK Elemanları İçin Normalize Edilen Yük - Oturma Grafiğinin Reese & O'Neill (1988) Yöntemi ile Karşılaştırılması **b)** SPT N60 = 2 ve 22 İçin Normalize Edilen Yük - Oturma Grafiği

tebelerine ulaştığı durumlarda kapasitenin % 30-50 mertebelerinde mobilize olduğu ve oturma davranışının doğrusal elastik şekilde bu mertebelere ulaştığı anlaşılmıştır, iii) normalize kapasite mobilizasyon davranışının foraj ile teşkil edilmiş beton kazıkların davranışına kıyasla daha sünek olduğu belirlenmiştir, iv) basınç altında DKK elemanlarının birim deformasyonla pekleşen davranış gösterdiği dolayısı ile tasarıma esas kapasitenin projeye özel izin verilebilir deformasyon değeri ile belirlenmesi gerektiği görülmüştür.

7. Özet ve Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında, 63 adet DKK eleman üzerinde uygulanan tam ölçekli arazi yükleme testi sonuçları kapasite ve deformasyon açısından analiz edilmiştir. Geopier-Impact darbeli kırmataş kolon elemanları şu aşamalar izlenerek imal edilmiştir: alt ucu kapalı olan 36 cm çaplı mandrel itme kuvveti ve vibrasyonlu darbe ile tasarım derinliğine kadar indirilir (Şekil 2a), mandrel ve hazne kırmataş ile doldurulur (Şekil 2b), 100 cm yukarı / 67 cm aşağı itme yöntemi ile düşey vibrosyon uygulanarak sıkıştırma işlemi gerçekleştirilir (Şekil 2c). 100 cm yukarı / 67 cm aşağı itme yöntemi ile sıkıştırma gerçekleştirildiğinde 36 cm olan çap, 50 cm çapa genişler.

Yükleme deneyleri, ASTM D-1143 standardında tanımlanmış olan kazıkların basınç altındaki davranışlarını ölçen deney aşamalarına benzer şekilde yapılmaktadır. Arazi yükleme testleri sırasında yükleme kademelerine %5 artış ile başlanmış olup, bu artış tasarım yükünün % 150'sine kadar devam ettirilmiştir. Ayrıca, Geopier-Impact elemanları üzerinde gerçekleştirilen yükleme testlerinde, kolonun alt kotuna yerleştirilen tell-tale elemanları kullanılmıştır (Brian et al., 2006). DKK yükleme testi sonuçları kullanılarak, nihai taşıma kapasitesine (Qult) göre normalize edilen yüke karşılık, kolon çapı (D = 50 cm) ile normalize edilen oturma grafikleri elde edilmiş ve ulaşılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

i) çok yumuşak (N60= 2-5 darbe/30 cm) killer için çeper sürtünme direncinin DKK çapının % 40'ı mertebelerindeki deplasmanlarda mobilize olduğu, benzer olarak görece daha sert (N60= 20-25 darbe/30 cm) killer için ise bu deplasman değerinin % 10 mertebelerinde olduğu görülmüştür.

ii) çapla normalize edilmiş deplasman değerinin % 2-5 mertebelerine ulaştığı durumlarda kapasitenin % 30-50 mertebelerinde mobilize olduğu ve oturma davranışının doğrusal elastik şekilde bu mertebelere ulaştığı anlaşılmıştır.

iii) normalize kapasite mobilizasyon davranışının foraj ile teşkil edilmiş beton kazıkların davranışına kıyasla daha sünek olduğu belirlenmiştir.

iv) basınç altında DKK elemanlarının birim deformasyonla pekleşen davranış gösterdiği dolayısı ile tasarıma esas kapasitenin projeye özel izin verilebilir deformasyon değeri ile belirlenmesi gerektiği görülmüştür.

Kaynaklar

ASTM D1143 – 81 (Reapproved 1994), Standard Test Methods for Deep Foundations Under Static Axial Compressive Load, Annual Book of ASTM Standarts.

Brian, C.M., FitzPatrick, B.T. and Wissman., K.J. (2006), Specifications for Impact® Rammed Aggregate Pier Soil Reinforcement, Geopier® Foundation Company, Inc., Mooresville, NC.

Afshar, J.N., Ghazavi, M. (2013), A Simple Analytical Method for Calculation of Bearing Capacity of Stone-Column, International Journal of Civil Engineering.

Zahmatkesh, A., Choobbasti, A.J. (2010), Investigation of Bearing Capacity and Settlement of Strip Footing on Clay Reinforced with Stone Columns, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 4(8): 3658-3668.

Ambily, A.P., Gandhi, S.R. (2004), Experimental and Theoretical Evaluation of Stone Column in Soft Clay, ICGGE.

Thompson, M.J., Suleiman, M.T. (2010), Numerical Modeling of Rammed Aggregate Pier Construction, ASCE.

Das, P., Pal, S.K. (2013), A Study of the Behavior of Stone Column in Local Soft and Loose Layered Soil, EJGE, Vol.18.

Bae, W.S., Shin, B.W. and An, B.C. (2002), Behaviors of Foundation System Improved with Stone Columns, Kitakyushu, Japan.

Ali, K., Shahu, J.T. and Sharma, K.G. (2010), Behaviour of Reinforced Stone Columns in Soft Soils: An Experimental Study, Indian Geotechnical Conference.

Madhav, M.R. and Miura, N. (1994), Stone Columns, Proc. 13th Intl. Conf. Soil Mech. Found. Eng'g., New Delhi. India. 4, pp. 163-164.

Etezad, M., Hanna, A.M. and Ayadat, T. (2006), Bearing Capacity of Groups of Stone Columns, Graz, pp. 781-786.

Barksdale, R.D., and Bachus, R.C. (1983), Design and Construction of Stone Column. Report No.FHWA/RD-83/026, Springfield, Virginia.

Greenwood, D.A. (1970), Mechanical Improvement of Soils Below Ground Surface. Proceedings of Ground Improvement Conference, Institute of Civil Engineering.

Vesic, A.S. (1972), Expansion of Cavities in Infinite Soil Mass. Journal of Soil Mechanics and Foundation Engineering Division, ASCE, 98 (No SM3): 265-290.

Huges, J.M.O., and Withers, N.J. (1974), Reinforcing of Soft Cohesive Soils with Stone Columns. Ground Engineering, 7(3): 42-49.

Datye, K.R., and Nagaraju, S.S. (1975), Installation and Testing of Rammed Stone Columns. Proceedings of IGS Specialty Session, Bangalor, India: 101-104.

Madhav, M.R., Iyengar, N.G.R., Vitkar, R.P., Nandia, A. (1979), Increased Bearing Capacity and Reduced Settlements due to Inclusions in Soil.

Madhav, M.R., and Vitkar, R.P. (1978), Strip Footing on Weak Clay Stabilized with a Granular Trench or Pile. Canadian Geotechnical Journal; 15(4): 605–609.

Wong, H.Y. (1975), Vibroflotation – Its Effect on Weak Cohesive Soils. Civil Engineering (London); 82:44-76.

Aboshi, H., Ichimoto, E., Harada, K., Emoki, M. (1979), The Composer- A Method to Improve the Characteristics of Soft Clays by Inclusion of Large Diameter Sand Columns. Proceedings of International Conference on Soil Reinforcement, E.N.P.C, 1, Paris: 211–216.

Pitt John, M., White, David J, et al. (2003), Highway Application For Rammed Aggregate Piles in Iowa Soils. Iowa Department of Transportation, Final Repot.

Reese, L. C. and O'Neill, M. W. (1988), Drilled Shafts: Construction Procedures and Design Methods, Pub. No. FHWA-HI-88-042, U.S., Washington, D.C., 564–564.

Prof. Dr. Bilge Siyahi
Gebze Teknik Üniversitesi
bilge.siyahi@gtu.edu.tr

Prof. Dr. Kemal Önder Çetin
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
ocetin@metu.edu.tr

Dr. H. Tolga Bilge
GeoDestek Ltd. Şti.
htbilge@geodestek.com

Geoteknik Deprem Mühendisliği Açısından Zemin-Temel-Yapı Etkileşimine Kritik Bakış

Özet

Yerel zemin etkileri hem geoteknik deprem mühendisliği açısından hem de depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından önemli rol oynar. Geçmiş depremler sonrası üretilen çok sayıda bilgiye rağmen konunun özel olarak hesaba katıldığı şartlar 1970'lere kadar yönetmeliklerde yer almamıştır. Zaman içinde değişik yönetmeliklerde, farklı konseptlerle de olsa yer almasına karşın, bazı özel koşullarda tasarıma yönelik sahaya özel deprem yer hareketinin (hareketin genliği, frekans içeriği, süresi vb.) belirlenmesi ihtiyacı doğmuştur. Bunun yanında deprem bölgelerinde zayıf zeminler üzerinde ve derin temel uygulamalarında zemin-temel-yapı dinamik etkileşiminin hem temel hem de üst yapı açısından tasarıma getirdiği değişiklikler de ucu açık bir konudur. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY, 2007) konuya bir dip not şeklinde değinmiştir. Bildiride, zemin-temel-yapı etkileşimi analizleri ve değerlendirilmeleri günümüzde gelinen noktada ele alınmış ve geoteknik bakış açısı ile irdelenmiştir. Bildiride, ayrıca, zemin-temel-yapı dinamik etkileşiminde önemli rol oynayan "kinematik etkileşim" ve "eylemsizlik etkileşimi" hem teorik hem uygulama açısından incelenmiş ve tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Geoteknik Deprem Mühendisliği, Zemin-Temel-Yapı Etkileşimi, Kinematik Etkileşim, Eylemsizlik Etkileşimi*

1. Giriş

Geoteknik mühendisliği uygulamaları arasında önemli yer tutan kazık temellerin tasarımı ve davranışı hem statik yükleme hem de dinamik yükleme açısından (dalga hareketi, deprem, rüzgar, titreşimli makine yüklemeleri v.b.) en ilgi çekici konuların başında gelmektedir. Zeminlerin ve zemin yapılarının deprem sırasındaki ya da daha genel dinamik yükleme sırasındaki davranışları geoteknik deprem mühendisliğinde önemli yer tutar. Tasarladığımız veya uygulamasını yaptığımız yapıların deprem sırasındaki davranışlarının gerçekçi tahmin edilebilmesi ve davranışın çok iyi anlaşılabilmesi gerekmektedir. Bu da, bizi tasarım aşamasında yönlendirecek yönetmeliklerin ötesinde tasarım kavramlarının irdelenmesini gerektirir. Çünkü bazı durumlarda yönetmeliklerde yer almayan konularda yaklaşımlar geliştirmemiz veya tasarım yapmamız gerekebilir. Zemin-temel-yapı etkileşimi de sözünü ettiğimiz tür konulardan biri olup, 1970'lerden beri çalışılmasına rağmen, tasarım ve uygulamada çok yatkın olabildiğimiz bir konu henüz olamamıştır. Bu konudaki

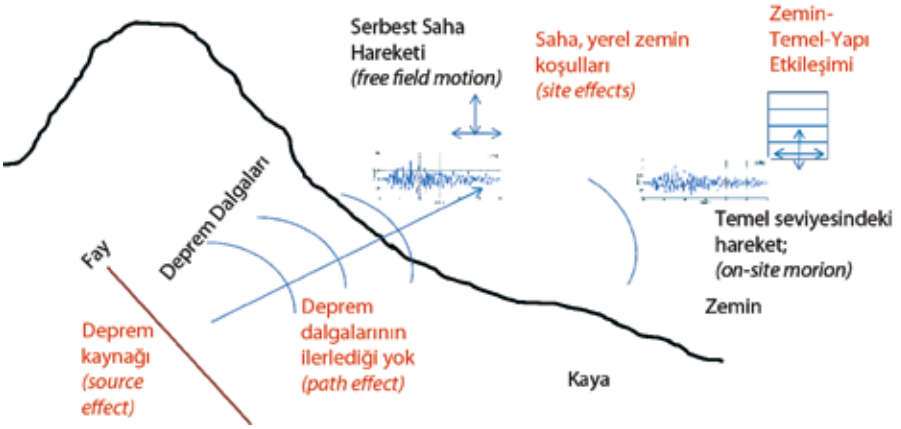
temel yaklaşımların ve yöntemlerin yanında deprem etkisi altındaki yapılarda zemin-temel-yapının birbirleriyle etkileşimleri geoteknik bir bakışla incelenmiş, kullanılan yaklaşımlar incelenmiştir.

2. Deprem Etkisiyle Zemin Davranışı

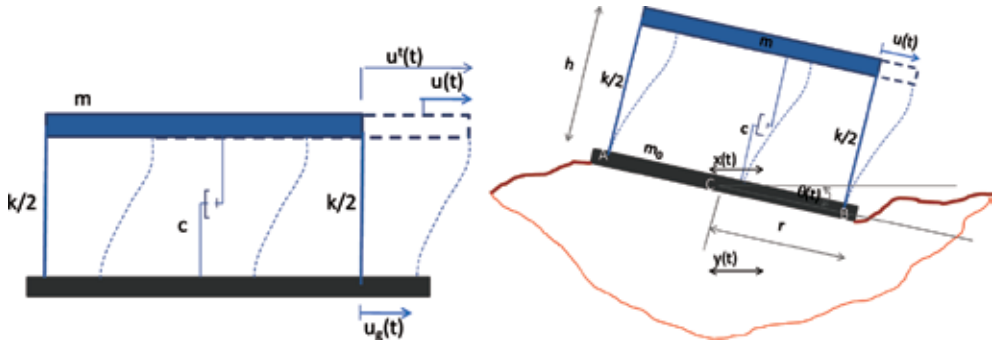
Ülkemizde uygulamaları son yirmi yılda ivme kazanan yüksek yapılara ilişkin dikkat çekici bir gözlem, bu tip yapıların -belki de talihsiz bir rastlantı eseri- görece yumuşak / gevşek zeminlerin yer aldığı, yeraltı su seviyesine sığ derinliklerde rastlanan formasyonlar üzerinde inşa ediliyor olmalarıdır. Coğrafyasının %93'ü aktif deprem kuşağında yer alan ülkemiz açısında, bu tasarıma etki edecek bir diğer kritik husus ise sismik yüklerdir. Fay yırtılması sonrası oluşan p ve s dalgaları sırasıyla ilerledikleri kaya ortamından filitre olarak, sırası ile sahadaki zeminleri, temel elemanlarını (kazık ve radye) ve üzerinde yer alan yapıyı sarsmaktadır. Bu sarsıntıya uzun periyotlu yüzey dalgalarının eklenmesi sonrasında gerçek deprem talebi belirlenmektedir. Bu tesirler, deprem hareketi süresince ve sonrasında sismik dalgaların yansıması, kırılması ve sönümlenmesiyle devam etmektedirler. Temel zeminlerinin bu deprem yükleri altındaki davranışı kohezyonlu veya kohezyonsuz yapı göstermelerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Örneğin yumuşak kıvamlı kohezyonlu zeminler, kayma dalgaları nedeniyle oluşan şekil değiştirme deformasyonlar nedeniyle birim deformasyon yumuşama davranışı göstermekte, gevşek ve suya doygun kohezyonsuz zeminler ise boşluk suyu basıncındaki artışa paralel makaslama mukavemet ve rijitliklerini kaybedip en uç örneklerde sıvılaşabilmektedirler. Deprem sarsıntısının şiddetinin artması, süresinin uzaması, titreşimin frekans içeriğinin değişmesi de zemin tepkisinin değişmesine neden olmaktadır. Çoğunlukla yumuşak ve oldukça derin, genç formasyonlar 0.2-0.3 g mertebelerinden daha düşük maksimum kaya yüzey ivmelerini büyütmekte, bu seviyenin üzerindeki ivmeleri ise artan deplasman pahasına küçültmektedir.

3. Zemin-Temel-Yapı Etkileşimi Nedir?

Yapılar üzerinde deprem etkisini belirleyen birçok etkenin varlığı bilinmektedir: *deprem kaynağı* (source effect), *dalga yayılımı sırasındaki katedilen güzergah* (path effect), *yerel zemin etkileri* (local soil conditions), *zemin-yapı etkileşimi* (Soil-Structure Interaction, SSI). Yapısal tasarım açısından bakıldığında kaynak etkisi olarak genellikle kırılma mekanizması, faya olan mesafe ve deprem büyüklüğü anlaşılır. Dalga yayılımı sırasında izlenen güzergah boyunca yer alan kaya formasyonları deprem dalgalarının sahaya ulaşana kadar değişik filitrelerden geçmesine sebep olur. Yerel zemin etkileri ise yüzeye yaklaşan deprem dalgalarının görece yüzeysel zemin tabakaları tarafından değiştirilmesini ifade eder. Bu etki deprem şiddetini yapı frekansına bağlı olarak çarpı 5, bölü 5 mertebelerinde etkileyebilir. Bu üç etki sonucunda ise yüzeyde serbest saha hareketi (free-field motion) oluşur. Zemin–yapı etkileşimi ise temel tabanı ile serbest saha hareketi arasındaki farklılıkları içerir (Şekil 1). Belirlenen bu fark birim deformasyonla değişiklik gösterdiğinden aynı yapı, aynı temel, aynı zemin koşullarında farklı depremler için farklılık gösterir. Bu sebepten dolayı etkileşim Deprem-Zemin-Temel-Yapı etkileşimi olarak adlandırılmıştır.



Şekil 1 - Zemin-Temel-Yapı Etkileşimi



a. kaya zemin **b.** yumuşak zemin

Şekil 2 - Kaya ve Yumuşak Zeminlerdeki Hareket

En genel ifadesi ile ise, deprem sırasında zemin tepkisinin yapı hareketini, yapı tepkisinin de zemin hareketini etkilediği bu duruma literatürde Zemin-Yapı Etkileşimi denir. Bu etkileşimi daha iyi anlayabilmek için kaya zemine oturan bir yapı ile görece yumuşak/gevşek zemine oturtulmuş aynı yapıyı kıyaslamak gerekir. Kaya üzerinde inşa edilen yapılarda, deprem yatay hareketinden oluşan taban kesme kuvveti yapı tabanına doğrudan etki ettirilir. Bu durumda, yapıda oluşan eylemsizlik kuvvetleri tabandaki eylemsizlik kuvvetine (taban kesme kuvveti) eşit olur. Bina temelinde taban kesme kuvvetinin yanında ayrıca bir devrilme momenti de oluşur. Eğer temel altındaki kaya veya zemin yeterince rijit ise temelde deprem hareketine bağlı fark deformasyon oluşmayacaktır. Temeldeki yatay deplasman, deprem hareketinin yatay deplasmanına eşit olduğundan, temel tabanında herhangi bir sallanma (rocking) oluşmaz (Şekil 2a). Yapı davranışını, yapının karakteristik özellikleri (kütle, rijitlik, sönüm oranı, dayanım ve süneklik v.b) belirlemektedir.

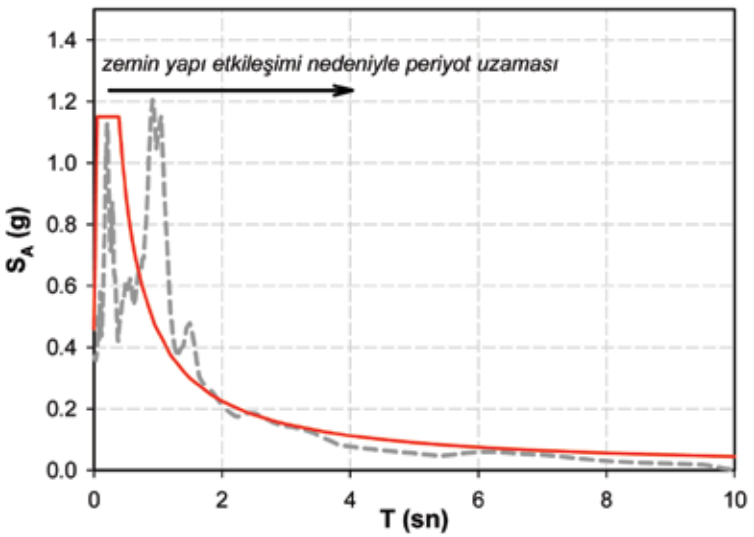
Görece yumuşak/gevşek zeminlere oturan yapılarda zemin-yapı etkileşimi nedeniyle deprem girdi hareketi ile yapı tabanındaki hareket birbirinden farklılık gösterecektir. (Şekil 2b). Zemin görece yumuşak/gevşek ise şekilde görüldüğü gibi temel hareketi değişecektir. Düşey doğrultuda yayılan dalga yayılım özellikleri değişirken (C noktası), temel tabanı üzerinde ve yanındaki (A ve B noktaları) hareketleri de değişir.

3.1. Zemin-Temel-Yapı Etkileşiminin Dinamik Analizi

Mühendislik uygulamalarında zemin-yapı etkileşimi denilince genellikle yapı temelinde zemin-yapı arayüzünde kabul edilen eşdeğer yaylar kullanılmakta olup bu durum temel zemini kütlesinin etkileşimden dışlanmasına sebep olmaktadır. Gerçekte, oluşan etki Eylemsizlik ile Kinematik etkileşimlerin bir sonucudur. Kütlesi olan üstyapı, temel elemanı ve temel zeminleri zamana bağlı değişken deprem ivmesi altında Newton'ın 2. hareket yasası ile uyumlu olarak farklı kuvvetlere maruz kalırlar. Uygulanan bu kuvvet kütle x ivme ile ifade edilmekte olup, gerek kütle gerekse de ivme hem üstyapı, hem temel elemanı hem de zemin katmanları için farklılık gösterir. Kinematik etkileşim ise yüzeye doğru ilerleyen deprem dalgalarının genellikle oldukça rijit teşkil edilen kazıklı radye veya radye temel elemanına rastladığında temel zeminlerine kıyasla yüksek impedans farkları sebebi ile uğradığı yansıma ve kırılmayı ifade eder. Kinematik etkileşim özellikle yumuşak/gevşek zeminler içinde teşkil edilen kazıklı temel çözümlerinde genel davranışı belirleyici rol oynamaktadır. Temel seviyesindeki etkin temel hareketi kazıklardan deprem dalgalarının yayılması ile birlikte yataklanma etkilerini de içeren zemin-kazık sistemi dinamik davranışını temsil eder.

3.2. Yapısal Davranış

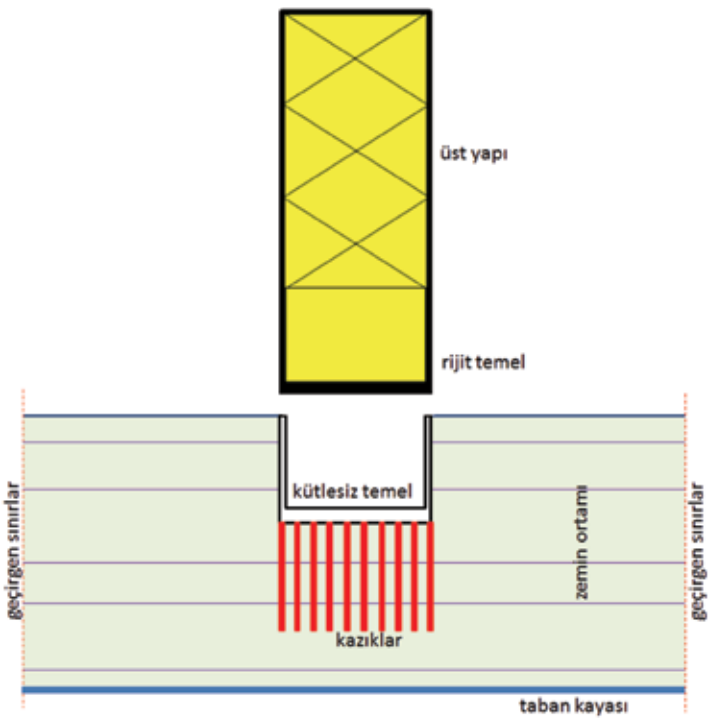
Yapının deprem sırasında göstereceği dinamik tepki yalnızca serbest saha hareketine bağlı değildir, aynı zamanda üstyapı özelliklerine de bağlıdır. Literatürde, belki de yanlış bir genelleme ile, zemin-yapı etkileşiminin yapıya etkiyen dinamik tesirlerin azalmasına yol açacağı ve dolayısı ile yapı davranışı açısından olumlu (pozitif) bir etkiye sahip olduğu belirtilir. Zemin-yapı etkileşiminin yapının doğal titreşim periyodunun uzamasına neden olduğu, bunun da yapıya etkiyen deprem talebinin azalması sonucunu doğuracağı düşüncesi (Şekil 3) her koşulda doğru değildir. Ancak



Şekil 3 - Periyot Uzaması

birçok durumda, yapı-zemin etkileşiminin göz önüne alınması temel seviyesindeki ivmeleri azaltabilir. İstisnası ise uzun periyotlu derin alüvyonlar üzerinde inşaa edilecek yüksek katlı yapılar olup, bu durumda uzayan periyotun rezonansa sebep olması mümkündür. Tasarım spektrumunun yapı mühendisi açısından önemi iyi kavranmalıdır. Spektrumdaki küçük bir değişiklik, özellikle orta ve uzun periyod aralığında, deprem kuvvetlerinin büyümesine yol açmakta, bu da kesit tesirlerini arttırarak kolon ve perde boyutlarının büyümesini gerektirmektedir. Kesit boyutları artınca yapı rijitleşmekte, rijitleşen yapı daha da büyük deprem kuvvetine maruz kalmaktadır. Zemin-yapı etkileşimi analizi sonucunda geoteknik deprem mühendisi tarafından tasarımda kullanılmak üzere önerilecek olan tasarım spektrumu işte bu nedenle çok kritiktir.

Uygulamada, dinamik zemin–yapı etkileşimi yapının dinamik davranışı açısından avantaj sağlayabilir ve değişik deprem şartnamelerine belki de yanlış bir isimlendirmeyle zemin-yapı etkileşim azaltması olarak girmiştir. Zemin-yapı etkileşiminin bu olumlu etkisini gözönüne almak üzere rijit temelli yapısal modellerdeki statik analizlerde ASCE/SEI 7-10 (2010), eşdeğer statik yükün %30'a kadar azaltılmasına izin vermektedir. Yapı mühendisi açısından yumuşak zeminlerdeki yüksek binalar zemin-yapı etkileşiminden olumlu yönde etkilenmesine rağmen geoteknik mühendisi açısından bakıldığında böyle bir etkileşimde kazıklar yapı-temel-zemin sisteminin kritik elemanı haline gelirler ve deprem yer hareketinden çok etkilenirler. Kazıklar hem deprem yer hareketi sırasında zeminle beraber yer değiştirme yapabilecek kadar esnek olmalı hem de deprem yer hareketi sırasında oluşacak kesme kuvvet ve eğilme momentlerini karşılayacak dayanıma sahip olmalıdırlar.



Şekil 4 - Altsistem Yöntemi için Üstyapının ve Zemin Ortamının Modellenmesi

3.3. Zemin-Temel-Yapı Etkileşiminde Altsistem Yaklaşımı

Yapılan çalışmalar, yapı-zemin etkileşiminin iki farklı yaklaşımla ele alınabileceğini göstermektedir (Wolf, 1985): a) Doğrudan yöntem, b) Altsistem yöntemi.

Doğrudan yöntemde üstyapı ve zemin tek bir sistem olarak idealleştirilerek modellenmektedir. Doğrudan yöntemden farklı olarak altsistem yönteminde ise zemin ortamı ve üstyapı ayrı birer altsistem olarak modellenir (Şekil 4). Pratik uygulamalar için daha uygun olan bu modelleme yöntemi analiz süresini de önemli ölçüde kısaltır ve yapı mühendisinin ve geoteknik mü-

hendisin ayrı sistem modelleri üzerinde birbirleriyle etkileşimli olarak çalışmalarına olanak verir. Ancak sistemin ana kabullerinden birisi eylemsizlik etkileşiminin kinematik etkileşime göre görece önemsiz olduğudur ki yüksek katlı uzun periyotlu yapılar için genel olarak geçerli olmakla birlikte basitleştirici bir idealizasyon olduğu da unutulmamalıdır.

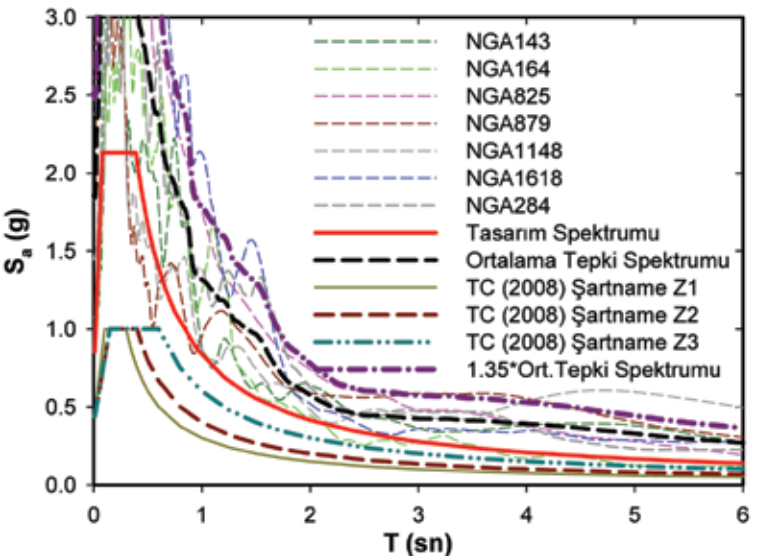
4. Uygulamadan Bir Örnek

Bu kısımda, İzmir ilinde inşa edilmekte olan yüksek yapı için gerçekleştirilen çalışmanın tasarım adımları üzerinde durularak, tipik bir deprem-zemin-temel-yapı etkileşimi uygulamasının ne şekilde gerçekleştirildiği tariflenmeye çalışılacaktır.

Proje kapsamında tasarlanan yapının yüksekliği yaklaşık 160 m olup, yapı bu özelliği ile *"Yeni Kent Merkezinde (Bayraklı Salhane/Turan Bölgesi - Konak Alsancak Liman Arkası Kesimi ve Salhane Bölgesi) Yapılacak Yüksek Binalar İçin Zemin, Geoteknik ve Yapı / Deprem Mühendisliği Proje ve Raporlarında Uyulması Gereken Teknik Önermeler"* (bundan sonra **Teknik Önermeler** olarak anılacaktır) uyarınca "yüksek yapı" olarak sınıflandırılmaktadır. Proje kapsamındaki bodrum katları için, 20 m'yi aşan mertebelerdeki bir derin kazı çalışması gerçekleştirilmişse de, temel seviyesindeki taşıyıcı elemanların üzerindeki yüklerin yaklaşık 6000 ton (radye temel altı gerilmelerinin 1000 kPa) mertebelerine oluşması sebebi ile yapı altında derin temel sistemi elemanlarının tasarımına ihtiyaç duyulmuştur. Teknik önermeler uyarınca tasarlanan sistemin (üst yapı ve kazıklı radye temel) sismik performansının, dinamik zemin-kazık-temel-üst yapı etkileşim analizleri ile tetkik edilmesi gerekmektedir. Çalışmanın ilk aşaması, proje sahasının maruz kalacağı sismik tehlikenin belirlenmesidir. Alanın neotektonik yapısı değerlendirilmiş, deprem üreten (sismojenik) faylar tanımlanmış, bu kaynaklara ait büyüklük-tekrar ve maksimum deprem üretme kapasitesi gibi parametrik özelliklerinin belirlenmiştir. Bu veri ile, referans saha koşulları için tasarıma esas spektral değerleri belirlemek üzere sismik tehlike analizleri gerçekleştirilmiştir. Üst yapının periyoduna ilişkin bilgi statik proje mualifinden alınmış, bu doğrultuda ulusal (İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği, 2008) veya uluslararası (NEHRP, 2003 veya AASHTO, 2010) şartnamelerde tariflendiği üzere 50 yılda %50, %10 ve %2 aşılma olasılıklarına karşılık gelen üç farklı deprem seviyesi ile uyumlu olacak deprem ivme zaman kayıtları seçilmiş ve uygun şekilde ölçeklendirilmiştir (Şekil 5). Çalışma kapsamında değerlendirilen yapının periyodu 4-4.5sn mertebelerindedir.

Bu veri, zaman uzayında gerçekleştirilecek sayısal analizlerin temel girdisi olacaktır; fakat modelleme aşamasında geçilmeden önce parametre tahkiki gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, mühendislik kayasının (Vs,~760m/s) saptanmasına olanak tanıyacak derinliğe dek süren, ilgili jeofizik çalışmaları ile saha ve laboratuvar deneyleri ile desteklenmiş kapsamlı bir zemin araştırma programının uygulanmıştır. Derinlikleri 50 ile 100 m arasında değişen 36 adet zemin araştırma sondajı açılmış, bu esnada 1475 adet SPT ve 68 adet pressiyometre deneyi gerçekleştirilmiş (Şekil 6), dinamik zemin parametrelerini belirlemek üzere 6 adet DES, 17 lokasyonda MASW, 4 noktada mikrotremör ve 7 lokasyonda ise sismik serim ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Saha ve laboratuvar çalışmalarından, sahanın rijitlik ve mukavemet özellikleri derinlikle artış gösteren katı-sert kıvamlı, plastik (ortalama plastisite indisi 30) killi zeminlerden oluştuğu anlaşılmıştır.

Analizler kapsamında ihtiyaç duyulacak indeks, rijitlik, mukavemet gibi standart girdi parametrelerinin yanı sıra dinamik malzeme özellikleri de (maksimum kayma modülü, birim deformasyona bağlı modül azalım ve

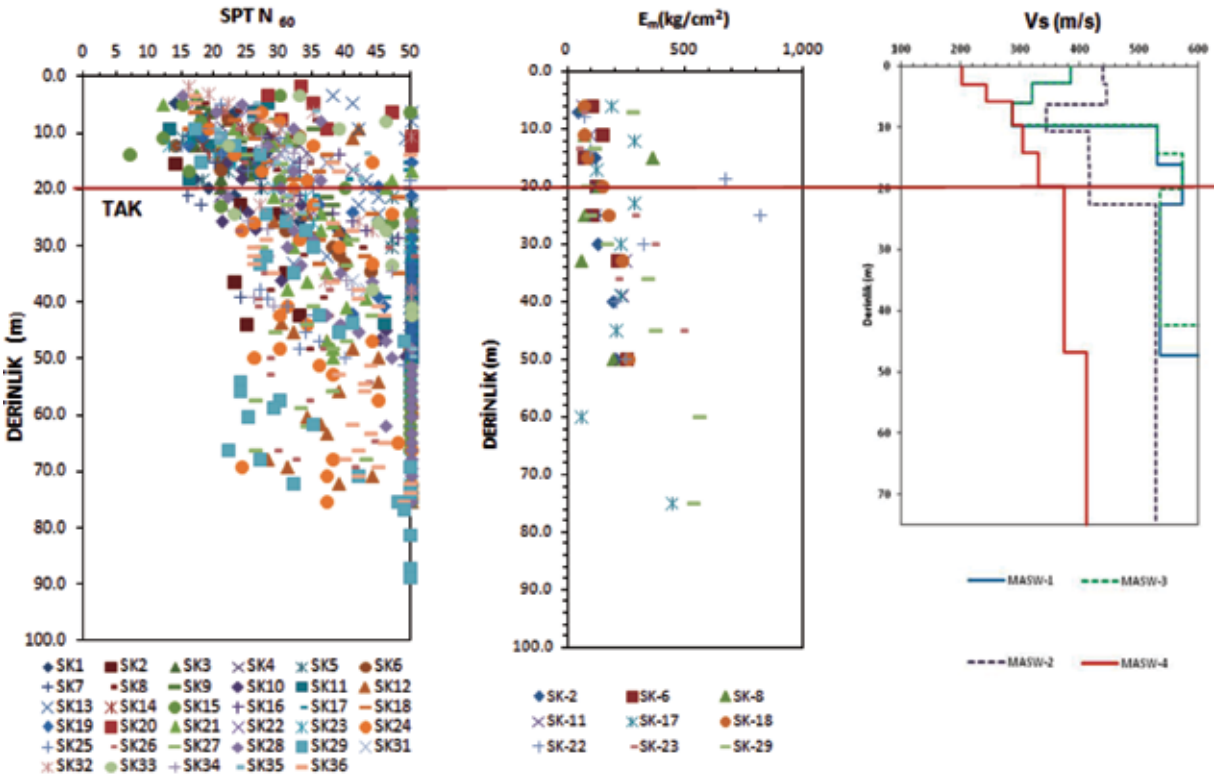


Şekil 5 - 2575 yıl tekerrür süresi için hedef spektrum ve bununla uyumlu ölçeklendirilmiş ivme - zaman kayıtlarına ait tepki spektrumları

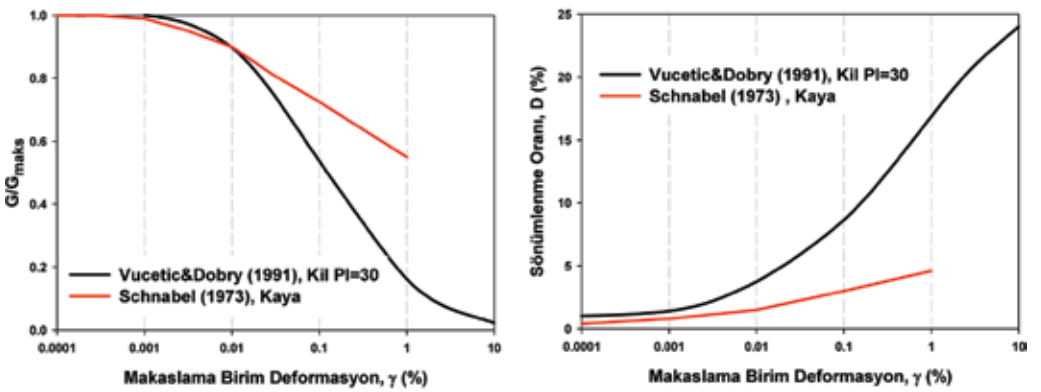
sönümlenme ilişkileri) belirlenmiştir. Sismik performans analizleri kapsamında, zemin tabakaları tanımlanırken hiperbolik gerilme - birim deformasyon davranışına dayanarak geliştirilmiş olan *"düşük birim deformasyon rijitliği ile birim deformasyonla sertleşen zemin modeli"* (HSsmall) kullanılmıştır. Model, Hardin ve Drnevich'in (1972), birim deformasyona bağlı olarak modül azalım ve sönümlenme oranı davranışlarını modellemektedir (Şekil 7).

Bu kapsamda, mevcut veri ışığında geliştirilen idealize zemin profili ise Şekil 8'de sunulmuştur. Gerçekleştirilen uygulama projesinde sonlu elemanlar yöntemine dayanan 3 boyutlu analizlere imkan veren ticari bir yazılım kullanılmıştır. Benzer nitelikte analizlerin sonlu farklar yöntemine dayanan ticari yazılımlarla da gerçekleştirilebileceği unutulmamalıdır.

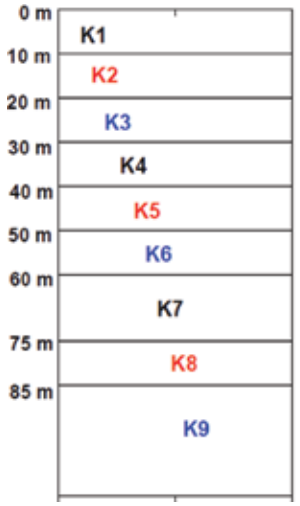
Sismik performans analizlerinin Teknik Önermeler'de de anılan "altsistem yöntemi" uyarınca gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultudaki analizlerin ilk adımı olarak, statik koşullar altındaki gerilme durumunun sağlıklı ve gerçeğe uygun şekilde tespit edilmesi gereklidir. Bu nedenle, inşaat ve ima-



Şekil 6 - Saha deney sonuçlarının genel bir özeti

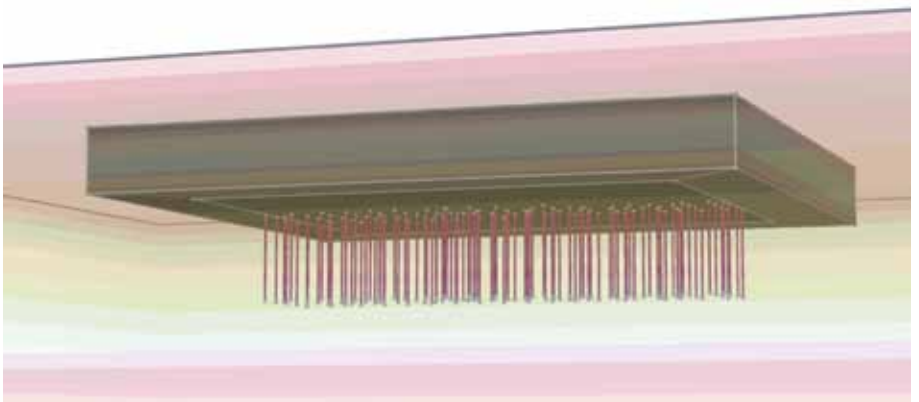


Şekil 7 - Dinamik zemin davranışını modellemek üzere kullanılan modül azalım ve sönümlenme oranı birim deformasyon ilişkileri



Veri Sınıfı	Veri Sembolü	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
İndeks	γ_{kuru} (kN/m3)	18	18.5	18.5	19.5	19.5	20	20.5	21	22
	γ_{yas} (kN/m3)	18.5	18.5	19	20	20	20.5	21	21.5	22
Rijitlik	E_{50}^{ref} (MPa)	10	17.5	35	45	50	60	70	90	100
	E_{oed}^{ref} (MPa)	10	17.5	35	45	50	60	70	90	100
	E_{u}^{ref} (MPa)	30	52.5	105	135	150	180	210	270	300
	ν	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.25	0.25	0.2
Mukavemet	c_u (kPa)	100	135	180	250	300	350	400	450	500
	ϕ (°)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ψ (°)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dinamik	G_0^{ref} (MPa)	110	146	195	340	460	600	750	900	1200
	$\gamma_{0.7}$ ($*10^{-3}$)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.7	0.9

Şekil 8 - İdealize zemin profili ve mühendislik parametreleri

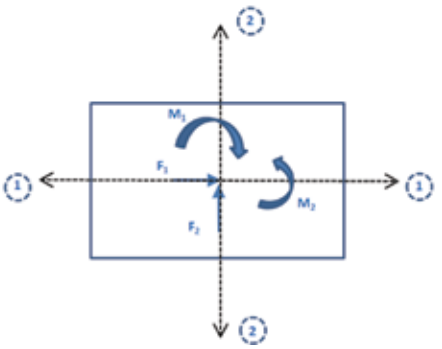


Şekil 9 - Üç boyutlu sonlu elemanlar modeli

lat aşamaları ile uyumlu olacak şekilde ilgili yapıların modellenmesi (varsa derin kazı, su seviyesinin düşürülmesi, rijit kolonların aktivasyonu, sonsuz rijitlikteki radye temelin tanımlanması) gerekmektedir (Şekil 9).

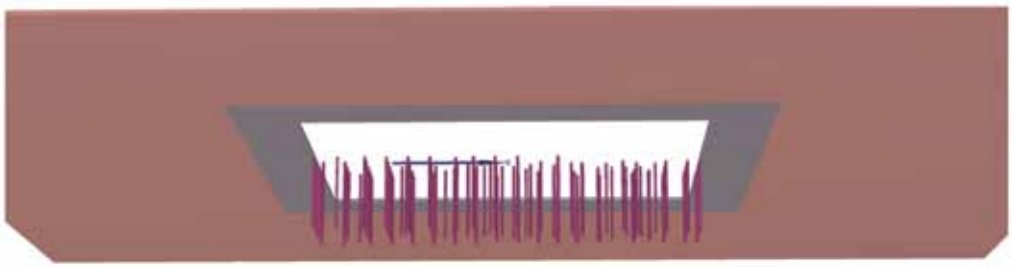
Söz konusu yöntemin ilk adımı, üstyapı analizleri sırasında zemin-kazık altsistemini modellemek için gerekli olan kinematik rijitlik matrisinin geliştirilmesidir. Bu matris, Şekil 10'da gösterilen doğrultulardaki yanal ve açısal rjitilik katsayılarını içermektedir. İlgili matris elemanları ve birim tanımları ise Denklem 1'de sunulmuştur.

Rijitlik matrisi elemanlarının hesaplanması aşamasında üç farklı deprem seviyesi için bir boyutlu eşdeğer doğrusal analizler ile tahmin edilen serbest saha koşullarına ilişkin maksimum makaslama (kayma) birim deformasyon değerlerini üretecek mertebelerdeki tesirler (yatay kuvvet ya da moment) sonsuz rijitlikteki radye temel üzerine tatbik edilmiştir (Şekil 11). Gerçekleştirilen 3 boyutlu analizler ile olu-



Şekil 10 - Kinematik etkileşim matrisi eleman tanımları

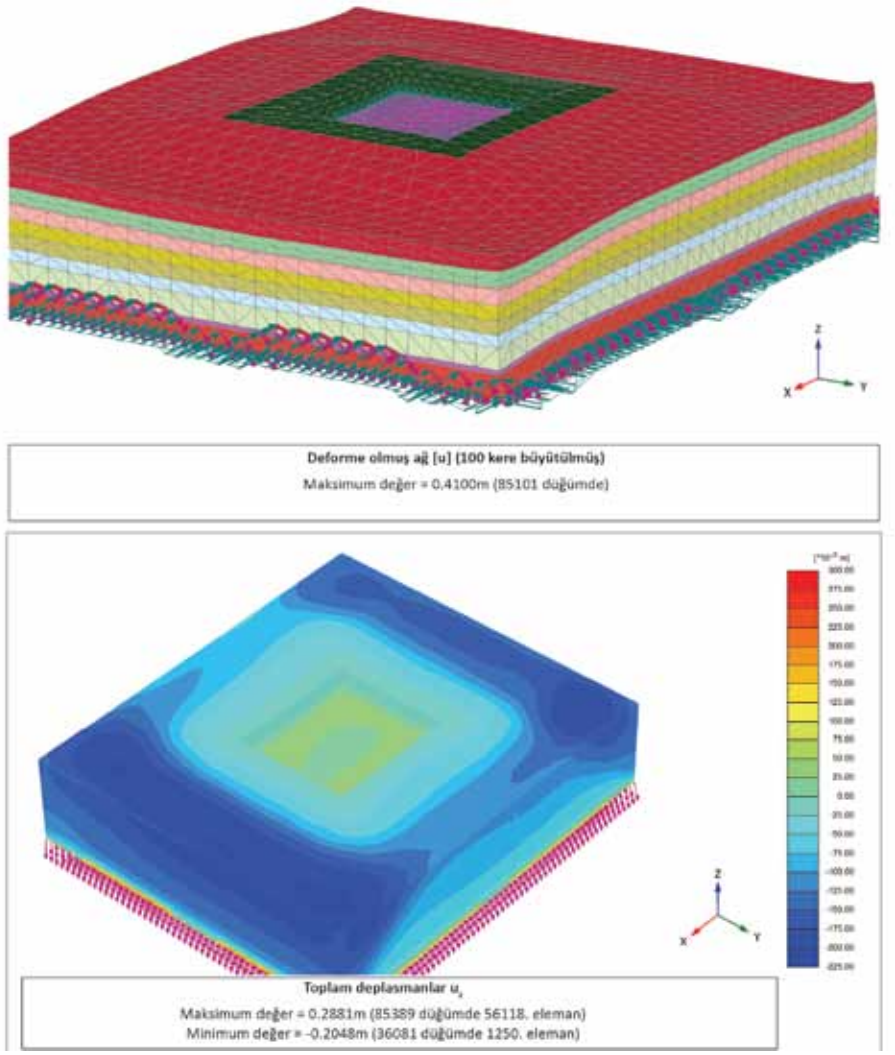
$$[\mathbf{K}] = \begin{bmatrix} K_{x_1x_1} & K_{x_1x_2} & K_{x_1\theta_1} & K_{x_1\theta_2} \\ \cdot & K_{x_2x_2} & K_{x_2\theta_1} & K_{x_2\theta_2} \\ \cdot & \cdot & K_{\theta_1\theta_1} & K_{\theta_1\theta_2} \\ \cdot & \cdot & \cdot & K_{\theta_2\theta_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} kN/m & kN/m & kN & kN \\ \cdot & kN/m & kN & kN \\ \cdot & \cdot & kN\cdot m & kN\cdot m \\ \cdot & \cdot & \cdot & kN\cdot m \end{bmatrix} \quad (1)$$



Şekil 11 - Kinematik sistem rijitlik matrisi elemanlarını belirlenmesi

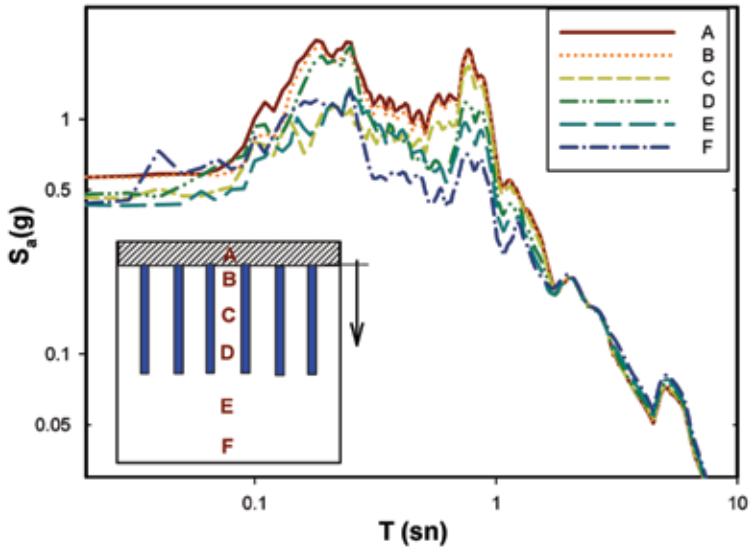
şacak deformasyonlar (her iki yöndeki deplasman ve açısal dönme) belirlenerek, kuvvet-deformasyon ilişkisi uyarınca kinematik sistem rijitlik matris elemanları teker teker hesaplanmıştır.

Üst yapı hesaplarına altlık teşkil edecek bir diğer veri ise rijit radye seviyesindeki ivme-zaman kayıtları ve bunlara ait elastik tepki spektrumlarının geliştirilmesidir. Bu nedenle, kurulan 3 boyutlu modele mühendislik kayası seviyesinden farklı deprem seviyelerine karşılık gelen senaryo deprem kayıtları, iki yatay bileşen de aynı anda dikkate alınmak üzere tatbik edilmiştir. Zaman uzayında gerçekleştirilen bu üç boyutlu analizler ile zemin-kazık-radye altsistemin sismik performansını görüntülemek mümkün olacaktır (Şekil 12).

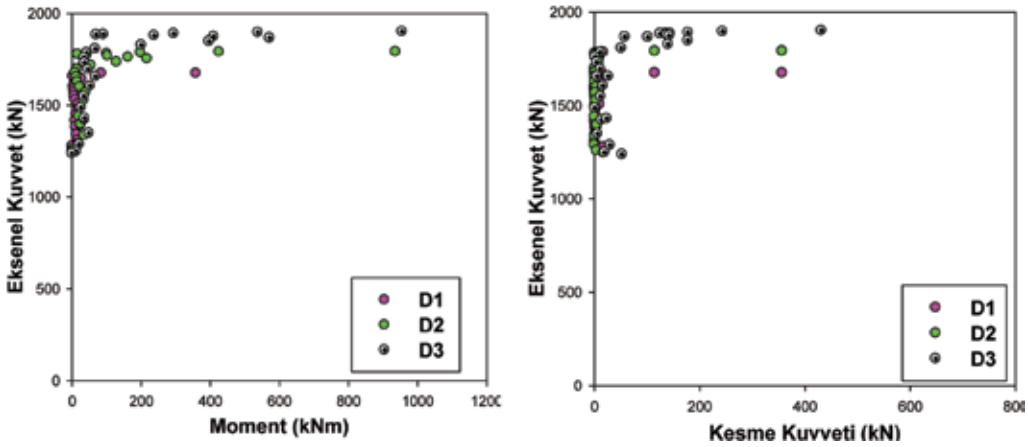


Şekil 12 - Sismik performans analiz sonuçları

Mühendislik kayası seviyesinde uygulanan yer hareketinin tanımlanan idealize zemin profili boyunca nasıl değiştiğini göstermek üzere Şekil 13'te sunulmuştur. Farklı deprem seviyesi senaryoları için kazıklı temel elemanları üzerinde oluşacak; eksenel yük, moment ve kesme kuvvetleri tesirleri belirlenmiştir (Şekil 14). Bu şekilde ilgili elemanların donatı tahkikleri gerçekleştirilebilir. Bu kapsamdaki analizlerde, her ne kadar "altsistem yöntemi" üst yapı yükleri dikkate alınmadan zemin-kazık-radye etkileşim analizlerini gerçekleştirmeyi öneriyorsa da; temsili bir gerilme değerinin temel seviyesinde uygulanması gerekmektedir. Aksi takdirde, eksenel yük ve buna bağlı olarak diğer tesirlerin doğru şekilde hesaplanması mümkün olmayacaktır.



Şekil 13 - Elastik tepki spektrumlarının derinlik ile değişimi



Şekil 14 - Sismik analizler sonucu elde edilen kazık etkileşim diyagramları

Özetle, statik yükler altında öngörülen oturma ve taşıma gücü aşılması nedenli geoteknik problemlerin önlenmesi amacı ile tasarlanan derin temel sistemi ile görece rijit olarak nitelendirilebilecek bir zemin-kazık-radye alt sistemi teşkil edilmiştir. Bu altsistemin kuvvetli yer hareketlerine gösterdiği tepki, rijit bir sistemden beklenen niteliktedir. Düşük periyotlardaki hareketler büyütülürken, yüksek periyotlarda ise hareketlerin serbest saha davranışına göre azaldığı gözlenmiştir. Buna istinaden tasarlanan kazıklı radye sisteminin, deprem tesirleri altında yapı açısından kritik olabilecek yüksek periyotlarda (yapı hakim periyodunun 4-4.5sn mertebelerinde), olumlu bir performans göstereceği beklenmektedir. Bu nedenle yüksek yapı altındaki alt sisteminin, yapı hakim periyodu civarında yer hareketini büyüteceğine yönelik bir beklenti içine girilmesi oldukça yanıltıcı sonuçlar doğurabilecektir. Davranış, deprem-zemin-kazık-radye kinematik etkileşimi sonucu sahaya özel olarak şekillenmektedir.

5. Sonuçlar

Zemin-temel-yapı etkileşimi ile ilgili sonuçları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Kazıklı temele sahip yüksek binaların deprem davranışı, sığ veya rijit tabanlı yapı davranışından farklıdır.

- Yumuşak zeminlerde zemin-temel-yapı etkileşimi problemi oldukça karmaşık bir problemdir. Tüm sistemin davranışı açısından analizlerde problemi basitleştiren altsistem yöntemleri kullanılabilir.
- Zemin-temel-yapı sisteminin periyodu ile serbest saha hareketinin periyodu arasındaki oranın rezonansdan kaçınabilmek için 1'den uzak olması gerekmektedir.
- Yumuşak zeminlerde tasarlanan kazıklarda depremler sırasında kinematik etkileşimden dolayı kazık eğilme davranışlarının her iki yatay doğrultuda da mutlaka kontrol edilmesi gerekmektedir. Kazık uzunluğu boyunca zemin tabakalarının değiştiği bölgelerde ve kazık başlığı civarlarında hem kesme kuvvetleri hem de eğilme momentleri kontrol edilmelidir. Bu işlem yapılırken, temel seviyesinde temsili yapı gerilmelerinin tanımlanması gerçekçi eksenel kuvvetlerin hesaplanabilmesi açısından elzemdir.
- Deprem sırasında üst yapıdaki salınımlarla ortaya çıkan eylemsizlik etkileşimi nedeniyle olabilecek hasarlar, çoğunlukla kazığın üst yapıyla veya kazık başlığı ile birleştiği bölgelerde ortaya çıktığından, bu seviyeler kontrol edilmelidir.
- Kinematik etkileşim analizleri frekans tanım alanında da yapılabilir, fakat bu durumda kazıklar ve zemin ortamı için doğrusal davranış kabulü yapmak gerekir. Zaman tanım alanında yapılacak analizlerde ise kazıklar ve zemin ortamı için doğrusal olmayan davranış modellenebilir.
- Üstyapı için yapılacak eylemsizlik etkileşimi analizleri davranışın doğrusal veya doğrusal olmayan olmasından bağımsız olarak mutlaka zaman tanım alanında gerçekleştirilmelidir.
- Söz konusu analizler, sonlu elemanlar ya da sonlu farklar yöntemlerine dayalı olarak gerçekleştirilebilir. Malzeme modellerinin, birim deformasyona bağlı olarak değişen zemin davranışını temsil edebilecek şekilde seçilmeleri gerekmektedir.
- Sistemin davranışı, deprem-zemin-kazık-radye temelin kinematik etkileşimi ile belirlenecektir. Buna göre, seçilen derin temel sisteminin (kazıklı radye) rijitliğine bağlı olarak yer hareketinin, yapı hakim periyodu bölgesinde büyümesi ya da azalması muhtemeldir. Yumuşak zeminlerde uygulanan güçlendirme amaçlı uygulamalarının, çoğu zaman sistemi daha rijit hale getireceği dikkate alındığında spektral ivmelerin kısa periyot bölgesinde büyürken yüksek periyot bölgesinde azalması kuvvetle muhtemel bir davranıştır.

Kaynaklar

ASCE 7-10 (2010). Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. American Society of Civil Engineers, Reston,VA.

AASHTO, LRFD Bridge Design Specifications. American Association of Bridge Highway and Transportation Officials. Fifth Edition, 2010.

Aydınoğlu, M.N. (2011). Zayıf Zeminlerde Yapılan Binalarda Dinamik Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi İçin Uygulamaya Yönelik Bir Hesap Yöntemi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Deprem Mühendisliği Bölümü, Rapor No: 2011/1.

Hardin, B.O., Drnevich, V. P. (1972), "Shear modulus and damping in soils: design equations and curves." J. of the Soil Mech. Found. Div., 98(7), 667-692.

İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği (2008), İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar Müdürlüğü.

Kramer, S.L. (1996), "Geotechnical Earthquake Engineering", Prentice_Hall Int. Series.

NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures. Building Seismic Safety Council. 2003 Edition.

Vucetic, M., Doby, R. (1991). "Effect of soil plasticity on cyclic response" J. Geotech. Eng., 117(1), 89-107.

Yeni Kent Merkezinde (Bayraklı Salhane/Turan Bölgesi - Konak Alsancak Liman Arkası Kesimi ve Salhane Bölgesi) Yapılacak Yüksek Binalar İçin Zemin, Geoteknik ve Yapı / Deprem Mühendisliği Proje ve Raporlarında Uyulması Gereken Teknik Önermeler

Zülal Akbay Arama
zakbay@istanbul.edu.tr
Melek Yaramış
yrmsmelek@gmail.com
S. Feyza Çinicioğlu
feyzac@istanbul.edu.tr
İstanbul Üniversitesi

Tabakalaşmış Zeminler Üzerinde Yer Alan Genişletilmiş Yol Dolgularının Nümerik Analizi

Özet

Artan nüfus ve gelişen ekonomik koşulların paralelinde trafik hacminin artışına bağlı olarak eski yol dolguların genişletilmesi çalışmaları ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi projelerinin önemli bir bileşenini teşkil etmektedir. Bu uygulamaların yollarda önemli stabilite ve servis bozulması sorunlarını yaratmaması için bunlarla bağlantılı geoteknik sorunların değerlendirilmesi ve önlenmesi birincil önemdedir. Bu bildiride yol genişletme çalışmalarının farklı yapım süreçlerinin farklı temel zemini profilleri üzerindeki etkisi tüm yapım süreci boyunca sonlu elemanlar yöntemi ile modellenerek takip edilmiştir. Sonuçlar gerek temel zemini profilinin farklılığının gerekse de uygulama programları farklılığının dolgu ve temel zemini ortamındaki deformasyon gelişimi, güvenlik seviyesi değişimi, gerilme ortamı oluşumu, göçme mekanizmalarının gelişimi, yapım süreleri ve stabilitenin konsolidasyonla arttırılması süreleri gibi tipik davranış öğeleri üzerinde büyük etkisi olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Dolgu genişletmesi, zemin tabakalaşması, killi zeminler*

1. Giriş

Karayollarının genişletilmesi önemli bir ulaşım geotekniği problemidir ve mevcut dolguların eklenen yeni dolgularla genişletilmesinin yaratacağı sorunların irdelenmesini ve çözümlerin geliştirilmesini kapsar. Eski dolgu ile birleşecek ilave yeni dolguların yapılması ile oluşturulan kompozit sistemin stabilitesinin ve gerilme-deformasyon davranışının beklenen performansı karşılayacak seviyede olmasının yapım ve kullanım süreçleri boyunca sağlanması gereklidir. Dolgu stabilitesi sadece dolgu malzemesinin özelliklerine ve dolgu geometrisine değil aynı zamanda dolgu altı temel zemini tabakalarının gerilme-deformasyon davranışına bağlıdır. Bu bağlamda, stabilite ve performansı sağlamanın başat koşulu, dolgunun dolgu yüklerinden etkilenen zemin tabakalarının gerilme-deformasyon tepkisini dengeleyecek yükleme ve bekleme aşamalarının uygulanması suretiyle yapılmasıdır. Sonuç olarak, oluşturulacak sistemin davranışı eklenecek dolgunun geometrisine ve rijitliğine, eski dolgunun zaman içinde değişmiş bulunan rijitlik özelliklerine, temel zemininin mukavemet ve rijitlik parametrelerine bağlı olmaktadır. Eski ve yeni dolgu arasında dolgu malzeme granülometrisi, deformasyon yeteneği, kompaksiyon derecesi gibi birçok yapım özelliği yönünden farklılıklar bulunmasına ilave olarak, en önemli farklılık eski dolgunun ve etkilenen te-

mel zemininin zaman içinde gerilme ve deformasyon sürecinden geçmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden, kayma yüzeyinin yerini ve şeklini belirlemek zordur ve bu durum limit denge metodunun kullanımını sınırlamaktadır (Yang, L., Shan, W., 2010) [1]. Genişletilmiş dolguların davranış analizinde sonlu elemanlar yönteminin uygulanması ilk dolgunun yapımından başlayarak tüm değişim sürecinin modellenebilmesi olanağını sağlaması sebebiyle en uygun modelleme yöntemi olmaktadır. Elbette yol genişletme tasarımlarına başlamadan önce mevcut eski dolgunun durumunu irdelemek için sadece nümerik yöntemlerle yapılan projeksiyon çalışmaları yeterli değildir. Bu projeksiyon çalışmalarının mevcut dolgularda ve bunların temel zemininde yapılacak zemin etütlerinden elde edilen bulgularla birlikte irdelenmesi ve gerekli parametre revizyonlarının yapılması çalışmaların gerçek davranışı temsil ve öngörü yeteneğini güçlendirecektir. Bu makalede, dolguların genişletilmesinin farklı zemin profilleri üzerindeki etkisinin geoteknik açıdan değerlendirmesi yapılmıştır. Bu değerlendirme için mevcut yol dolguları ile temel sistemini oluşturan tabakalaşmış zeminler nümerik sonlu elemanlar programı ile analiz edilerek, tek ve çift taraflı olarak tasarlanan sistemlerin gerilme-deformasyon davranışları ve güvenlik durumları incelenmiştir. Sunulan çalışmada, iki farklı tabakalaşma durumu ele alınarak elde edilen zemin profilleri üzerinde yer alan mevcut dolguların, daha iyi özelliklere sahip olan bir dolgu malzemesi ile genişletilmesi konusu ele alınmıştır. Söz konusu eski dolguların ve yeni genişletme bölgelerinin malzeme özelliklerinin, modellerinin, rijitlik farklılaşmasının, dolgu şev eğiminin, tabakalaşmış zeminlerin geoteknik parametrelerinin ve rijitlik özelliklerinin sistem davranışını nasıl etkilediği Plaxis 2D-2011 programında yapılan konsolidasyon ve güvenlik analizleri ile irdelenerek, gerilme-deformasyon davranışı, göçme mekanizmaları ve güvenlik sayıları yorumlanmıştır.

2. Parametrik Analizler

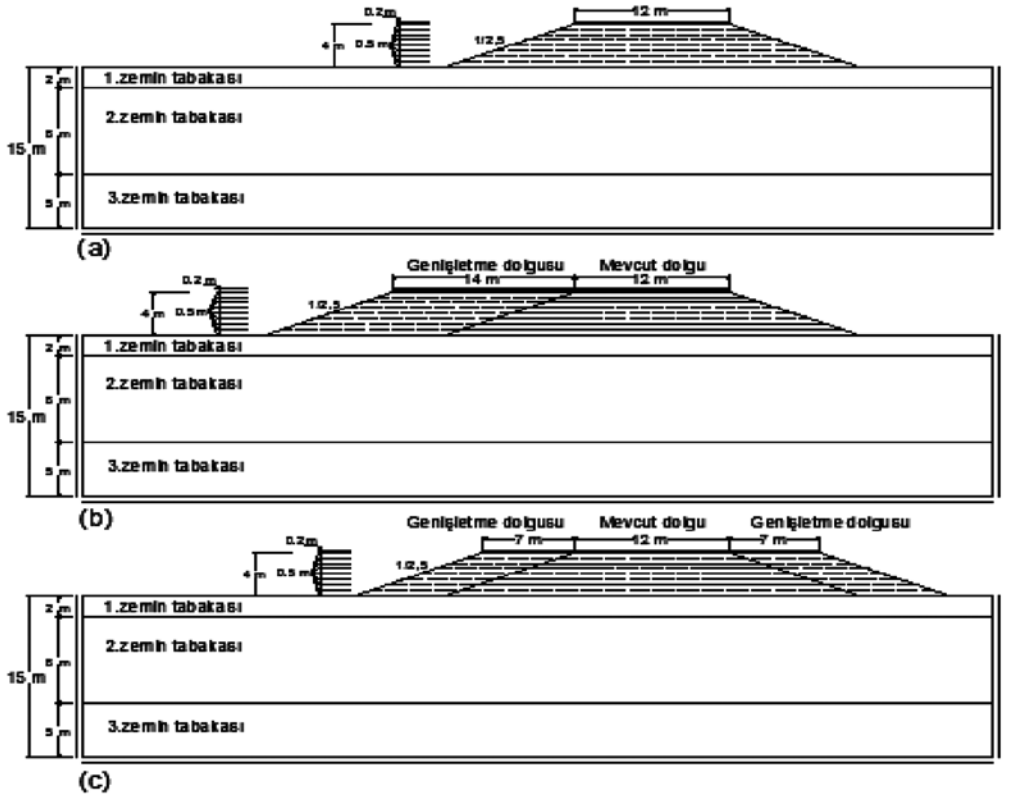
Tabakalaşmış zeminler üzerinde yer alan genişletilmiş yol dolgularının davranışını incelemek amacı ile yapılan bu çalışmada iki farklı zemin profili; i) Birinci (üst) zemin tabakası yumuşak kil ikinci(alt) zemin tabakası sert kil, ii)Birinci(üst) zemin tabakası sert kil ikinci(alt) zemin tabakası yumuşak kil olacak şekilde analizler yapılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan yolların geometrik kesiti Karayolları Geometrik Standartları'ndan seçilmiş, dolgu ve temel zemini özellikleri ise literatürde bulunan sıklıkla kabul görmüş kaynaklardan faydalanılarak belirlenmiştir. Mevcut dolguya ve genişletilmiş dolguya ait inşa kademeleri ile konsolidasyon süreleri, gerçek davranışı ve prosedürleri yansıtması bakımından, kurgulanarak analizlere yansıtılmıştır. Farklı tabakalaşma durumunun yanı sıra tek ve çift taraflı olarak genişletilmenin yapılması gibi birçok farklı koşul için konsolidasyon ve stabilite analizleri tekrarlanarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

2.1. Karayolu Geometrisinin Belirlenmesi

Yapılacak olan analizlerde kullanılacak mevcut dolgu Karayolları Geometrik Standartları [2]'ndan iki şeritli kentsel çevre yolu geometrik özellikleri göz önüne alınarak seçilmiştir. Tasarım hızı 90 km/sa olan düz topografik yapıya sahip mevcut yolun, şerit genişliği 3,5 m, dış banketi 2,5 m ve platformu toplamda 12 m'dir (Şekil 1a). Mevcut dolgunun; tasarım hızı 100 km/sa olan düz topografik yapıya sahip ve şerit genişliği 3,5 m, iç banketi 1 m, dış banketi 2,5 m, orta refüjü 4 m olan toplamda 26 m platform genişliğine sahip çok şeritli kentsel çevre yoluna dönüştürülmesi amaçlanmaktadır. Genişletme, Şekil 1b ve Şekil 1c'de gösterildiği gibi sırasıyla, gerekli inşa alanının mevcut olduğu varsayılarak, tek taraflı durumda 14 m ve çift taraflı durumda ise mevcut dolgunun sağına ve soluna 7'şer m yeni dolgu eklenerek yapılmıştır.

2.2. Temel Zemini ve Yol Dolgusunun Geoteknik Özellikleri

Tabakalaşmış zemin durumunun dolgu stabilitesi ve davranışı üzerindeki etkisi, birbirine zıt rijitlik özelliğine sahip kil tabakalarının ardarda sıralama durumu için araştırılmıştır. Parametre seçimine özel önem verilmiş ve bu bağlamda literatürden geniş ölçüde yararlanılmıştır. Tablo 1'de verilen kayma mukavemeti parametreleri için Bowles (1996) [2] ve Sivrikaya (2009) [3]'dan, Poisson oranı ve birim hacim ağırlıkları için Bowles (1996) [2]'dan zemin türüne göre, permeabilite katsayıları için USCS'deki zemin granülometrisinden faydalanılmıştır. Yol dolgularının geoteknik özellikleri tanımlanırken eski dolgunun aşınmışlığı, gerilme-deformasyon ortamının değişimi ve benzeri hususlar



Şekil 1 - Mevcut karayolu dolgusunun **(a)** ve tek taraflı **(b)** ve çift taraflı **(c)** genişletme dolgusunun geometrik özellikleri

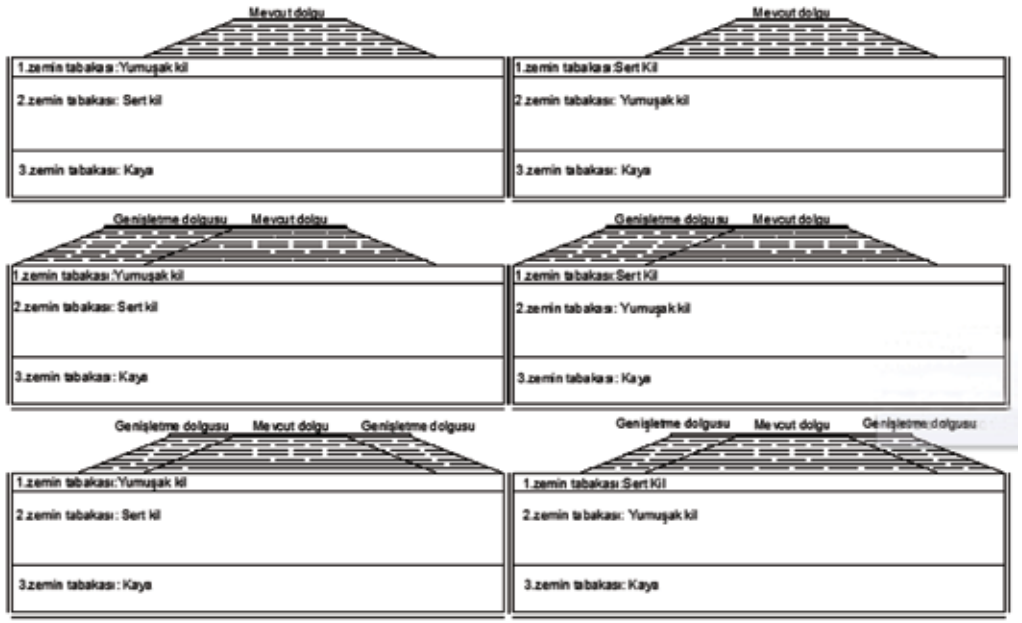
dikkate alınarak parametre seçimleri yapılmıştır. Her iki dolgu için de üst temel tabakası alt temele göre daha rijit seçilmiştir. Yol kaplaması betondur ve lineer elastik geçirimsiz malzemedir. Zemin tabakalaşmasında yer altı su seviyesi zemin yüzeyinde olacak şekilde seçilmiştir.

Tablo 1 - Temel zemini ve yol dolgusunun geoteknik özellikleri

Zemin türü	Zemin kıvamı	c	g_u	g_s	Ø	k	ν	E_0
		kPa	kN/m³	kN/m³	°	m/gün	-	kPa
1-2	Yumuşak	2	15	16	15	1,00E-03	0,4	2000
2-1	Sert	100	18	19	24	1,00E-05	0,3	36000
3	Kaya	-	20	21	42	1,00E-07	0,2	300000
Kaplama	NP	-	24	24	-	-	0,15	2,50E+07
Üsttemel	MC	1	21	21	40	0,1	0,25	135000
Eskidolgu	MC	8	20	20	30	1	0,35	90000
Yenidolgu	MC	10	21	21	38	0,5	0,2	135000

2.3. Analiz Yapılan Kesitler

Şeçilen zemin profili üç tabakadan oluşmaktadır. Birinci tabaka kalınlığı 2 m, ikinci tabaka kalınlığı 8 m olup altta 5 m kalınlığındaki kaya tabakası ile devam etmektedir. Analizlerde kullanılacak olan zemin profilleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2 - Yol dolgusu altında seçilen zemin profilleri

3. Nümerik Analizler

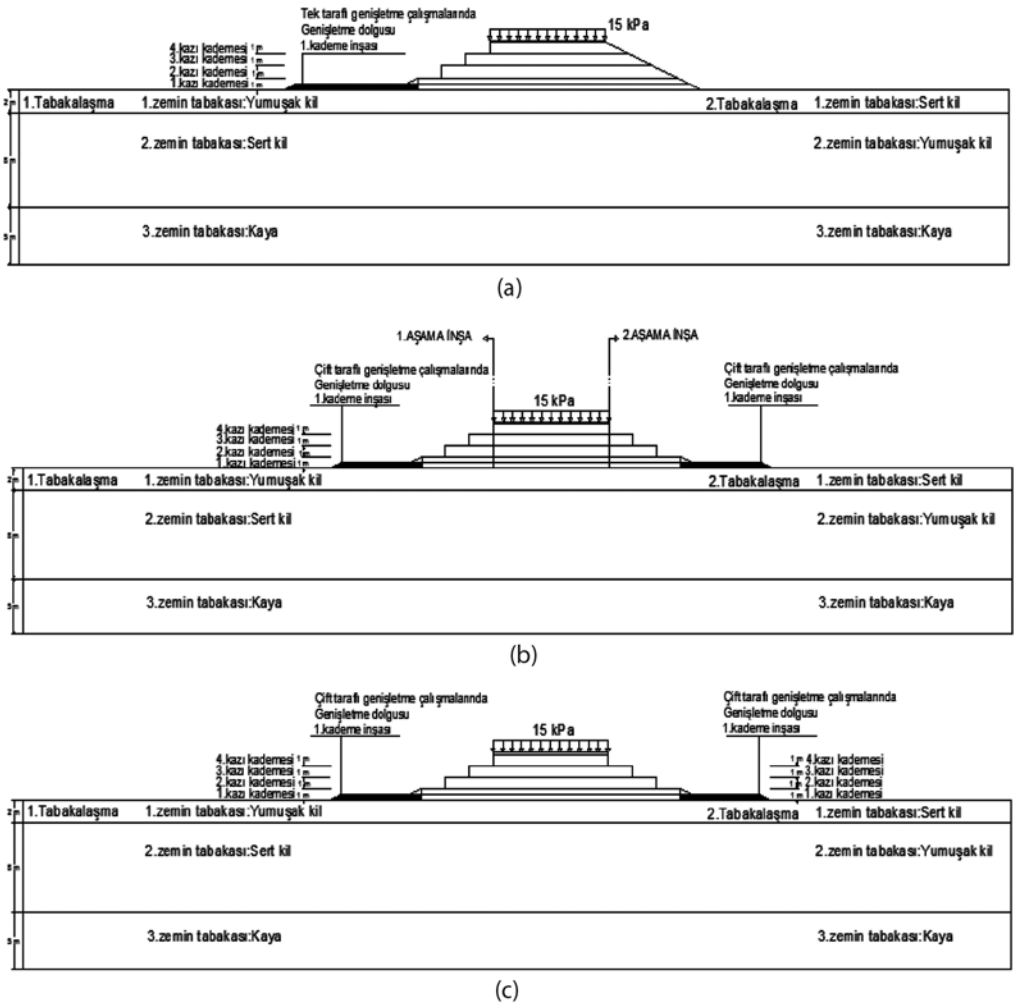
3.1. Yol Kesitinin Tanımlanması ve Dolguların İnşa Aşamaları

12 m platform genişliğine sahip olan mevcut yol dolgusu, toplamda 26 m olacak şekilde genişletilecektir. Dolgu yüksekliği 4 m olup dolgu şevlerinin eğimi 1/2,5 olarak seçilmiştir. Mevcut dolgu iki şeritli kentsel çevre yolu olup üzerine 15 kPa'lık yayılı yük etkidiği varsayılmış ve dolgu genişletilmesinin yapılması ile çok şeritli kentsel çevre yoluna dönüşecek olan karayolunun üzerine etkiyen yükün de 30 kPa değerine çıkacağı düşünülmüştür. Dolgu ve zeminlerin malzeme modelleri Mohr-Coulomb olarak seçilmiştir. "Mevcut dolgu" şeklinde tanımlanan eski dolgu 50 cm'lik tabakalar halinde, tüm kademeleri ikişer günde serilerek ve göçmeye sebep olmayacak bekleme süreleri ile inşa edilmiştir. Dolgunun üzerine trafik yükü olarak 15 kPa değerinde yayılı yük statik olarak etkitilmiştir.

Eski dolgunun konsolidasyon sürecinin ardından yeni dolgu inşa aşamalarına geçilmiş, eski dolgu, genişletme yönünde 1 m yüksekliğinde ve 1:2,5 şev eğiminde kazılarak yeni dolgu malzemesi 50 cm'lik kademeler halinde serilmiştir. Çift taraflı genişletme durumunda iki tür uygulama süreci benimsenmiş olup bunlardan ilki, genişletmenin her iki tarafının da aynı zamanda başlaması; ikincisi ise iki aşamalı bir inşa sürecinin tercih edilmesi şeklindedir. (Şekil 3). Genişletilmiş dolgunun uzun süreli davranışının belirlenmesi amacı ile minimum boşluk suyu basıncı değerinin 10 kPa'a düştüğü süre belirlenmiş ve daha sonra bu sürenin sonundaki gerilme-deformasyon değerleri elde edilmiştir. Tüm bu işlemler sürecinde eski dolgu için dolgu inşasının bitimi, taşıt yüklerinin uygulanması, ilave boşluk suyu basınçlarının yeterli seviyede sönümlenmesine bağlı olarak konsolidasyon sonu aşamalarında deformasyon ve stabilite durumları değerlendirilmiştir. Dolgu genişletme çalışmalarının modellenmesi için ise, inşa sürecinde yapılan kademeli kazıların güvenlik ve deformasyon analizleri, dolgu inşasının bitimi, taşıt yüklerinin uygulanması, ilave boşluk suyu basınçlarının yeterli seviyede sönümlenmesine bağlı olarak konsolidasyon sonu olarak tanımlanmıştır.

3.2. Analizler İçin Dolgu Şev Geometrisinin Seçimi

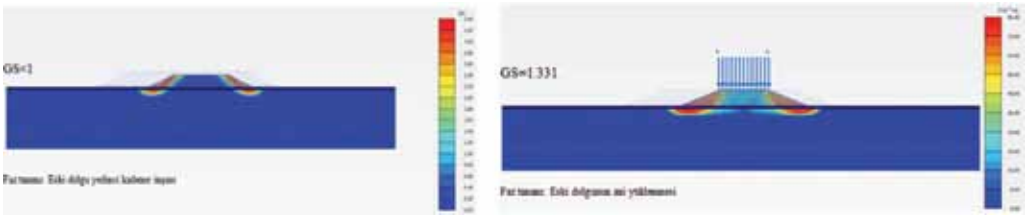
Yolun geometrik standartları seçilirken yol için gereken genişletme alanı sınırlı ise daha dik şevler ile genişletme sağlanır. Dik şevler ise stabilite sorununu ortaya çıkarabilir. Dolgu geometrisinden kaynaklanan stabilite sorunlarının belirlenmesi amacıyla birçok çalışmada sonlu elemanlar meto-



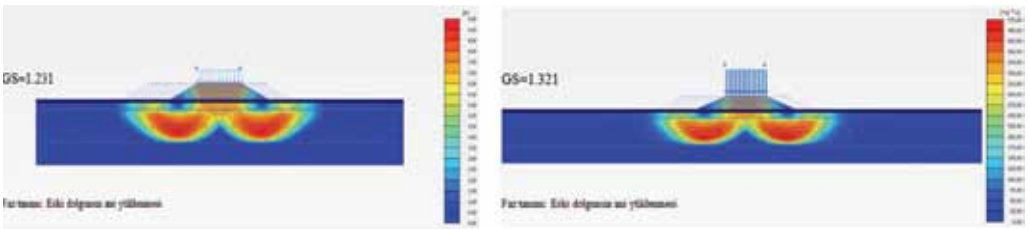
Şekil 3 - Genişletme dolgularının inşa aşamaları (a)Tek taraflı genişletme (b)Çift taraflı genişletme için birinci plan (c) Çift taraflı genişletme için ikinci plan

du ile düzlemsel deformasyonlar temel alınarak, yolun genişletilmesi sırasında dolgunun davranışını analiz etmek için tasarımlar yapılmıştır (Ludlow, S.J., Chen, W.F. ve diğ., 1993) [5].

Bu makale için yapılan analizlerde göçme olmaksızın istenilen yükseklikte dolgunun yapılabilmesi ve dolgu inşası ve sonrasındaki genişletilmesi dönemlerindeki davranışın göçme ile kesintiye uğramadan takip edilebilmesi amaçlanmıştır. Bu sebeple dolgu yapımı ve dolgu ekleme analiz kademeleri göçmeye sebep olmayacak yeterlilikte ancak olabildiğince kısa ve hızlı bir süreç tanımlanarak gerçekleştirilmiştir. Dolgu malzeme parametreleri eski dolgular için tipik olan değerler olarak seçilmiştir. Bu değerlerden vazgeçmeden ve herhangi bir dolgu iyileştirme yöntemine başvurmadan analizleri yapabilmek bakımından dolguda değiştirilebilecek tek parametre şev açısı olmaktadır. Alttaki temel zeminlerinin rijitlik ve kıvam durumu stabiliteyi koruyacak dolgu geometrisinin belirlenmesi üzerinde etkilidir. Bu bakımdan ilk aşamada seçilen zemin tabakalanmaları üzerinde eski dolgu malzeme parametreleri değiştirilmeksizin stabilitesini koruyabilecek şev eğiminin elde edilmesi için gereken analizler yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçları Şekil 4 ve Şekil 5'de verilmiş olup, 1/2 şev eğiminde üst tabakanın yumuşak olduğu zemin profilinde stabilite sağlanamazken, aynı eğim değerinde üst tabakanın sert olduğu profilde göçme olmaksızın sistem stabil kalmıştır. Yapılan değerlendirmelerle eski malzeme parametreleri ile güvenliği koruyabilecek şev eğiminin 1/2.5 olduğu belirlenerek analizler her iki tabakalanma türü için bu dolgu geometrisi ile devam ettirilmiştir.



Şekil 4 - Zemin profili: üst tabaka yumuşak kil alt tabaka sert kil (a)1/2 şev eğimi (b) 1/2.5 şev eğimindeki mevcut dolgunun güvenlik durumu

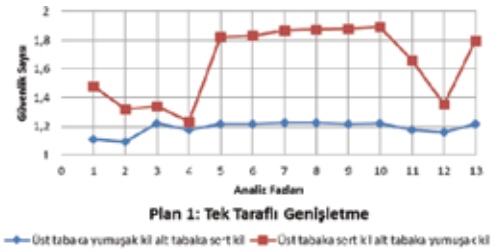


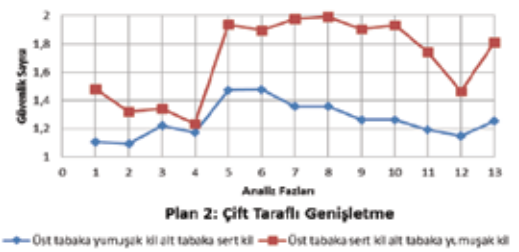
Şekil 5 - Zemin profili: üst tabaka sert kil alt tabaka yumuşak kil (a)1/2 şev eğimi (b) 1/2.5 şev eğimindeki mevcut dolgunun güvenlik durumu

3.3. Yol Dolgusu Genişletme Çalışmalarının Planlanması

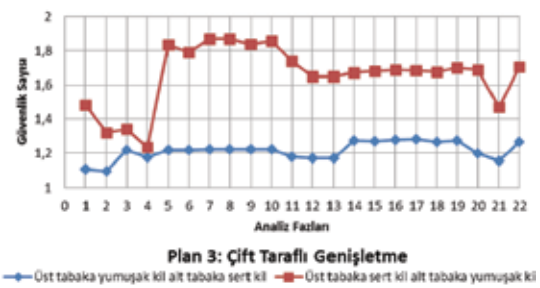
Bu çalışma kapsamında, yeni yapılacak olan bir yol genişletme projesinde; hem farklı inşa aşamaları hem de farklı trafik organizasyon planları uygulanarak yol genişletme projelerinde planlamanın önemine ve yapılan planlamanın tasarlanan sistemin güvenlik durumu ve yapısal deformasyonlarına etkilerine değinilmiştir. Makalede üç farklı yol inşa şekli seçilerek, bu inşa şekillerinde farklı trafik organizasyon planları uygulanmıştır:

Plan 1: "Yol dolgusu tek taraflı olarak 14 m genişletilecek olup, genişletme çalışmaları sırasında mevcut dolgu iş makinalarının çalışması için kullanılabilir şekilde açık tutulacaktır. Mevcut dolgu şev topuğundan kademeli olarak kazılarak yeni dolgu imalatı gerçekleştirilecektir. Genişletme dolgusu, stabiliteyi bozmayacak şekilde, belirlenen sürelerde beklemeye tabi tutularak kademeli bir şekilde inşa edilecektir. Genişletme dolgusunun imalatından sonra trafik hacmi iki katına çıkarılacaktır."





Sıra	Tanımlamalar
1	GS1:Eski dolgunun tamamlanması
2	GS2: Eski dolgunun (15kPa)yüklenmesi
3	GS3:Eski dolgunun konsolidasyonu (u=10kPa)
4	GS4:1.kademe kazı yapılması
5	GS4*:Genişletme dolgusu 1. kademe serilmesi
6	GS5:2.kademe kazı yapılması
7	GS5*:Genişletme dolgusu 2. kademe serilmesi
8	GS6 :3.kademe kazı yapılması
9	GS6*:Genişletme dolgusu 3. kademe serilmesi
10	GS7: 4.kademe kazı yapılması
11	GS8: Genişletme dolgusunun tamamlanması
12	GS9: Bütün dolgunun yüklenmesi (30kPa)
13	GS10:Bütün dolgunun konsolidasyonu(u=10kPa)



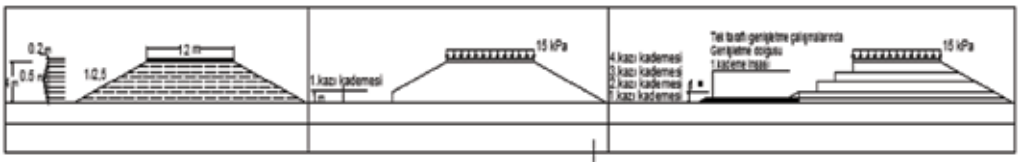
Şekil 6 - Yol genişletme çalışmalarında inşa planlaması-güvenik durumu ilişkisi

Plan 2: "Yol dolgusu çift taraflı genişletilecek olup, yolun her iki cephesindeki genişletmeye aynı anda başlanacaktır. Genişletme çalışmaları sırasında mevcut dolgu iş makinalarının çalışması için kullanılabilir şekilde açık tutulacaktır. Mevcut dolgu şev topuğundan kademeli olarak kazılarak yeni dolgu imalatı gerçekleştirilecektir. Genişletme dolgusu, stabiliteyi bozmayacak şekilde, belirlenen sürelerde konsolidasyona tabi tutularak kademeli bir şekilde inşa edilecektir. Her iki taraftaki genişletme çalışmaları aynı anda bitirilerek trafik hacmi iki katına çıkarılacaktır."

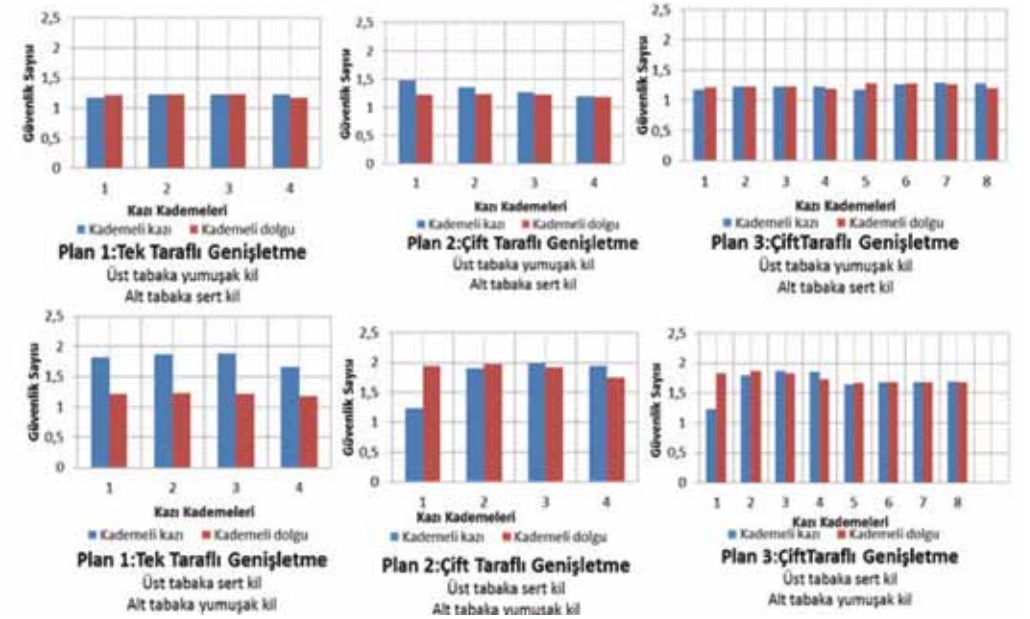
Plan 3: "Yol dolgusu çift taraflı bir şekilde genişletilecek olup, önce yolun bir cephesinde genişletme yapılacak, bu çalışma sırasında mevcut dolgu iş makinalarının çalışması için kullanılabilir şekilde açık tutulacak ve mevcut dolgu şev topuğundan kademeli olarak kazılarak yeni dolgu imalatı gerçekleştirilecektir.Genişletme dolgusu, stabiliteyi bozmayacak şekilde, belirlenen sürelerde konsolidasyona tabi tutularak kademeli bir şekilde inşa edilecektir. Bu sürecin tamamlanmasının ardından genişletme dolgusu da mevcut dolgu ile aynı trafiğe açılacak ve ikinci aşama imalatına geçilecektir. İkinci cephe genişletmenin tamamlanmasının ardından yol için trafik hacmi iki katına çıkarılacaktır."

Bu planlar doğrultusunda uygulanmış olan genişletme çalışmalarında yapısal sistemin bütünsel stabilitesi, inşa ve tamamlanma süreleri analizler sonucunda elde edilerek karşılaştırılmıştır.

Şekil 6'da kullanılan grafik sisteminde düşey eksen güvenlik sayısını temsil ederken yatay eksen nümerik bir sonucu temsil etmemekte olup sadece imalat sürecini anlatmaktadır. Güvenlik analizleri sonucunda Şekil 6'dan da net bir ayrımla gözlendiği üzere, yapının güvenliği önemli derecede temel zemini profiline bağlı olmaktadır. Plan 2 uygulaması yolun tamamının kullanıma açılma süresini kısaltmıştır ancak kısmi kullanımı arttırması ve trafiğin sürekliliğini sağlanması bakımından Plan 3'de tercih edilebilir bir yöntem olmaktadır. İnşa aşamalarında önemli diğer bir konu da kademeli kazı ve imalat sürecidir. Olay, mevcut dolgunun şev topuğundan başlanarak kazılması ve yeni dolgunun kazılan alanlar da dahil olmak üzere istenilen genişlikte kademeli olarak imal edilmesine dayanmaktadır. Şekil 7'de birinci kademe kazı planı detayları ile verilmiştir. Bu doğrultuda Plan 1 ve Plan 2'de dört aşamada yapılan kazı ve dolgu çalışmalarına ile Plan 3'te sekiz aşamada yapılan kazı



Şekil 7 - Genişletme dolgusu imalatında kazı detayları



Şekil 8 - Kademeli kazı ve dolgu yapılmasının güvenlik sayısına etkisi

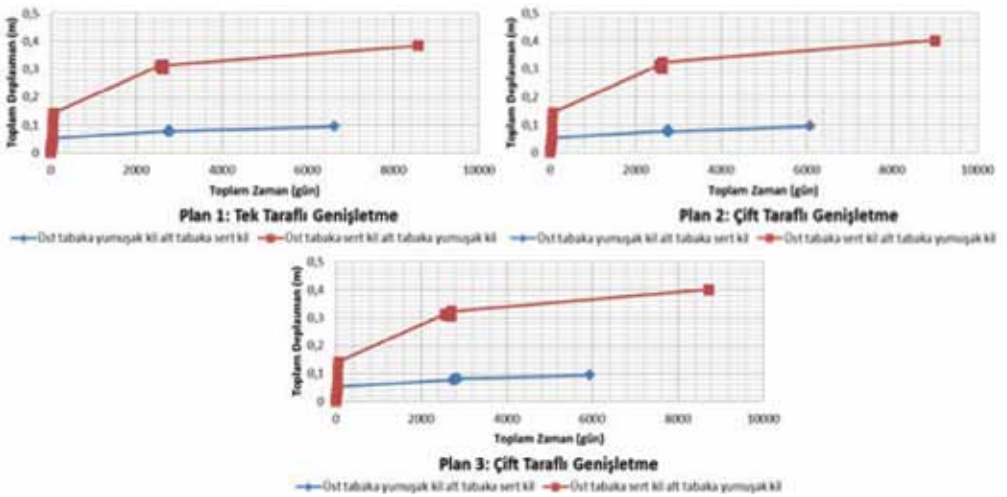
ve dolgu çalışmalarına ait güvenlik ilişkisi Şekil 8'de verilmiştir. Şekil 8'de de Şekil 6'da olduğu gibi üst tabakanın yumuşak olması durumunda güvenlik sayılarının daha düşük olduğu ve 1'e yakın değerlerde kaldığı görülmektedir. Bu da üst tabakanın yumuşak zemin olması durumunda stabilitenin çok daha kolaylıkla kaybedilebileceğini ve bu bakımdan özellikle yükleme aşamalarında dolgu kademelerinin zeminin mevcut durumunda taşıyabileceği ilave gerilme değerini aşmayacak seviyede ayarlanması gerektiğini göstermektedir. Diğer taraftan üstte yeterli kalınlıkta bir sert tabaka veya kabuk tabakası bulunması durumunda kabuk tabakası yükü alttaki yumuşak zemine aktararak dolgu inşasının daha güvenli olarak yapılabilmesini sağlamakta ancak alttaki yumuşak zeminde deformasyon ortamı çok daha geniş olmaktadır. Eski dolgu şevinde kazı yapılması durumunda üstte kabuk bulunan profilde güvenlik sayısı azalması çok daha fazla miktarda ve hızlı olarak gerçekleşmekte ve topuğa dolgu yapımından en fazla olumlu etkilenen profil de yine kabuk tabakalı profil olmaktadır.

3.4. Yol Dolgusu ve Temel Zeminindeki Deformasyonlar

Şekil 9'da her üç tip yapım yöntemi için ve incelenen iki tip zemin profili için toplam deformasyon-zaman ilişkileri görülmektedir. Şekiller üst tabakanın sert olduğu ve altta yumuşak zemin bulunan profilde toplam deformasyonların çok daha büyük olduğunu göstermektedir. Bu da altta bulunan kalın ve yumuşak zemin tabakasının deformasyon yeteneğinin büyüklüğünün sonucu olarak beklenen bir davranıştır. Seçilen dolgu genişletme sürecinin dolgu genişletme uygulamasının bitiminden ve taşıt yükünün uygulanmasından sonra ilave boşluk suyu basınçlarının yeterli derecede sönümlenmesi ve genişletilmiş dolgunun uzun süreli stabilitesinin sağlanması için gereken süreler üzerinde de dikkate değer etkisi bulunmaktadır. Tablo 2'de tanımlanan süreler anlamlıdır, çünkü yükleme programlarına bağlı olarak ilave gerilmelerden etkilenen ortam hacmi büyüklüğü farklı olmakta ve aynı bağlamda drenaj yollarının boyu değişmektedir.

Tablo 2 - Uygulama yönteminin inşa süreleri ve konsolidasyon süreleri üzerindeki etkisi

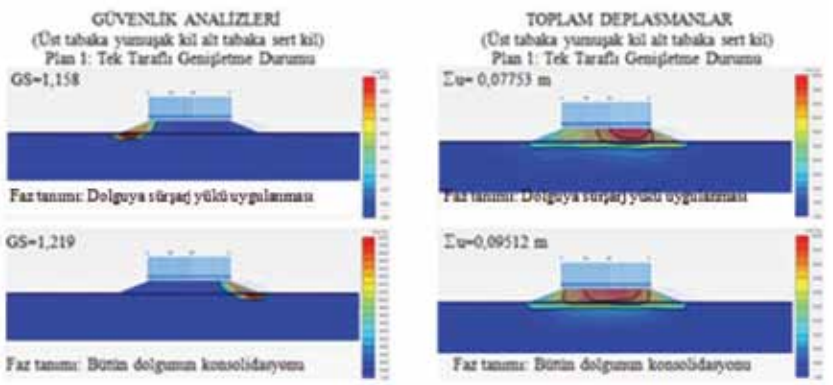
Tabakalaşma Durumu	Olay ve Süre (gün)	Plan 1	Plan 2	Plan 3
Üst zemin tabakası yumuşak alt zemin tabakası sert	Eski dolgunun inşası	53	53	53
	Eski dolgunun konsolidasyonu	2670	2670	2670
	Yeni dolgunun inşası	69	69	138
	Bütün dolgunun yüklenmesi	3841	3296	3071
Üst zemin tabakası sert alt zemin tabakası yumuşak	Eski dolgunun inşası	53	53	53
	Eski dolgunun konsolidasyonu	2506	2506	2506
	Yeni dolgunun inşası	69	69	138
	Bütün dolgunun yüklenmesi	5948	6376	6018



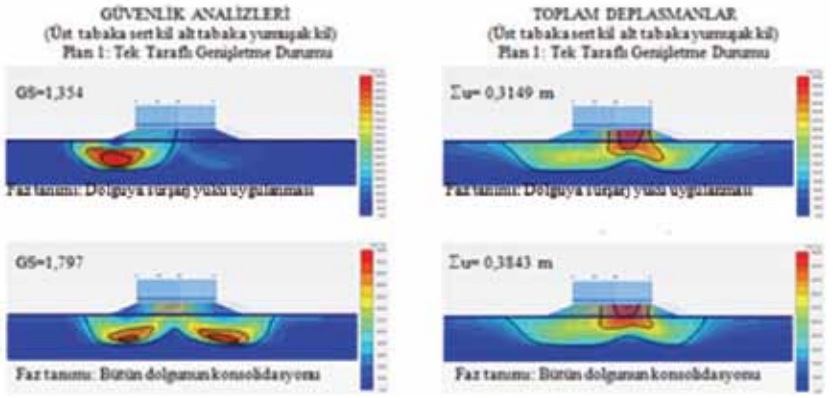
Şekil 9 - Farklı genişletme ve tabakalaşma durumlarında deplasman-zaman ilişkisi

3.5. Deformasyonlar ve Göçme Mekanizmaları

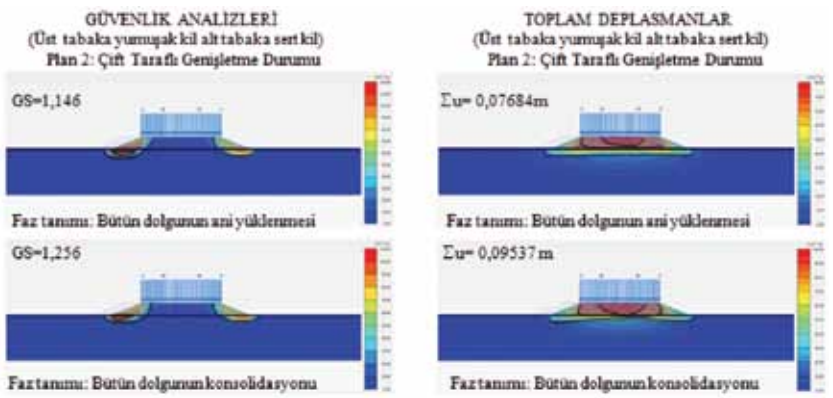
Dolgu genişletme çalışmaları sırasında temel zemininde ve dolguda oluşan gerilme ve deformasyon ortamı dolgu yapım ve konsolidasyon süreci boyunca değişik aşamalarda farklılıklar gösterir. Gerilme-deformasyon ortamındaki bu değişim süreci aynı zamanda zemin tabakalanma özellikleri ve yapım sürecinden büyük ölçüde etkilenmektedir. Bu çalışmada iki tür tabakalanma şekli ve bunun üzerinde üç farklı programla dolgu genişletme süreci uygulanması durumları için sürecin tüm aşamalarındaki gerilme-deformasyon ortamı değişimleri incelenmiştir.



Şekil 10 - "Plan1-Tabakalaşma1" için güvenlik analizleri ve toplam deplasman ağları

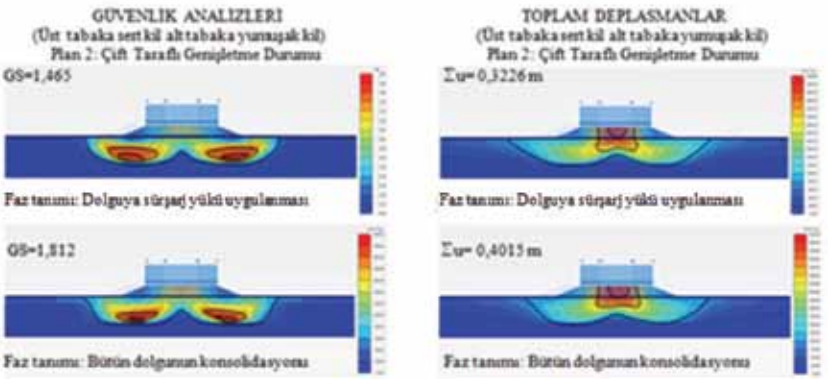


Şekil 11 - "Plan1-Tabakalaşma2" için güvenlik analizleri ve toplam deplasman ağları

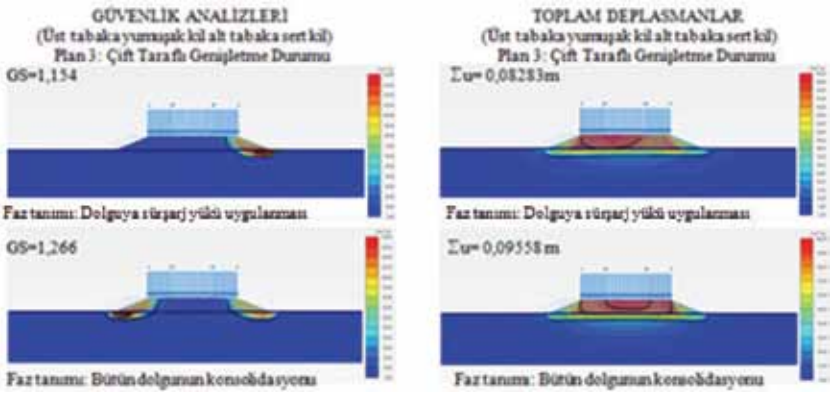


Şekil 12 - "Plan2-Tabakalaşma1" için güvenlik analizleri ve toplam deplasman ağları

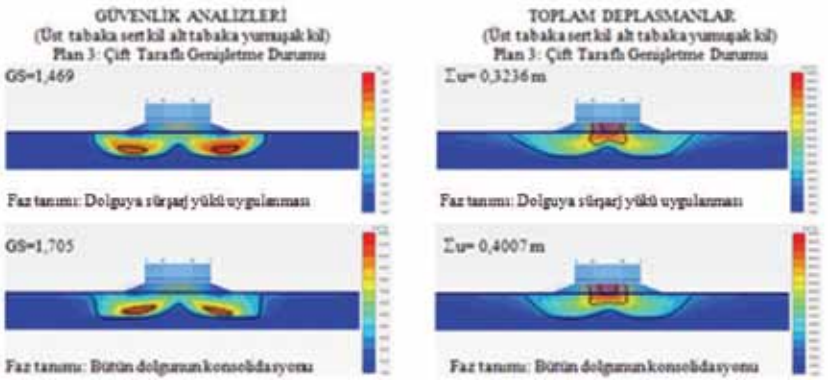
Ancak burada yer kısıtı sebebi ile iki tür zemin profili ve üç tip uygulama programı için sadece genişletme çalışmalarının bitimini takiben sürsarj yükü uygulanması anı ve konsolidasyon sonu deformasyon ortamları ve bu anlardaki mukavemet parametreleri azaltma yöntemi ile elde edilen deformasyon mekanizmaları ve güvenlik sayıları Şekil 10-15'de verilmiştir. Şekil 10'da üst tabakanın yumuşak olduğu profilde Plan 1'in uygulamasının sonuçları görülmektedir. Burada deformasyon mekanizması takip edildiğinde sürşarj yüklemesi sırasında göçme mekanizması yeni yapılan dolgu şevindeyken konsolidasyon sonunda eski dolgu şevine kaymaktadır. Bu durum konsolidasyon sonunda sol taraftaki oturmalar sebebi ile oldukça zayıf parametrelere sahip olan eski dolgu bölgesinin sol taraftaki sıkışmayla birlikte hareket edememesinden kaynaklanmaktadır. Aynı şekilde toplam deplasmanların yoğunlaştığı bölgeler güvenlik analizlerindeki davranışın nasıl geliştiği anlaşılmaktadır. Şekil 11'de üst tabakanın sert olduğu profilde Plan 1'in uygulamasının sonuçları görülmektedir. Güvenlik ve deplasman analizlerinden görülebileceği gibi bu tabakalanma durumunda gerilmeler yumuşak zemine nakledilmekte ve mekanizma esas olarak yumuşak zemin içerisinde gerçekleşmektedir. Üstteki sert tabaka elde edilen güvenlik sayılarını bir miktar arttırmakla birlikte yumuşak tabakanın daha kalın olması oluşan deplasmanların büyük



Şekil 13 - "Plan2-Tabakalaşma2" için güvenlik analizleri ve toplam deplasman ağları



Şekil 14 - "Plan3-Tabakalaşma1" için güvenlik analizleri ve toplam deplasman ağları



Şekil 15 - "Plan3-Tabakalaşma2" için güvenlik analizleri ve toplam deplasman ağları

ölçüde artmasına sebep olmaktadır. Sadece güvenlik sayısı yönünden bakıldığında üst tabakada sert zemin bulunmasının daha güvenlikli bir uygulamaya yol açabileceğini ifade etmek mümkün iken deformasyonlar göz önüne alındığında üst yapının servis yeterliliği açısından bu tür bir profilin daha önemli sorunlara yol açabileceği söylenebilir. Şekil 12 ve Şekil 13'de Plan 2'nin farklı zemin profillerine uygulanışı gösterilmiştir.

Sistem simetrisi ve aynı anda inşa yöntemi seçilmesi sebebi ile gerek göçmeyi oluşturan deformasyonlar gerekse toplam deplasmanlar türünden değerlendirme yapıldığında üst tabakanın yumuşak olduğu zemin profilinde genişletme şevlerinde problemler oluşurken, üst tabakanın sert olduğu zemin profilinde bütün sistemin merkezine göre simetrik olacak şekilde yumuşak tabaka içerisinde ilave yüklenen kısımlarda problemler gözlenmektedir.Şekil 14 ve 15'de ise Plan 3'ün farklı profillere uygulanmasının sonuçları görülmektedir. Çift taraflı inşa yönteminde uygulanan iki aşama sebebi ile sonradan eklenen ikinci genişletme dolgusu, sürşarj yükünü en son almaktadır. Bu durumda üst tabakanın yumuşak olduğu zemin profilinde sonradan eklenen dolgunun kendi şevinde göçme mekanizması oluşurken konsolidasyon sonrasında genişletilme bölgelerinin her ikisinde de sistemsel simetri ile şev problemleri oluşmaktadır. Üst tabakanın sert olduğu zemin profilinde ise benzer bir şekilde, gerilmeler yumuşak tabaka içerisinde ancak ikinci aşamada eklenen genişletme dolgu hizasında artmakta, konsolidasyon sonrasında ise iki genişletme dolgusu altında da eşit oranda dağılan bir mekanizma oluşmaktadır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada ulaştırma geotekniğinin önemli problemlerinden birisi olan dolgu inşası ve mevcut dolguların genişletilmesinin yol açacağı geoteknik problemler değerlendirilmiştir. Değerlendirme

farklı temel zemini ortamları ve farklı uygulama süreçleri esas alınarak yapılan iki boyutlu sonlu elemanlar analizlerinin sonuçlarının irdelenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Aşağıda yapılan analizlerle ilgili tipik sonuçlardan bazıları özetlenmektedir;

1. Yapılan değerlendirmeler sonucunda eski malzeme parametreleri ile hem üst tabakanın yumuşak olması durumunda hem de üst tabakanın sert olması durumunda güvenliği koruyabilecek şev eğiminin 1/2.5 olduğu belirlenmiş ve analizler her iki tabakalanma türü için bu dolgu geometrisi ile devam ettirilmiştir.
2. Temel zemini profilinde dolgu altındaki tabakanın yeterli kalınlıkta sert bir tabaka olması veya kabuk tabakası bulunması durumunda kabuk tabakası kendisi fazla deforme olmayarak gerilmelerin alt tabakaya aktarılmasına sebep olmaktadır. Hâlbuki üstte yumuşak zemin varsa gerilmeler öncelikle yumuşak tabaka içerisindeki deforme ve deplasmanlarla absorbe edilmektedir.
3. Eski dolgu şevinde kazı yapılması durumunda üstte kabuk bulunan profilde güvenlik sayısı azalması çok daha fazla miktarda ve hızlı olarak gerçekleşmektedir. Aynı durumda kazı kademesini takiben topuğa yapılan dolgu bu tür zemin ortamında güvenlik sayısını hızla arttırmaktadır.
4. Analiz sonuçları üst tabakanın sert olduğu ve altta yumuşak zemin bulunan profilde toplam deformasyonların çok daha büyük olduğunu göstermektedir. Bu da altta bulunan kalın ve yumuşak zemin tabakasının deformasyon yeteneğinin büyüklüğünün sonucu olarak beklenen bir davranıştır.
5. Seçilen dolgu genişletme süreç programının genişletilmiş dolgunun uzun süreli stabilitesinin sağlanması için gereken süreler üzerinde dikkate değer etkisi bulunmaktadır.
6. Dolgu genişletme çalışmaları sırasında temel zemininde ve dolguda oluşan gerilme ve deformasyon ortamı dolgu yapım ve konsolidasyon süreci boyunca değişik aşamalarda farklılıklar gösterir. Gerilme-deformasyon ortamındaki bu değişim süreci aynı zamanda zemin tabakalanma özellikleri ve yapım sürecinden büyük ölçüde etkilenmektedir.
7. Konsolidasyon sürelerinde yapılacak bir azaltma ile sistem stabilitesi bozulabilmektedir. Bu durum özellikle üst tabakanın yumuşak olduğu zemin profillerinde daha büyük önem kazanmaktadır.

Kaynaklar

[1] Yang, L., Shan, W., "Stability Finite Element Analysis in The Process of one Side Widened Embankment Construction", ICCTP 2010: Integrated Transportation Systems, ASCE, 2010.

[2] Karayolları Teknik Şartnamesi, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara, 2006.

[3] Bowles, J.E., "Foundation Analysis and Design, 5th edition, McGraham Hill, 1996.

[4] Sivrikaya, O., Toğrol, E., "Arazi Deneyleri ve Geoteknik Tasarımda Kullanımları", Birsen Yayınevi, İstanbul, 2009.

[5] Ludlow, S.J., Chen, W.F., Bourdeau, P.L., Lovell, C.W., "Embankment Widening and Grade Raising on Soft Foundation Soils", Phase 2, Research Project Final Report: Joint Highway Research Project, Purdue University, 1993.

3. Köprüler Viyadükler Sempozyumu

8-10 Mayıs 2015, Bursa

Köprülerin tarihi insanlık tarihi kadar eskidir. Ülkemizde de eski uygarlıkların izlerini taşıyan tarihi köprülerimiz bulunmaktadır. Tarihi köprülerin gelecek nesillere aktarılması bir insanlık görevidir. Tarihi köprülere uygulanacak restorasyon işlemlerinin irdelenmesi ve tartışılması bu yapıların özgünlüklerini korumaları açısından büyük önem arz etmektedir. Diğer köprüler ve viyadükler ise günümüzde çok önemli bir ihtiyacı yerine getiren mühendislik yapılarıdır.

Bilim ve teknolojideki gelişmeler, köprü tasarımında ve yapılmasında uygulanacak teknolojilerde beklentileri de artırmaktadır. İnşaat mühendislerine düşen önemli görevlerden biri de bu beklentilere cevap vermektir. Ülkemizdeki ve yurtdışındaki köprü uygulamalarının konunun uzmanları tarafından meslektaşlarımızın bulunduğu ortamda tartışılması ve irdelenmesi mesleki bilgi birikimi ve gelişimi açısından yararlı olacaktır.

Belirtilen nedenlerle bu sempozyumun temel amacı; akademisyen, uzman ve uygulayıcılarımızı bir araya getirerek köprü tasarım, hesap ve yapımı kapsamında yer alan konularla ilgili gelişmeler ve ortaya çıkan sorunların çözümüne yönelik önerilerin paylaşılmasına zemin hazırlamaktır.

Bu amaçla TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 3. Köprüler Viyadükler Sempozyumunu Bursa Şube yürütücülüğünde 08-09-10 Mayıs 2015 tarihlerinde Bursa'da gerçekleştirecektir.

Sempozyum Konuları

- Özel ve Büyük Açıklıklı Köprüler
- Köprü Tasarımı
- Köprü Mesnet ve Derzleri
- Tarihi Köprüler
- Köprü Bakım ve Muayene
- Hızlı Tren Köprüleri
- Köprü Deprem Tasarımı
- Köprü ve Çevre
- Davranış İzleme

Sempozyum Sekreteryası

İnşaat Mühendisleri Odası Bursa Şubesi
BAOB Yerleşkesi Odunluk Mh. Akademi Cd. No:8/A-1 Nilüfer/Bursa
Tel: 0.224.452 94 00 - Faks: 0.224.452 95 00
E-posta: koprulerviyadukler@gmail.com - www.koprulerviyadukler.org

8. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı

11-14 Mayıs 2015, İstanbul

Amaç

Ülkemiz, bulunmuş olduğu coğrafya nedeniyle deprem tehlikesi altında bulunmaktadır. Bu tehlikeye karşı gerekli önlemler alınmadığı için zaman zaman yaşadığımız depremler birer afete dönüşmektedir. Deprem tehlikesi altında bulunan tüm ülkelere baktığımızda depremi afete dönüştüren ülkelerin başında gelmekteyiz. Özellikle son yıllarda daha da artan Deprem Mühendisliği konusunda yürütülmekte olan araştırma ve uygulama çalışmaları ülkemizi bilgi birikimi bakımından uluslararası ölçekte ön sıralara taşımıştır.

11-14 Mayıs 2015 tarihinde düzenleyeceğimiz 8. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı gerek ülkemiz, gerekse deprem yaşayan diğer ülkeler bakımından büyük bir öneme sahiptir. Bir yandan yeni yapı sistemlerinin tasarımı diğer yandan mevcut yapıların onarım ve güçlendirilmesi, Deprem Mühendisliği ışığında tartışılarak yararlı ve yeni bulguların uygulamaya aktarılması yerinde olacaktır. Bu kapsamda deprem hasarını en aza indirmek için çalışmalar yapılırken, afet yönetimi üzerine yapılan çalışmaların güncellenmesine katkı yapmak gerekmektedir. Deprem Mühendisliği Konferansı aracılığı ile akademisyenler ve uygulama alanında çalışan meslek insanları arasında bir köprünün kurulması; araştırma ve uygulamanın birlikte yürütülmesi ve depremlere karşı daha güvenli bir yapı stokunun ortaya çıkarılması da hedeflenmektedir.

Ayrıca; ülkemizde yürütülmekte olan Deprem Yönetmeliğinin güncellenmesi çalışmalarına da8. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı`nda önemli ölçüde yer verilmesi düşünülmektedir.

Konferans Konuları

- Deprem Tehlikesi ve Senaryoları,
- Deprem Yer Hareketi,
- Yerel Koşulların Etkisi ve Mikrobölgeleme,
- Geoteknik Deprem Mühendisliği,
- Yapısal Deprem Mühendisliği,
- Yapı-Zemin Etkileşimi,
- Yapı Eleman ve Sistemlerinin Analizi,
- Deneysel Çalışmalar,
- Deprem Yönetmelikleri,
- Performansa Göre Tasarım,
- Yapıların Depreme Karşı Güçlendirmesi,
- Aktif ve Pasif Yalıtım,
- Tarihi Yapılar ve Kültürel Miras,
- Altyapı ve Temel Sistemleri,
- Kent ve Bölge Planlaması,
- Afet Yönetimi.

Konferans Sekreteryası

TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi

Kemankeş Mah. Mumhane Cad. No:21 Karaköy / İstanbul

Tel: 0.212.293 20 00 - Faks: 0.212.232 09 12

www.istanbul.imo.org.tr

11. Ulaştırma Kongresi

27-29 Mayıs 2015, İstanbul

Giriş

11. Ulaştırma Kongresi TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi tarafından 27-29 Mayıs 2015 tarihinde gerçekleştirilecektir. Bu kongrede çok yönlü, çok sorunlu ve çok disiplinli yapısının gereği olarak, ulaştırmanın teknik ve ekonomik boyutlarına ek olarak sosyolojik, psikolojik, çevre ve insana dair tüm boyutlarıyla, bütünlük içinde ele alınmasını sağlamaya çalışmaktayız. Son zamanlarda yaşananlar, konunun hukuk boyutunun önemini ve çalışmalarımızın bu boyutu da kapsaması gereğini ortaya çıkarmıştır. Sonuç olarak, ulaştırmanın yalnız mühendislik açısından değil tüm yönleriyle kavranmasına olanak verecek katılım ve katkıları önemsiyoruz.

Kongrede her zaman, dönemin koşullarına göre belli konular üzerinde yoğunlaşılarak, ülke sorunlarının ve geliştirilen çözüm önerilerinin bilimsel yaklaşımlarla tartışılmasına ve uygulama için yol gösterici sonuçlar çıkarılmasına önem verilmektedir. Bu bağlamda, İstanbul'un geleceğini kararacak çılgın projeler dönemi yaşanırken, ulaştırmanın ve dolayısıyla ulaştırma kararlarının ekonomiye, doğaya, çevreye, kente ve ülkeye etkileri konusunda toplumun bilinçlendirilmesi -Ulaştırma Kararlarına Halkın Katılımı ve Yöntemleri- konusunun 11. Kongre'nin temel hedeflerinden biri olacaktır. Bilim insanlarını ve uzmanları bu konu üzerine eğilmeye davet ediyoruz. Başlangıçtan beri, bu kongrenin uluslararası düzeyde nitelikli bilimsel çalışmalar için de bir platform olması amacı önemsenmiştir. Bu tür bilimsel çalışmalarla ilgili duyarlılığımızı ve beklentilerimizi bir kez daha vurgulamak istiyoruz.

Kongre Konuları

- Planlı gelişme koşullarının ekonomik, toplumsal, siyasal ve kültürel boyutlarıyla çözümlenmesi
- Yanlış yatırımların kaynak israfı, doğa ve çevreye zararları, toplumsal ve ekonomik olumsuz etkileri gibi sonuçlarının irdelenmesi
- Kentsel ulaştırmada toplu taşıma ağlarının, durak ve istasyonlara erişimin ve taşıma türleri arasındaki aktarmaların, zaman ve fiyat tarifelerinin eşgüdüm ve bütünlüğünün sağlanması
- Kentsel raylı sistem için en uygun ağ ve hat yapım önceliklerinin belirlenmesi
- Karayolu tünelleri ve özellikle kentiçi tünellerin işletme güvenliği ve diğer sorunlarının incelenmesi
- Kent içinde bisiklet kullanımı ve yaya ulaşımı koşullarının iyileştirilmesi
- Engelli, yaşlı ve çocuklu yolcular için ulaşımın kolaylaştırılması
- Yüksek hızlı demiryolu için politika, planlama, tasarım ve yapım sorunlarının ülkemizdeki uygulamalar bağlamında değerlendirilmesi
- Trafik kazalarının nedenleri ve kazaların azaltılması için etkin önlemler ve sonuçlarının açıklanması

Kongre Sekreteryası

TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi

Kemankeş Mah. Mumhane Cad. No:21 Karaköy / İstanbul

Tel: 0.212.293 20 00 - Faks: 0.212.232 09 12

www.istanbul.imo.org.tr

TÜRKİYE HAZIR BETON BİRLİĞİ

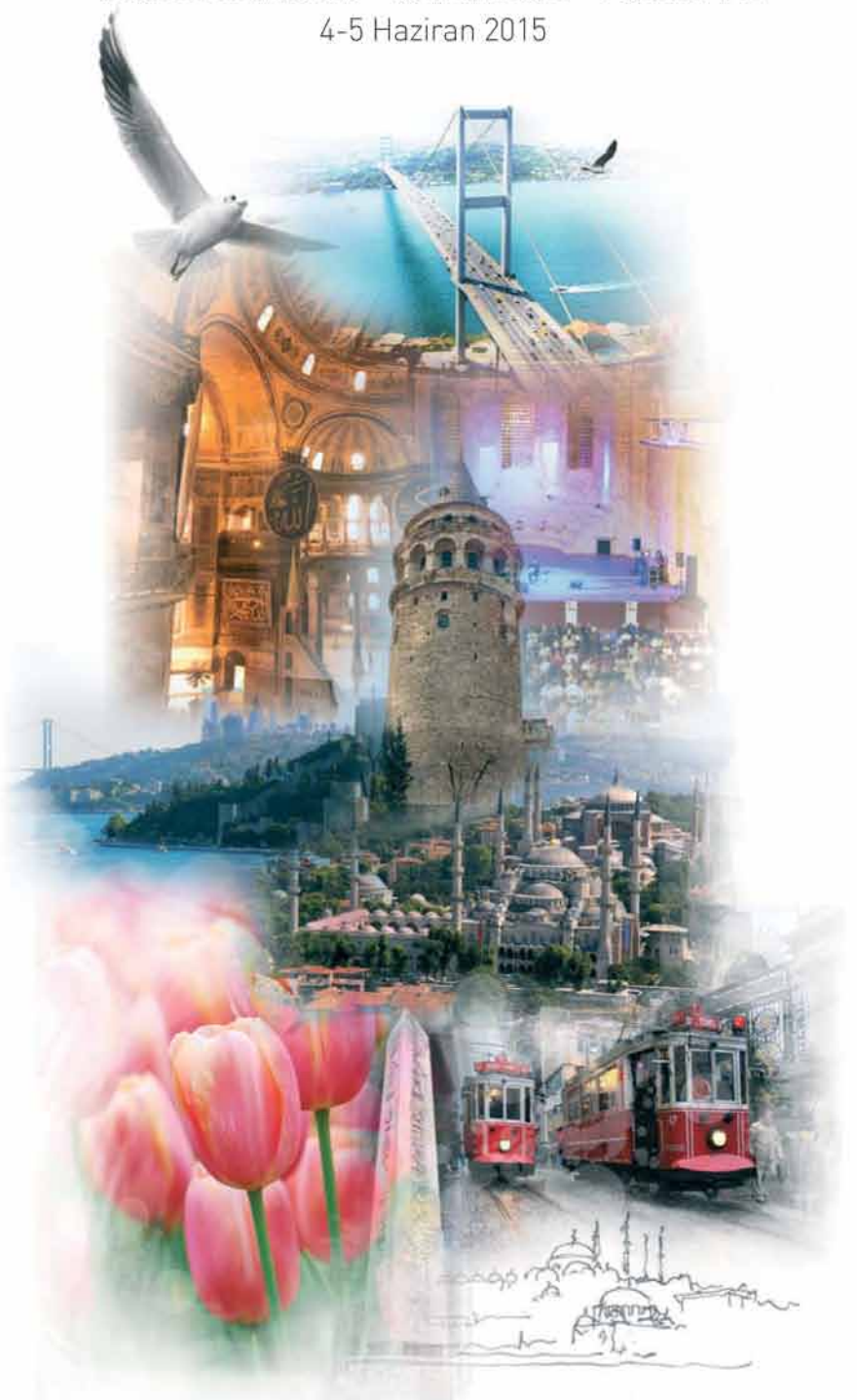
ERMCO

EUROPEAN READY MIXED CONCRETE ORGANIZATION

XVII. ERMCO KONGRESİ

ASKERİ MÜZE • İSTANBUL • TÜRKİYE

4-5 Haziran 2015



ANA SPONSOR

IMER GROUP

RESMİ SPONSORLAR

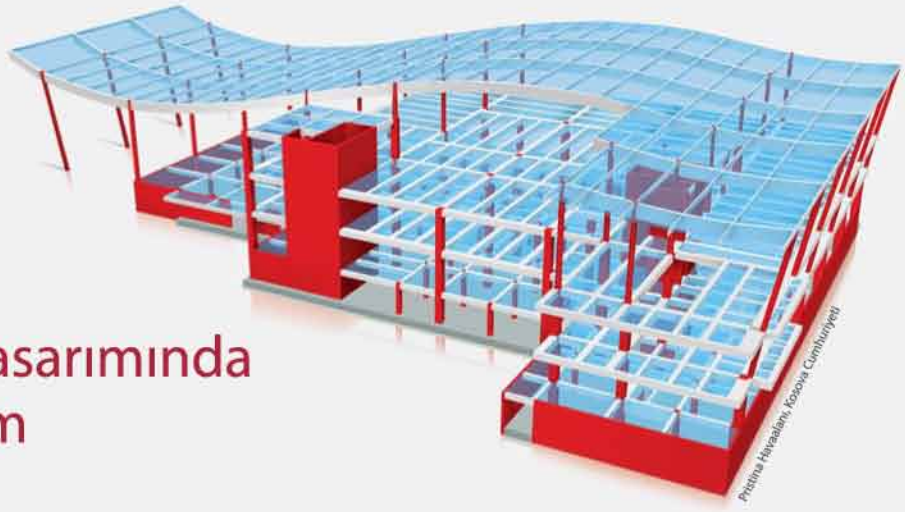
BASF

CHRYSO www.chryso.com

JUNJIN

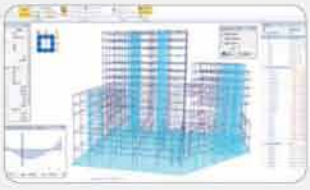
KOLUMAN

probina
orion
Bina Tasarım Sistemi 2013

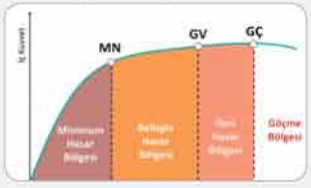


Profesyonel Yapı Tasarımında En Güvenilir Çözüm

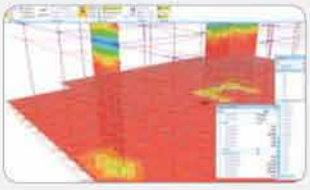
Uluslararası Standartta Güvenilir Analitik Model



Kentsel Dönüşüm için Riskli Bina Tespit ve Güçlendirme

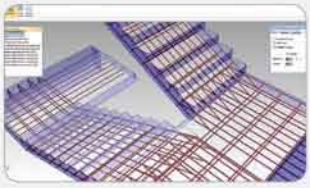


Zemin-Yapı Etkileşimi

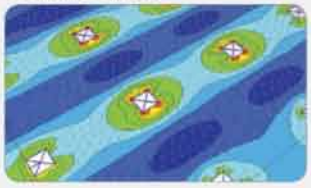


Kapsamlı, Hızlı ve Esnek Modelleme

Tam Etkileşimli Betonarme Eleman Tasarımı



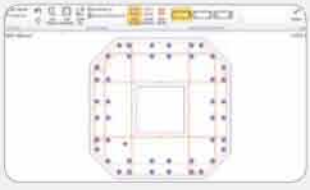
Detaylı ve Ekonomik Temel Hesapları



Yaygın Kullanım ve Kapsamlı Yönetmelik Desteği

ProCAD ile Profesyonel Detay Çizimleri ve Metraj

Yeni Kolon Donatılandırma Editörü



Sektörde Bir İlk: Mobil ve Web Uygulaması

ek olarak...

- **Revit Structure ile İki Yönlü BIM** Model Paylaşımı,
- **Dilatasyonlu Bloklarda Ortak Temel** Tasarımı,
- Katlarda Düz ve Eğimli **Tek Diyaframlı/Farklı Diyaframlı/Diyaframsız** Analiz,
- **Deprem İzolatörlü** Bina Tasarımı,
- Tünel Kalıp Sistemler ve Hasır Çelik Kullanımı,
- Tekil, Sürekli, Radye ve Kazıklı Temeller,
- Detaylı ve Güvenilir **SAP2000™ ve ETABS™** Veri Transferi
- **Kirişlerde Otomatik Donatı Tipleştirme** ve Kiriş Aksı Editörü,
- **İnşaat Aşamaları Analizi** ve **Düzgün/Değişken Isı Farkı** Yüklemeleri,
- Düşey Elemanlara **Hidrostatik Yük ve Zemin İtkisi** tanımlanabilmesi,
- Döşeme ve Temel Sistemlerinin **Analitik ve Sonlu Elemanlar** Çözümü...

Neden Probina Orion?

Güçlü Yazılım Altyapısı ve 30 Yıllık Mühendislik Tecrübesi,
Kaliteli Teknik Destek, Danışmanlık ve **Kapsamlı Dokümantasyon**,
Ücretsiz Ara Versiyonlar ve Servis Paketleri,
30 Günlük Deneme Sürümü ve **Ücretsiz Öğrenci Versiyonu**,
Yeni Lisanslarda **1 Yıl Süreyle Tüm Versiyonlara Ücretsiz Güncelleme**,
Çoklu Lisanslara ve Diğer Program Kullanıcılarına Avantajlı Fiyatlar,
Kredi Kartına **Vade Farksız Taksit** İmkanı

ve çok daha fazlası için...
probina.com.tr

PROTA
Geleceği Güçlendirin!

prota.com.tr
(312) 490 52 25 · (212) 258 68 63

Yetkili Satıcılar

Adana	: Küçükcan (342) 335 20 93	Bursa	: Ün-Yapı (224) 240 14 60	Isparta	: Öktem (532) 565 14 33
Amasya	: Teknik (358) 218 71 71	Çanakkale	: Akın (286) 213 45 68	İzmir	: Şirin (232) 244 33 36
Antalya	: Cenani (242) 311 56 57	Denizli	: Tempo (258) 263 80 27	Karaman	: Temelli (332) 355 24 15
Aydın	: Olcum (532) 690 37 25	Diyarbakır	: Arşın (532) 227 85 47	Konya	: Temelli (332) 355 24 15
Balıkesir	: İmta (266) 243 07 16	Elazığ	: Vessam (424) 255 52 60	KKTC	: Tozan (533) 860 16 08
Bolu	: Artı (374) 215 63 74	Eskişehir	: Alpro (222) 231 76 14	Sivas	: Aslı Yapı (346) 221 39 00
Burdur	: Öktem (532) 565 14 33	Gaziantep	: Küçükcan (342) 335 20 93	Trabzon	: Fen (462) 323 23 84

AUTODESK. Gold Partner · AUTODESK. Authorised Training Centre · STUDIO ARS · CGS · Adobe · Microsoft

Probina Orion, Prota Yazılım A.Ş. tarafından geliştirilmektedir. Yazılımın tüm hakları Prota Yazılım A.Ş.'ne aittir. © 2013