

İSTANBUL'UN AVRUPA YAKASINDAKİ ZEMİN VE KAYA KOŞULLARININ BİNA TEMELLERİNE ETKİSİ

The Effect of Soil and Rock Conditions on Construction Foundation on the European Side of Istanbul

Süleyman DALGIÇ¹, Mehmet TURGUT¹, İbrahim KUŞKU¹, Çağdaş COŞKUN², Turgay
COŞGUN³

ÖZET

İstanbul'un Avrupa yakasında son on yılda bina temellerinde karşılaşılan uygun olmayan zemin ve kaya koşullarından dolayı yaklaşık 300 kadar can kaybı olmuş ve önemli maddi hasarlar ortaya çıkmıştır. İstanbul'da bina temellerine etki eden başlıca olumsuz koşulların, zemin büyütmesi, sel, heyelan, fay, ayrışma, karstik boşluklar, yetersiz taşıma gücü, oturma, şişme sorunları ile bina temel kazısı, taş ocağı kazısı, metro kazılarında kaynaklanan sorunlar olduğu belirlenmiştir. Bu olaylarda başlıca depremsellik, sel, heyelan, taş ocağı işletmeciliği, metro kazıları ölümlere, diğer olaylar ise maddi hasarlara neden olmuştur.

İstanbul'un Avrupa yakasında başlıca Karbonifer, Eosen, Oligosen, Miyosen ve Kuvaterner yaşlı çökel kayaları ile kıyı şeridinde yakın alanlarda dolgu malzemesi bulunmaktadır. Bu jeolojik istifte Karbonifer çökellerinde ayrışma, süreksizlik özellikleri ve dayklar jeolojik sorunlar yaratmaktadır. Eosen yaşlı Kırklareli formasyonunda karstik boşluklar, Oligosen çökellerine ait Gürpınar formasyonuna ait killi düzeylerde heyelan olayları, Miyosen yaşlı Güngören formasyonundaki killi, siltli kum mercekli düzeylerde depremde zemin büyütmesi, farklı oturmalar ve şişmeler, Kuvaterner çökellerine ait alüvyon, haliç ve dolgu malzemesinde yetersiz taşıma gücü ve oturma sorunu olan zeminler bulunmaktadır. Dere yataklarının da kontrolsüz şekilde doldurulması ile de sel olayları yaşanmıştır. İstanbul'un Avrupa yakasında saptanan bu doğal olayların yanı sıra kazılardan (temel kazısı, tünel kazısı, taş ocağı) kaynaklanan jeoteknik sorunlarda bulunmaktadır.

ABSTRACT

In the last decade, as a result unsuitable ground of conditions of foundation was about 300 people died and significant material damage emerged on the European side of Istanbul. Among the causes adversely affecting the building foundations, ground conditions, earthquakes, streams, landslides, decomposition, karsts pits, deficient bearing capacity, swelling and settlement troubles have been identified. In addition to these, troubles have arised from foundation excavations, quarry cuttings and metro diggings. In these case earthquakes, floods, quarry, tunnel excavations and landslides have caused deaths. The rest events have induced material damage.

Sedimentary rocks of such as Carboniferous, Eocene, Oligocene, Miocene and Quaternary occur mainly as a basement mainly place on the European side of Istanbul. On the other hand, areas closer to the shoreline have thick filling material. There, formations cause different problems. For instance, weathering, discontinuities and dykes on the Carboniferous rocks make some geological difficulties. Besides, Eocene aged Kırklareli formation has karst cavity zones, Oligocene aged Gürpınar formation induce sliding events in clayey layers, the Miocene aged Güngören formation has clayey silty sand lenses resulting in soil amplification during on earthquake, swelling and differential settlements, and Quaternary sediments, such as alluvium, filings and estuaries having insufficient bearing capacity and subsidence problems. Floods have been causes by uncontrolled filling of the stream beds. In addition to these inartificial causes other geotechnical problems arise from foundation excavations, quarry cuttings and metro diggings.

GİRİŞ

¹ İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34850 Avcılar, İstanbul

² İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 34452 Vezneciler, İstanbul

³ İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 34850 Avcılar, İstanbul

Afetler genel olarak doğal afetler ve teknolojik afetler olarak iki şekilde sınıflandırılabilir. Doğal afetlerde kendi içerisinde iki kısımda incelenebilir. Bunlar jeolojik afetler (deprem, heyelan, kaya düşmesi, tsunami, volkanik patlama vb.) ve meteorolojik (kasırga, kuraklık, su baskını, çığ düşmesi) afetlerdir. Teknolojik afetler ise nükleer, kimyasal, yangınlar, barajların yıkılması, temel kazısı, tünel kazısı, taş ocağı işletmesi ve benzeri olaylardır.

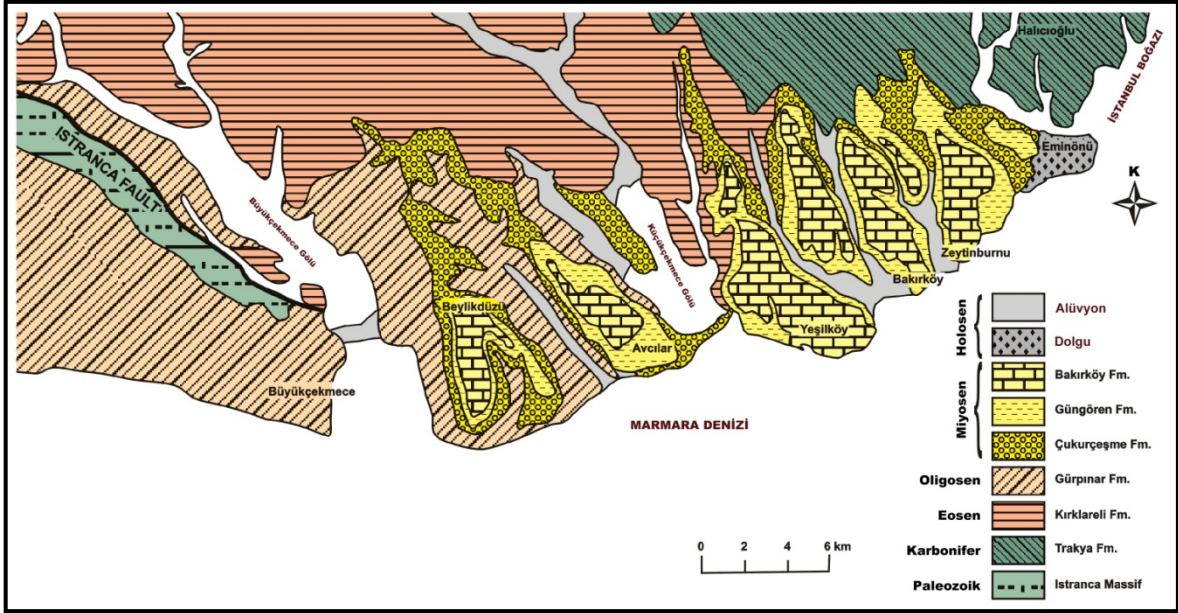
İstanbul'un Avrupa yakasında jeolojik ve meteorolojik afetlerin yanı sıra teknolojik afetler ile de karşılaşmaktadır. Bu sorunları incelemek amacı ile İnceleme alanının doğusunda İstanbul boğazı, batısında Büyükçekmece gölleri, güneyinde Marmara denizi arasındaki alan incelenmiştir.

Çalışmalarda saha gözlemlerinin yanı sıra, olumsuz zemin koşullarının olduğu bölgelerde çok sayıda araştırma sondajı ve laboratuvar verisinden yararlanılmıştır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda İstanbul'da bina temellerine etki eden başlıca olumsuz zemin koşullarının deprensellik, sel, heyelan, ayrışma, karstik boşluklar, yetersiz taşıma gücü, oturma, şişme ve bina temel kazısı, taş ocağı işletmesi, İstanbul metrosu kazılardan kaynaklanan sorunlar olduğu belirlenmiştir. Bu olaylara bağlı olarak da 17 Ağustos 1999 Gölçük depreminde İstanbul'un Avcılar ilçesinde 246 kişi, 7 ve 8 Eylül 2009 tarihinde Selimpaşa, Çatalca ve Küçükçekmece de 31 kişi, Cebeciköy taş ocağındaki kayma sonucu 4 kişi ve İstanbul metrosu Yenikapı kazısı sırasında 6 kişi yaşamını yitirmiştir.

JEOLOJİ

İstanbul'un Avrupa yakasında yaygın olarak, kireçtaşı mercekli, andezit ve diyabaz daykları ile kesilmiş kumtaşı, silttaşı ve kiltaşından oluşan Karbonifer yaşlı Trakya formasyonu bulunmaktadır (Şekil 1 ve Şekil 2). Trakya formasyonu yoğun tektonizma olaylarından etkilenmiş, birkaç metrede bir değişik doğrultulu fay, kıvrım, kırık ve eklem sistemlerine sahiptir. Trakya formasyonunun ilk 15-20 metresi ayrışmış, orta ayrışmış kaya özelliğindedir. Daha alt kesimlerde ise gri-mavi renkli ayrışmamış kaya özelliğindedir ve bölgesel verilere Trakya formasyonunun kalınlığı 1000 metreden fazladır. Bu formasyon üzerine, yaklaşık kalınlığı 150 m olan açısız diskordansla, Eosen yaşlı, orta, yer yer kalın tabakalı, mikritik, karstik boşluklu, bol fosilli, kireçtaşı, marn ve karbonatlı kiltaşından oluşan Kırklareli formasyonu gelmektedir. Bu formasyon üzerinde, 700 metreden daha kalın, Oligosen yaşlı, sıkı kum-kumtaşı mercekli sert kil-kiltaşından oluşan Gürpınar formasyonu bulunmaktadır. Gürpınar Formasyonunun daha üstünde Miyosen yaşlı çökel birimleri bulunmaktadır. Miyosen yaşlı ilk birim Çukurçeşme Formasyonudur. Bu formasyon, yaklaşık 25 m kalınlıkta az tutturulmuş veya tutturulmamış çakıllı kum tabakaları ile arada kil tabakaları veya mercerklerinden oluşmaktadır. Bu birimin üstünde geçişli olarak Güngören Formasyonu, yeşilimsi gri, açık kahve renkli, ince kum mercerkleri bulunan kil tabakalarından oluşur. Miyosen istifinde ayırt edilen en üst birim ise 20 m kalınlıktaki Bakırköy Formasyonudur. Bakırköy Formasyonu başlıca, beyaz, ince-orta tabakalı, arada yeşilimsi gri kil, marn ve kireçtaşından oluşur. Bu birimler üzerinde alüvyon ve haliç çökelleri yer alır. Alüvyon çökelleri başlıca sarı kahve renkli kum ve siltli killerden oluşmaktadır. Haliç çökelleri ise kalınlığı 35 metre dolayında olan, durgun ortamda çökelen siltli kil çökellerinden oluşmaktadır. Bu çökeller üzerinde de İstanbul da eski yerleşim yerlerinde bulunan antik dolgu ve yeni yerleşim yerlerindeki güncel dolgu malzemeleri 30 metreye kadar ulaşmaktadır.

Trakya formasyonunu açısız diskordansla örten Eosen, Oligosen ve Miyosen istifleri yataya yakındır ve bu istiflerde genellikle epirojenik hareketler etkili olmuştur. Bu epirojenik hareketlere bağlı olarak da İstanbul ve yakın çevresinde, uzay görüntüleri ve hava fotoğraflarında dik açılı bir lineasyon örneği dikkati çekmektedir. Jeomorfolojik unsurlarda görülen KD - GB veya KB - GD doğrultulu lineasyonların başlıca eklem takımları, fay ve makaslama gibi yapısal unsurların denetiminde olduğu anlaşılmaktadır (Eroskay ve Kale, 1986).



Şekil 1. İstanbul'un batı yakasının genel jeoloji haritası (Arıç, 1955; Yalçınlar, 1976; Oktay ve Eren, 1999; Dalgıç,2004)

Figure 1. Geological map of the west side of Istanbul (Arıç, 1955; Yalçınlar, 1976; Oktay ve Eren, 1999; Dalgıç,2004)

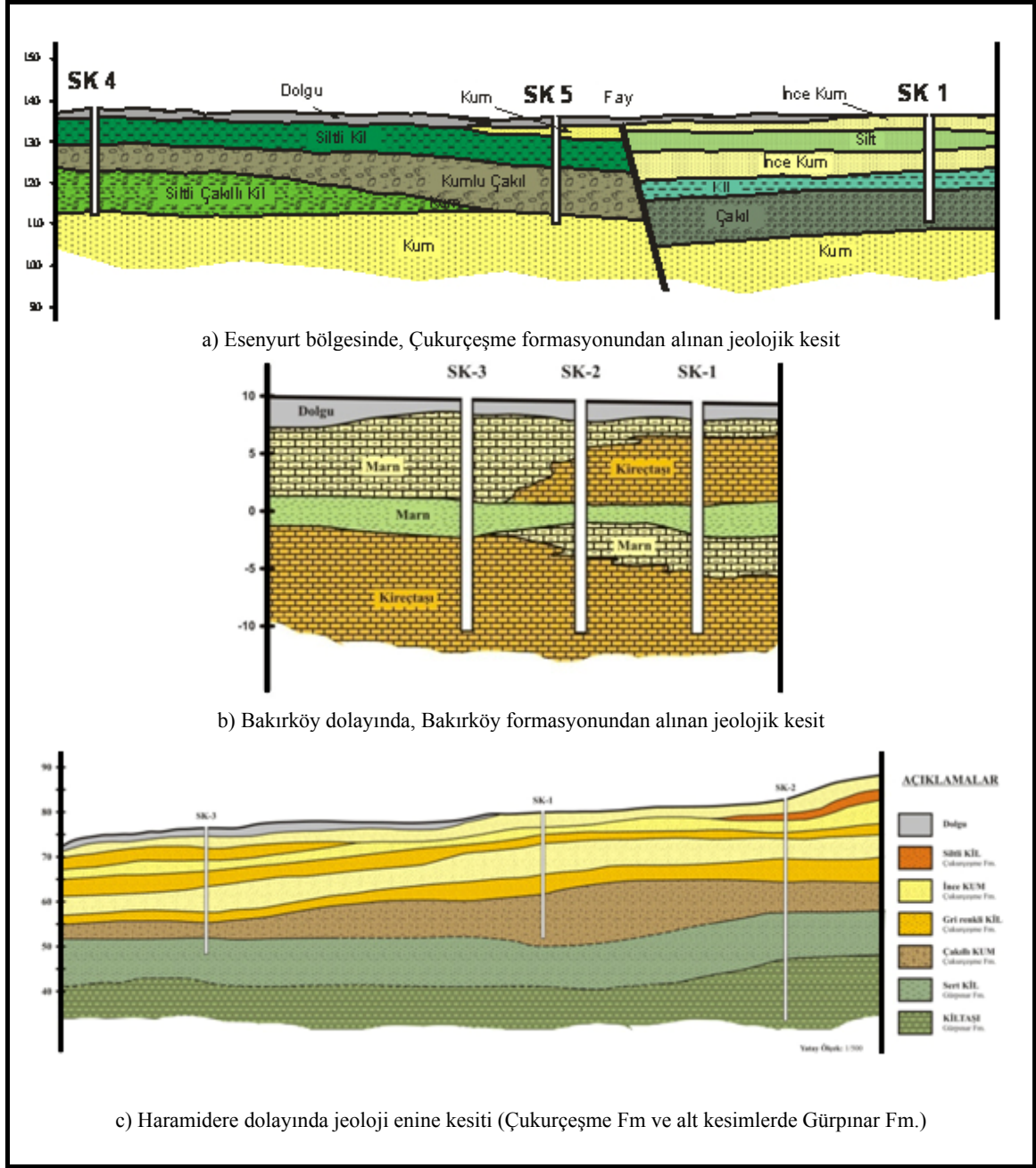
YERALTI SUYU DURUMU

Trakya formasyonu ve Bakırköy formasyonu kırıklı akifer, Çukurçeşme formasyonu taneli akifer ve Kırklareli formasyonu karstik akifer özelliğindedir. Gürpınar formasyonu ve Güngören formasyonuna ait killer geçirimsiz olarak kabul edilebilir. Gürpınar formasyonun çakıllı ve kumlu düzeyleri ile Çukurçeşme formasyonun kumlu çakıllı düzeyleri akifer özelliğindedir. Ancak, Gürpınar formasyonun kum ve çakıl düzeylerinin kalın kil ile aralanmalı oluşu ve Çukurçeşme formasyonun kalınlığının az olması ve yerleşim alanları içerisinde kalmasından dolayı beslenme koşulları azalmaktadır.

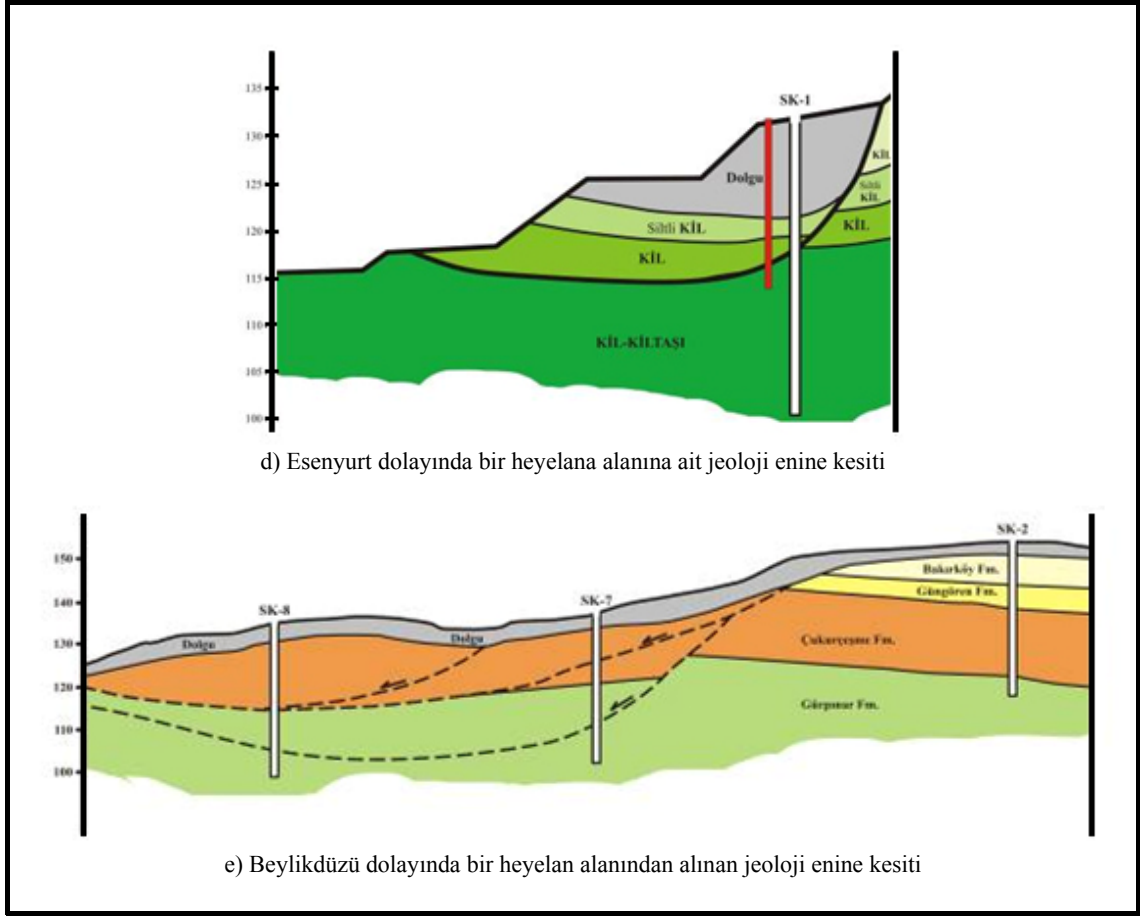
LABORATUAR VERİLERİ

Çalışmada, İstanbul'un Avrupa yakasında Kırklareli formasyonu, Gürpınar formasyonu, Çukurçeşme Formasyonu, Güngören formasyonu, Bakırköy formasyonu ve Alüvyona ait toplam 655 örnek üzerinde yapılmış olan fiziksel ve mekanik deneylerden yararlanılmıştır (Çizelge 1). Örneklerin dane boyu dağılımlarına bakıldığında, Gürpınar formasyonu, Güngören formasyonu ve Bakırköy formasyonunun kireçtaşı ile aralanmalı olarak bulunan ara seviyeleri sırasıyla %64.67, %73.75 ve %92.59 oranda kil-silt boyu malzemeden oluşmaktadır (Çizelge 2). Çukurçeşme formasyonunun %49.49'u, Alüvyon biriminin %53.33'ü kum boyu malzeme olarak bulunmaktadır.

Çalışmada değerlendirilen 313 adet atterberg limitleri ve 304 adet elek analizi deneylerine göre, tüm formasyonların %57.51'i yüksek plastisiteli, %23.53'ü çok yüksek plastisiteli ve %47.20'si katı kıvamlıdır (Çizelge 3, Çizelge 4). Gürpınar formasyonu, Çukurçeşme formasyonu ve Bakırköy formasyonu kireçtaşı ara seviyelerinde bulunan kohezyonlu örnekler ayrıca incelendiğinde birbirine çok yakın yüzdeler ile katı – çok katı kıvamlı olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 2. Çalışma alanında farklı bölgelerden temsilci jeoloji enine kesitleri
Figure 2. Representative geological cross-sections of the study area



Şekil 2. Çalışma alanında farklı bölgelerden temsilci jeoloji enine kesitleri (devamı)

Figure 2. Representative geological cross-sections of the study area

Laboratuar verileri kapsamında değerlendirilen toplam 148 adet serbest basınç deneyi sonucuna göre yapılan sınıflamada, Gürpınar formasyonu ve Güngören formasyonlarında sırasıyla %1.61 ve %1.69 oranda çok yumuşak sınıfta litolojiler bulunmaktadır. Gürpınar formasyonunun %46.77'si ve Bakırköy formasyonunun %40.00'ü sert, Çukurçeşme formasyonunun tümü çok katı, Güngören formasyonunun %64.41'i katı kıvamlıdır (Çizelge 5).

Değerlendirmede kullanılan 139 adet direk kesme ve üç eksenli basınç deneyi ile belirlenmiş olan kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri formasyonlar bazında yayılımlarına bakıldığında dağınık bir alanda bulunduğu ve derinliklere bağlı çok farklı değerler ortaya koyduğu görülmektedir (Şekil 3, Şekil 4). Bu değerler derinlikle birlikte değerlendirildiğinde anlamlı bir bağıntıya ulaşılamamıştır. Bu nedenle parsel bazı zemin etütlerle zemin özelliklerinin belirlenmesi önem kazanmaktadır.

Çizelge 1. Değerlendirmede kullanılan örnek ve laboratuvar deney sayıları
Table 1. Number of samples and laboratory tests used in the assessment

Formasyon	Örnek Sayısı	Su İçeriği	Doğal B.H.A.	Kuru B.H.A.	Attarberg Limitleri	Elek Analizi	Serbest Basınç	Direk Kesme Ve Üç Eksenli Basınç	Şişme Yüzdesi	Şişme Basıncı	Nokta Yükleme
Kırklareli	9	3	4	3	1		3	1			5
Gürpınar	215	134	89	21	119	104	62	42	0	1	85
Çukurçeşme	115	77	17	0	66	74	6	19	2	2	33
Güngören	208	157	115	81	93	97	59	48	4	4	62
Bakırköy	79	43	16	5	27	20	15	17			22
Alüvyon	29	12	15	10	7	9	3	12	0	0	0
TOPLAM	655	426	256	120	313	304	148	139	6	7	207

Çizelge 2. Zemin örneklerinin dane boyu dağılımları
Table 2. Grain size distributions for soil samples

Formasyon	%		
	Çakıl	Kum	Silt - Kil
Gürpınar	0.00	23.35	64.67
Çukurçeşme	2.02	49.49	48.48
Güngören	0.83	25.62	73.55
Bakırköy	0.00	7.41	92.59
Alüvyon	0.00	53.33	46.67
Tüm Örnekler	0.57	31.84	65.19

Çizelge 3. Formasyonlara ait kil örneklerinin plastisite derecesi oranları
Table 3. Degree of plasticity for clay samples

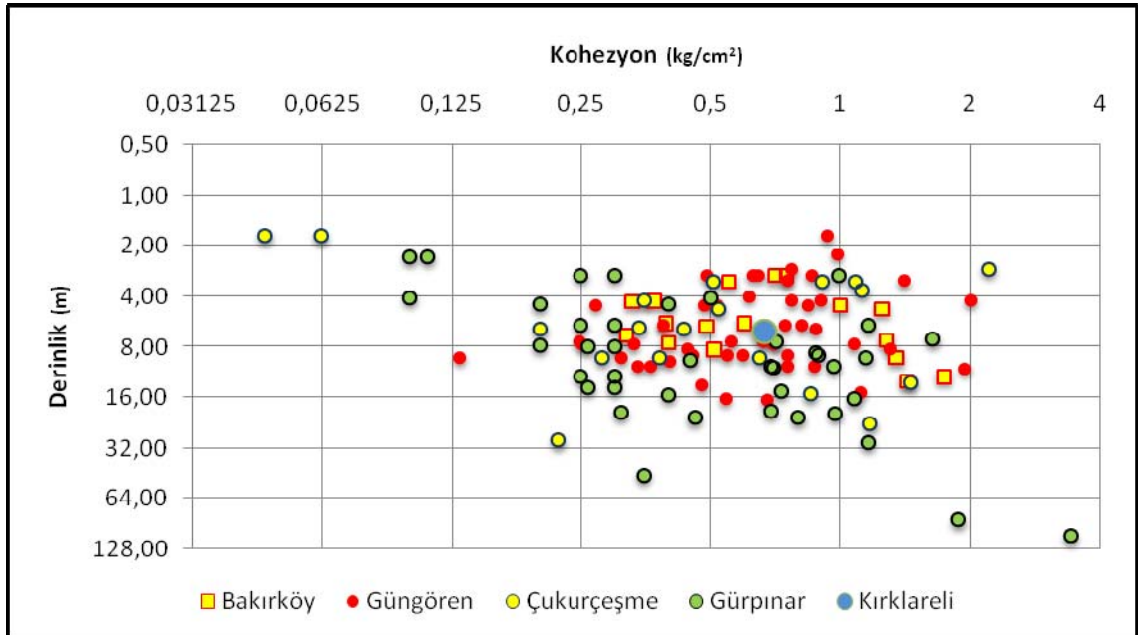
Formasyon	En Büyük Ip (%)	En Küçük Ip (%)	Plastik Değil (%)	Önemsiz Derecede Plastisiteli (%)	Düşük Plastisiteli (%)	Orta Plastisiteli (%)	Yüksek Plastisiteli (%)	Çok Yüksek Plastisiteli (%)
Gürpınar	67.48	11.55	0.00	0.00	1.68	13.45	47.90	36.97
Çukurçeşme	59.00	6.44	0.00	0.00	4.55	27.27	50.00	18.18
Güngören	58.00	12.70	0.00	0.00	1.08	13.98	48.39	36.56
Bakırköy	50.75	9.20	0.00	0.00	7.41	11.11	55.56	25.93
Alüvyon	34.00	20.40	0.00	0.00	0.00	14.29	85.71	0.00
Tüm Örnekler	67.48	6.44	0.00	0.00	2.94	16.02	57.51	23.53

Çizelge 4. Kohezyonlu örneklerin kıvamlilik indeksi (Ic) sınıflamasındaki yüzdeleri
Table 4. Consistency index (Ic) classification percentages of cohesive samples

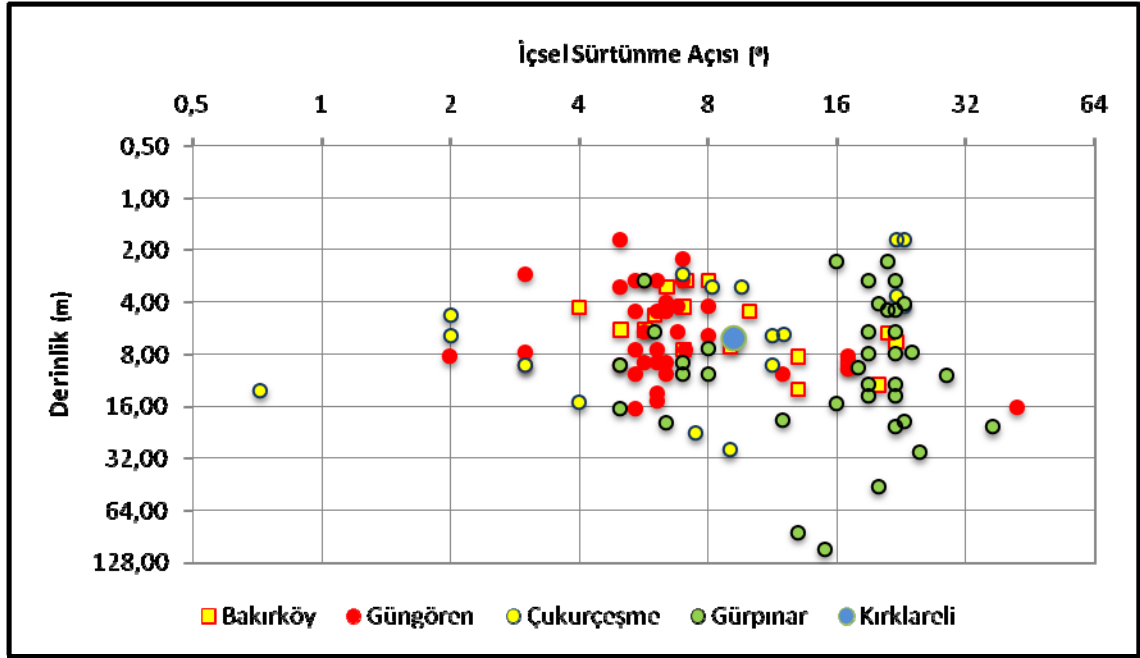
Formasyon	Akışkan (%)	Çok Yumuşak (%)	Yumuşak (%)	Orta Katı (%)	Katı (%)	Çok Katı (%)
Gürpınar	0.00	0.00	4.71	17.65	42.35	35.29
Çukurçeşme	3.03	0.00	9.09	18.18	39.39	30.30
Güngören	0.00	6.45	9.68	29.03	45.16	9.68
Bakırköy	0.00	0.00	0.00	4.55	59.09	36.36
Alüvyon	0.00	0.00	50.00	0.00	50.00	0.00
Tüm Örnekler	0.61	1.29	14.69	13.88	47.20	22.33

Çizelge 5. İnceleme alanındaki formasyonların serbest basınç sınıflamasındaki yüzdeleri
Table 5. The formation of the study area's uniaxial compressive strength test classification percentages

Formasyon	Çok Yumuşak (%)	Yumuşak (%)	Orta katı (%)	Katı (%)	Çok Katı (%)	Sert (%)
Kırklareli	0.00	0.00	33.33	33.33	0.00	33.33
Gürpınar	0.00	1.61	4.84	14.52	32.26	46.77
Çukurçeşme	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
Güngören	0.00	1.69	3.39	64.41	20.34	10.17
Bakırköy	0.00	0.00	13.33	26.67	20.00	40.00
Alüvyon	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
Tüm Örnekler	0.00	0.55	9.15	39.82	28.77	21.71



Şekil 3. Laboratuvar sonuçlarına göre kohezyon değerlerinin derinlikle değişimi
Figure 3. Change of cohesion values with depth based on laboratory results



Şekil 4. Laboratuvar sonuçlarına göre içsel sürtünme açısı değerlerinin derinlikle değişimi
Figure 4. Change of internal friction angle values with depth based on laboratory results

YAPI TEMELLERİNDE KARŞILAŞILAN BAŞLICA SORUNLAR

İstanbul'un Avrupa yakasında bina temellerinde karşılaşılan başlıca sorunlar aşağıda sunulmuştur (Çizelge 6). Bu olaylarda başlıca can kayıpları deprem, sel, taş ocağı ve tünel kazısı ile ilgilidir. Diğer olaylar da ise maddi hasarlar meydana gelmiştir.

Çizelge 6. Yapı temellerinde karşılaşılan başlıca jeoteknik sorunlar
Table 6. Major geotechnical problems encountered in foundations

Formasyon	Litoloji	Etkilenme alanı	Zarar nedeni	Zarar türü
Trakya Fm.	Kumtaşı çamurtaşı	Yenikapı, Beyoğlu, Levent	Ayrışma, fay, dayk	Çökme, çatlak
Kırklareli Fm.	Kireçtaşı	Halkalı, Altınşehir	Karstik boşluk, fay	Duraylılık
Gürpınar Fm.	Kil-Kiltaşı	Büyükçekmece- Küçükçekmece arası	Heyelan	Eğilme, yıkılma
Çukurçeşme Fm.	Kum	İkitelli	Sıvılaşma	Eğilme-yıkılma
Güngören Fm	Kil-silt-kum	Avcılar, Güngören	Zemin büyütmesi, şişme-oturma	Eğilme, yıkılma
Bakırköy Fm.	Kireçtaşı	Bakırköy	Kastik boşluk	Çökme
Dolgu	Tuğla, kil, silt, moloz	Haliç	Yetersiz taşıma gücü, Yeraltı suyu çekilmesi	Oturma, eğilme

Depremsellik

İstanbul'da, Kuzey Anadolu Fay Zonuna bağlı olarak gelişen 17 Ağustos 1999 İzmit depremi ile bina yıkılmaları, Güngören formasyonun yoğunlukta olduğu Avcılar bölgesinde yoğunluk kazanmıştır. Bu alanda 17 Ağustos 1999 depremi sırasında 38 bina yıkılmış, 246 kişi yaşamını yitirmiştir. İstanbul'un Avrupa yakasında Trakya formasyonun bulunduğu alanlarda ise sınırlı sayıda bazı binalarda hafif zararlar ortaya çıkmıştır. Yapı temellerinde karşılaşılan başlıca sorunlar Çizelge 6'da sunulmuştur.

Jeolojik ve üst yapı araştırmalarında Avcılar bölgesinde bina yıkılmalarının yoğunluk kazanmasında başlıca, Avcılar bölgesinin havza sınırlarına yakın olması ve Oligosen ve Miyosen'e ait istifin bu bölgede kalınlığının maksimum düzeye ulaşması (700 metreden kalın) ile ilgilidir (Dalgıç, 2004). Bu duruma Güngören formasyonuna ait birimlerin suya doygun olması, yanal ve düşey yönde değişmesi, killi düzeylerin taşıma gücünün düşük oluşu, Avcıların eğimli topografyasının bazı yönden gelen deprem dalgaları sistemini binalar üzerindeki arttıracak yönde yer değiştirmesi olayları da etkilemiştir. Ayrıca, Avcılardaki hasarın artmasında Deprem dalgalarının Küçükçekmece vadisini doğudan batıya geçerken uzun periyotlu yüzey dalgalarının türetmiş ve yer hareketlerinin önemli büyütülmeye uğramış olduğu düşünülmektedir (Öngür, 2003). Bunun yanı sıra depremin Avcılarda hasar oluşturmada heyelan olaylarının da etkili olabileceğini belirtilmektedir (Akmeşe vd., 2003).

Jeolojik özelliklerin yanı sıra bina yıkılmalarında temel ve üst yapı ile ilgili aşağıdaki olaylarda etken olmuştur: Bina temellerinde uygun drenaj sisteminin yapılmaması, temellerin zemin koşullarına aykırı olarak tasarlanması ve imal edilmesi, binada kullanılan malzeme özelliklerinin yetersiz olması yani beton mukavemetinin ve çelik çekme mukavemet değerlerinin düşüklüğü, etriye aralıklarının projesine aykırı olarak konması, kullanılan donatının nervürlü olmaması, binalarda temel drenajı yapılmadığı için taşıyıcı elemanlarda ve donatı da oluşan korozyon olayları, binalarda konsol çıkımların yapılması, binaların alt katlarında asma katların inşaatı nedeniyle meydana gelen kısa kolon veya yumuşak kat etkisi ve binalarda projesine aykırı olarak yapılan imalatlar ile ilave katların bulunmasıdır.

Sel Olayları

Bina temellerinde sel olayı dolayısıyla oluşan hasarlarda bulunmaktadır. Bunun en son örneği 08.09.2009 ile 09.09.2009 tarihindeki Çatalca, Selimpaşa ve İkitelli' deki sel felaketidir. Bu alanlarda 185 ile 225 kilogram arasında bir yağış söz konusu olduğundan dere yataklarının taşması sonucu 31 vatandaş ölmüş ve 11 tane bina yıkılmıştır. Bu binalardan Selimpaşa'ya ait yıkılan binanın görüntüsü Şekil 5'te sunulmuştur. Bu olayda dere yatağına yapılan yapının temelinin oyulması ile askıda kalan bina temelinin kısmen çökmesi sonucu oluşmuştur.



Şekil 5. Selimpaşa da bina temelinin sel dolayısıyla boşalması sonucu oluşan yıkılma
Figure 5. Foundations collapse due to flood discharge in Selimpaşa

Heyelanlar

İstanbul'un Avrupa yakasında başlıca Küçükçekmece ile Büyükçekmece gölleri arasında heyelan olayları bulunmaktadır (Şekil 6). Bu bölgedeki heyelanlar başlıca, Gürpınar formasyonuna ait aşırı konsolide, fisürlü, bentonitik bileşimli plastik kil içerisinde gözlenmektedir. Bölgedeki heyelanlar başlıca dönel kayma ve gerileyen tiptedir. Heyelan morfolojisinin taç kısımları çoğunlukla ayırt edilebilirken, topuk kısımları çoğunlukla aşındırıldığı için çoğu yerde gözlenmemekte veya bazı alanlarda heyelanların topuk kısımlarında akma şeklinde hareketler gözlenmektedir. Bölgedeki heyelanların bir kısmında ise, heyelan morfolojisi aşındırma, dolgu ve kazılar sonucu yok edilmiştir (Dalgıç, 2005).

Bölgedeki heyelanların oluşmasında ana etken ise Pleyistosen'de etkili olmaya başlayan buzul döneminde, vadiler akarsular tarafından aşındırılarak dikleşmiş ve dikleşen vadi yamaçlarında heyelanlar meydana gelmiştir (Arpat, 1999). Yapılan araştırmalara göre (Smith vd., 1995; Stanley ve Blanpied, 1980) deniz seviyesi bu günkü düzeyinden 100-110 metre daha alçaldığı yönündedir. Bölgedeki heyelan olayları, Çukurçeşme formasyonuna ait kum ve çakıl düzeylerindeki yeraltısuyu, Gürpınar formasyona ait killi düzeyleri beslemesi sonucu artmaktadır.

Günümüzde aktivite kazanan heyelanların yaklaşık %30'u insan etkileri olayları ile gerçekleşmektedir. Bu etkilerin başlıcası heyelanların taç kısmının doldurulması, heyelanların taç kısmına yüksek katlı binaların yapılması ve heyelanın topuk kesiminin kazılması sonucu ortaya çıkmaktadır. Örneğin, Pekmez heyelanı, Avcılar Balaban heyelanı ve Kıraç bölgesinde (Dalgıç, 2003) eski heyelan düzleminin taç kısmına yapılan binalar ile aşırı dolgular ciddi hasarlara neden olmuştur (Şekil 7, Şekil 8, Şekil 9). Nitekim Afete maruz bölge ilan edilen Avcılar Balaban bölgesinde ELC Group Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti (2005) verisine göre, bölgedeki heyelan yaklaşık 700 m genişlikte ve karada 350 m uzunluğunda bir alanda etkili olduğu ve kayma

yüzeyinin yaklaşık 13 metre ile 40 metreden geçtiği belirlenmiştir. Yeraltı suyu düzeyi geçirimsiz Güngören killlerinde oldukça sığ 1.60-7.0 m, geçirimli Çukurçeşme kumlarında ise 14-25 m derinlikte bulunmaktadır. Yerinde yapılan ölçümlerde üç adet keson kuyusunda su seviyesi yüzeyden 1-2 m. derinlikte olduğu belirlenmiştir. Ayrıca genel olarak yağmur ve bahçe sularının drenajının yapılmadığı gözlenmiştir. Bu olaylar bölgedeki heyelan olaylarının ana nedenlerinden biridir. Bu suların drenajı yapılarak (ıslahı yapılarak) binanın zemininde meydana gelen heyelan olayının hızını yavaşlatması mümkündür.



Şekil 6. Büyükçekmece dolayında Gürpınar formasyonu içerisinde gelişen heyelanlar
Figure 6. Landslides occurred in the Gürpınar formation near Büyükçekmece



Şekil 7. Avcılar Balabanda heyelan sonucu yıkılan ve düşeyden sapan bina
Figure 7. The building collapsed and deviated from the vertical due to landslides, in Avcılar, Balaban



Şekil 8. Kıraç'ta heyelanın taç kısmının yüklenmesi sonucu binada oluşan deformasyon
Figure 8. Deformation in the building caused by loading the landslide's crown



Şekil 9. Pekmez dolayında heyelan olayına bağlı olarak oluşan bina hasarı
Figure 9. Building damaged by landslide near Pekmez

İstanbul'un Yakuplu kesiminde yapı temellerinde yaklaşık 3 yıl devam eden krip olayları neticesinde inşaatı bitmiş veya bitirilme aşamasında olan 3 ve 4 katlı bodrumsuz yapıların temellerinde duraylılık sorunları ortaya çıkmıştır (Şekil 10). Bu yapıların temel sistemine bağlı olarak yapılarda deplasman, deformasyon ve çatlama ile hasarlar meydana gelmiştir. Bu olaylar neticesinde bu binaların yaklaşık 50 kadarı yıkılmış veya yıkılma aşamasındadır (Şekil 10). Bu olaylarda şişme olayı ile birlikte heyelan düzlemlerinin kayma mukavemetlerinde zamanla oluşan

azalma değerlerinin de etkili olduğu belirtilmiştir (Yıldırım, vd.,1996). Ayrıca, bu olaylar da taban kabarmasından dolayı çatlayan taban döşemeleri ve temel bağ kirişlerinin kırılması, temellerin yetersiz olduğunu göstermektedir (Özaydın ve Yıldırım, 2000). Bölgede yapılan sondajlar ve araştırma çukurları, bina temellerinin olumsuz etkilenmesine neden olan zeminin, 2-3 metrelik dolgu malzemesi altında yaklaşık 7 metre kalınlıkta, siyah, çok plastik kilden oluşan eski heyelan malzemesi olduğunu göstermektedir.

Bölgedeki heyelanların önlenmesi için kayma düzlemlerindeki yeraltı suyunun drenajı özel bir önem taşımaktadır. Bu amaçla yeraltı suyunun kayma düzleminin altında kalacak şekilde düşey kuyuların açılması ve bu kuyuların drenaj tünelleri ile bağlanması son derece önemli olmaktadır (Dalgıç, 2000). Etkin bir drenaj sisteminin yanı sıra bölgedeki heyelanların önlenmesi için arazinin bilinçsiz olarak yüklenmemesi, yapı temel sistemlerinin zemin koşullarına göre uygun olarak seçilmesi ve topuk kısmının fore kazık, ankraj, istinat yapıları gibi mühendislik yapıları ile kontrol altına alınması yararlı sonuçlar vermektedir.



Şekil 10. Bina temelinde taşıma gücünün aşılmasından dolayı gelişen taban kabarması
Figure 10. Bearing capacity of the building exceeded due to growing base heave

Fay, Ayrışma ve Daykların Yaratığı Sorunlar

Trakya formasyonuna ait litolojiler, kahverengi ayrışma zonundan sonra gri renkli olan kesimlerinde bina temelleri için temel uygun koşulları oluştururlar. Ancak, açılan temel kazılarında üst zonlardaki ayrışma özelliğinden dolayı kaya killeşmeden dolayı zemin özelliğine dönmekte ve bu alanlarda şev stabilite sorunları ile karşılaşmaktadır. Ayrıca, Trakya formasyonu içinde yer alan dayklar, zayıflık zonları veya İstanbul metrosunun Levent dolayındaki kazısı sırasında çok sert kaya oluşundan dolayı patlatma ile kazı yapılması önemli jeolojik sorunlara neden olmuştur. Özellikle kaya koşullarının kiltaşından ve çok ayrılmış kayadan oluştuğu kesimlerde sızıntı suların etkisi ile bu sorun daha da artmaktadır. Bu sorunun benzeri, Türkiye İş Bankası gökdelenleri kazı alanındaki ankrajlarla bağlanmış kirişlerle tutulmaya çalışılan kazıkların bir bölümünün yenilmesinde gözlenmiştir (Yücel ve Öngür, 2003).

İnceleme alanındaki formasyonlar yaygın olarak çeşitli fay sistemleri ile kesilmiş durumdadır. Çoğu zaman temel için açılan şevler doğal zeminde şev duraylılığını korurken, fay ve yakın çevresindeki alanda şevde duraylılık sağlanmamaktadır (Şekil 11). Örneğin Haramidere dolayında Güngören formasyonu içerisinde fayla kesilmiş bir temel kazısında, fayın etkilediği alan içerisinde kazı aynası sürekli zeminin boşalmasına neden olmuş ve bu alanın duraylılığını sağlamak için temelde ek destek sistemleri uygulanmıştır (Şekil 12).



Şekil 11. Bakırköy formasyonunda faylanmaya bağlı şev duraysızlıkları
Figure 11. Slope stability originated from faulting in the Bakırköy formation



Şekil 12. Avcılarda faylanmaya bağlı olarak bina temelinde oluşan şev kaymasının iyileştirilmesi
Figure 12. Depending on the building on the basis of fault to be the improvement of the slope shift, in Avcılar

Karstik Boşluklar

İstanbul'un Avrupa yakasında Kırklareli ve Bakırköy formasyonu içerisinde karstik boşluklar bulunmaktadır. Bu durumda, bina temelinde taşıma gücü kaybı veya kireçtaşında dike yakın kazı yapılabilirken karstik boşluğun kil dolgulu kesimlerde şev duraylılığı sorunları ortaya çıkabilmektedir. Bu durum ile ilgili Kırklareli formasyonunda yapılan bir temel kazısında, yaklaşık 5 metrelik karstik boşluk diğer alanlardaki gibi dike yakın konumda şev duraylılığını koruyamamıştır (Şekil 13). Bu nedenle bu alanda daha sonraki aşamada püskürtme betonu ile dayanımı artırıcı ek destek sistemleri yapılmıştır.



Şekil 13. Basın ekspres yolu yakınındaki Kırklareli formasyonunda karstik boşluğun ek önlemler alınarak iyileştirilmesi

Figure 13. Improvement by taking additional measures for karst cavity in the Kırklareli formation, near Basın Express Highway

Oturma

İstanbul'un Avrupa yakasında zemin oturmasından dolayı Avcılar, Esenyurt, Halkalı gibi alanlarda şakülünden sapsmış binalar bulunmaktadır. Bu alanlarda binaların şakülünden sapsmasında bina temellerinde Güngören formasyonuna ait litolojilerin bulunması ile ilişkilidir. Güngören formasyonun çok kısa mesafelerde yan ve düşey olarak kil, silt ve ince kum birimlerine geçmesi farklı oturmalarla neden olmaktadır. Bu farklı oturmalarla ilgili olarak da binalarda şakülünden sapsmalar gözlenmektedir. Bina temelleri oturması olayında yaşanan kuraklık olayları da etkili olmaktadır. Örneğin İstanbul da 2007 yılının kurak geçmesi ile bazı bina temellerinde oturmalar gözlenmiştir. Bu olay, kurak dönemde yeraltı su seviyesinin daha alt kotlara inmesi ile zeminin fiziksel ve mekanik özelliklerinin değişmesi sonucu ortaya çıkmaktadır.

Zeminlerde yetersiz taşıma gücü değerleri ve oturma miktarlarının aşılması Kuvaterner yaşlı akarsu ve haliç çökelleri içerisinde yer almaktadır. İstanbul'daki vadilerde yer alan Kuvaterner çökelleri genel olarak akarsu ve haliç orijinli olmak üzere iki grup içinde değerlendirilebilir. Akarsu kökenli çökeller daha ziyade sarı kahverenkli, orta sıkı (ortalama $N < 25$) kum ve düşük plastisiteli (CL),

aşırı konsolide (su içerikleri Plastik limit düzeyinde), katı – çok katı killerden oluşmaktadır. Akarsu çökellerinde taşıma gücü sorunu ve sıvılaşıma sorunu bulunmaktadır (Gözübol, 1997; Polat, 2003).

İstanbul'un eski yerleşim birimleri olan Haliç çevresinde, özellikle Galata ve Atatürk köprüleri arasındaki sahilde bina temellerinde dolgu ve haliç çökellerinin varlığından dolayı oturmalar gözlenmektedir. Bölgede yapılan sondajlar dolgu kalınlığının yaklaşık 30 metre, aynı şekilde haliç çökellerinin de 35 metre dolayında olduğunu göstermektedir (Şekil 14). Bu dolgular İstanbul'un yerleşme tarihi boyunca bir kısmı çukur alanların eski temel hafriyatı artıkları ile doldurulması veya deprem, yangınlar sonucu yıkılan eski yapıların yerine yenisinin yapılması oluşmuştur. Ancak, deprem kayıtları dolgu alanlarında yapılan binaların ciddi zarar gördüğünü göstermektedir. Nitekim dolgu zemin üzerine inşa edilen tek katlı Kapalıçarşı'nın 1894 depreminde tavanı çökerek tamamen yıkılmış ve sonra tekrar yapılmıştır (Sayar ve Sayar, 1962). Diğer taraftan dolgu ve güncel haliç çökelleri üzerine inşaa edilen Unkapanı'ndaki tarihi çeşmenin 180 cm çöktüğü tespit edilmiştir (Peynircioğlu, 1961).

Suni dolguların heterojen karakterleri, haliç çökellerinin kayma mukavemetlerinin ($c=0.1-0.4$ kg/cm²) çok düşük olması ve bu tabakaların altında yer alan ana kayanın 20⁰ - 40⁰ gibi dik bir eğimle Haliç'e Doğru dalması Haliç kıyılarında ciddi stabilite problemlerine yol açmaktadır. Ayrıca Haliç kıyılarında çok yumuşak ve kalın dolgu tabakaları bulunması nedeniyle bu kesimlerde yapılan ve taban basınçları çok küçük olan binalarda dahi büyük oturmalar, dönmeler meydana gelmektedir (Toğrol, 1986). Bununla birlikte, Haliç sahilindeki dolgu zeminlerin ağırlıkları nedeni ile yavaş yavaş oturduğu, yan yana duran bazı eski binaların birbirinden ayrıldığı veya düşey durumlarını kaybettiği gözlenmiştir. Bu duruma, Haliç bölgesinde açılan keson kuyulardan aşırı miktarda yeraltı suyu çekimi de etken olmaktadır. Bu olay sonucu yeraltı su seviyesi alçalmakta ve alçalmaya bağlı olarak da oturma olayları ortaya çıkmaktadır (Şekil 15).

Ayamama deresinin Marmara sahiline yakın kesimlerindeki Haliç çökellerinde, Standart Penetrasyon (SPT) sayıları 4 – 24 arasında değişen ve kalınlığı ortalama 7 metre kadar olan sıkıştırılmamış dolgu malzemesinin altında SPT sayıları 2 – 5 arasında değişen, bol fosilli, siyah-kahverengimsi bataklık kili bulunmaktadır. Yapılan sondajlarda, 15 metre derinlikten itibaren, taşıma gücü yüksek olan, Bakırköy formasyonuna ait, ana kaya özelliğinde olan, kil ara katkılı kireçtaşı düzeyleri yer almaktadır.

Şişme

İstanbul'un Avrupa yakasında yaygın olarak bulunan Güngören formasyonunda kil düzeyleri aşırı konsolide ve çok katı kil düzeylerini plastik davranışı tek katlı binalarda, istinat yapılarında, bahçe duvarlarında şişme olayına neden olmaktadır. Güngören formasyonunda şişme basınçları 1.0 kg/cm², şişme yüzdeleri ise %10 değerlerine kadar ulaşmaktadır. Örneğin, Güngören, Bağcılar, Küçükçekmece çevresinde tek katlı yapılarda şişmeden kaynaklanan hasarlar gözlenmektedir.



Şekil 15. Haliç çevresindeki Bulgar Kilisesi'nin bahçesinde oluşan oturmalar
Figure 15. Settlement in the garden of the Bulgarian Church on the Golden Horn

Temel, Taş Ocağı ve Metro Kazılarında Karşılaşılan Sorunlar

Temel Kazıları

Trakya, Gürpınar, Çukurçeşme, Güngören ve Bakırköy formasyonunda yapılan hafriyat çalışmaları sırasında komşu parselde kazı maliyetlerini arttırmamak için şevler dik veya dike yakın açılmakta ve desteksiz yapılmaktadır. Bu durum kazı maliyetini azaltmakla birlikte, açılan şev eğimleri komşu yapıları da içine alan duraylılık sorunlarına neden olmaktadır. Ayrıca, iki parsel arasında yapılan yeni bir temel kazısında, gerilme dağılımını dikkate almadan yapılan yeni bir temel kazısı esnasında, yandaki binaların güvenliği tehlikeye düşürülmektedir (Şekil 16). Zaman zaman açılan temel kazılarında bu türden gerilme dağılımı bozulduğu için bina temellerinde veya binalarda şakülünden sapmalar izlenmektedir. Bu amaçla açılacak derin temel kazılarında, yan parselde bulunabilen temel altındaki suyun ani boşalması, gerilme dağılımı, ayrışma derinliği, faylar, eklem sistemleri ve daykların varlığına göre jeolojik modelleme yapılarak ilgili mühendislik önlemleri uygulamalarının yapılması gerekmektedir. Ancak, bazı durumlarda alınan mühendislik önlemlerinin yetersiz olmasından kaynaklanan sorunlarda olabilmektedir (Şekil 17 ve Şekil 18).

Cebeciköy Taş Ocağı Kazası

Kazılara bağlı diğer bir olay Cebeciköy taş ocaklarının birisinde gerçekleşmiş ve burada 4 kişinin ölmesi ile sonuçlanan bir olay olmuştur. Bu olayda pasalar üzerinde yer alan şantiye yapısı, ocak şeviyle birlikte kaymıştır. Kayma olayına, pasanın düşük kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri, patlayıcı atımları ve şev aynasının dike yakın açılmış olması neden olmuştur. Kayma olayından önce ocak aynasında şev aynasında çekme çatlakları gözlenmiş ve önlem alınmadığı için kaza ortaya meydana gelmiştir.



Şekil 16. Komşu parselde temel kazısı sonucu meydana gelen deformasyon
Figure 16. Deformation in the foundation excavation in the neighbouring parcel



Şekil 17. Esenyurt dolayında kazık projesinin yetersiz olması dolayısıyla oluşan kazık yenilmesi
Figure 17. The pile project being insufficient to cause defeated piles, in Esenyurt



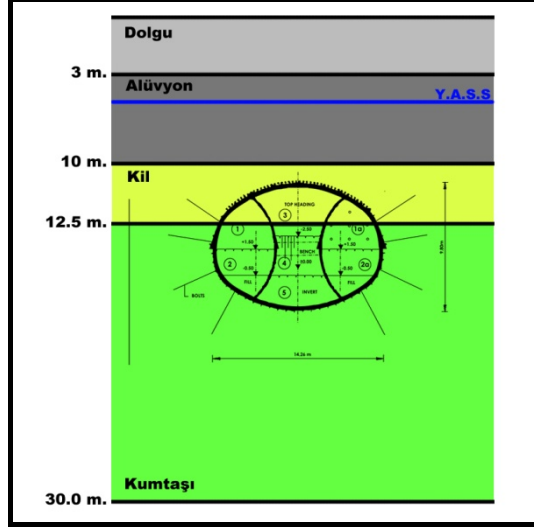
Şekil 18. Hadımköy dolayında fabrika temel kazısı sırasında kazık başlığının yenilmesi
Figure 18. Defeated pile head during the plant foundation excavation

İstanbul Metrosu Kazısı Sırasında Oluşan Göçük ve Hasarlar

İstanbul Metrosu'nun, Aksaray-Yenikapı bölümünde yapılan çalışmalar sırasında, 19 Eylül 2001 günü oluşan göçük sonucunda yüzeydeki yapılardan biri bütünü ile çökmüş ve 6 kişi yaşamını yitirmiştir. Bu kesimde, üstte dolgu, altta alüvyon çökelleri, daha altta Güngören formasyonuna ait kil düzeyleri ve en altta Trakya formasyonuna ait ileri derece de ayrılmış zemin özelliğinde kumtaşı ve çamurtaşları yer almaktadır (Şekil 19). Tünel açma metodu klasik kazı yöntemi (NATM) kullanılmış ve projenin bu kesiminde tüneller, makas tüneli olarak T tipi açılmakta ve 14.50 m'ye genişlemektedir. Yükseklikleri 9.80 m'ye çıkarken, tünellerin yeryüzü ile arasında kalan zemin kesiti yaklaşık 11.00 m'ye inmektedir. Ayrıca, makas tünellerinin yanı sıra ana tüneller yapılmaktadır. Dar bir alanda açılan bu tünellerde, sığ örtü yükü, değişken ve suya doymun zemin koşulları, ortamdaki gerilme dağılımının değişmesi ve birincil destek sisteminin özelliklerine bağlı olarak göçük olayı oluşmuştur. Göçme olayından önce yapılarda hasarlar gözlenmiş olmasına rağmen, tünel içerisindeki konverjans ölçümlerindeki artış hızı, tünel içi tavanda ıslanmalar, su geliri gibi veriler alarm seviyesine ulaşmadığı için yeterli önlemler alınmamıştır (Ayaydın, 2001).

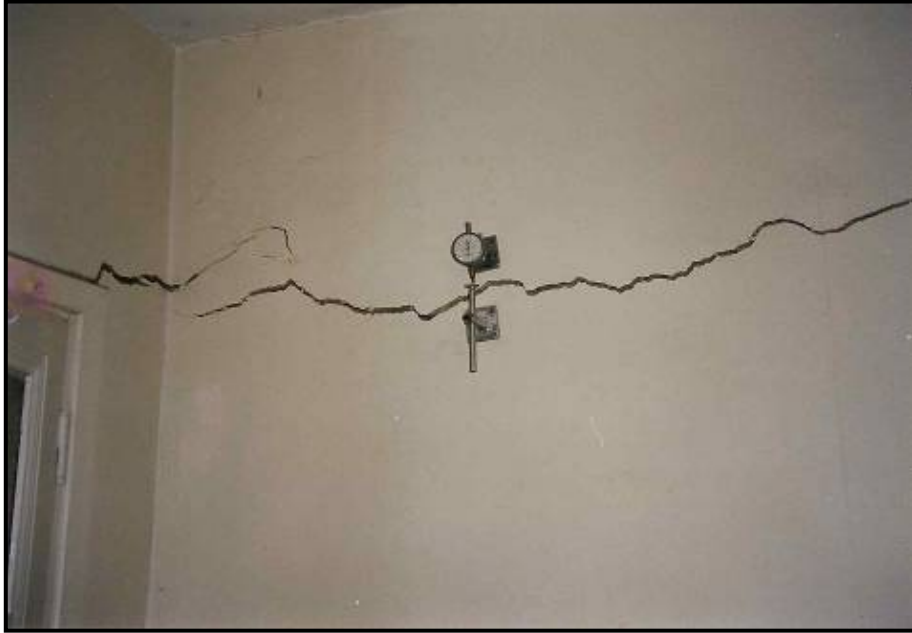
Metro kazılarına bağlı bir başka olay ise, Beyoğlu'ndaki Fransız sarayı bahçesinde yaşanmıştır. Bu kesimde zeminde üstte 12-14 metre arası dolgu malzemesi bulunmaktadır. Dolgu malzemesinin altında kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşan Trakya formasyonu yer almaktadır. Saptanan Jeoloji kesitlerine göre dolgu malzemesi tünel kotuna yakın bir alandan geçmektedir. Tünel açılımı esnasında, dolgu zeminin tünel içerisine bir kısmının boşaldığı belirlenmiştir. Bu olay sonucu üstteki yapılarda 1 cm ile 1 mm arasında değişen çatlak ve deformasyonlar meydana gelmiştir (Şekil 20). Belirlenen deformasyonlardan sonra metro kazısının bu kesimin de ek destek sistemleri alınmıştır. Bunlar; enjeksiyon ve süren uygulamalarıdır. Elde edilen konsolidasyon enjeksiyonu verilerine göre GH1U-1A tünelin bu kesiminde toplam 150200 kg. çimento ile 4238 kg bentonit

karışımından oluşan enjeksiyon yapılmıştır. GH2U-1A tüneline ise bu değer toplam 177950 kg. çimento ve 5451,5 kg. bentonit karışımından oluşan enjeksiyon uygulanmıştır.



Şekil 19. Yenikapı göçüğünün jeoloji enine kesiti

Figure 19. The geological cross-section of the collapse in Yenikapı



Şekil 20. Beyoğlu'nda Fransız sarayı çevresindeki binada deformasyon ölçümü

Figure 20. Deformation measurement the building near the French Palace in Beyoğlu

SONUÇ VE ÖNERİLER

İstanbul'un Avrupa yakasında zemin büyütmesi, sel, heyelan, ayrışma, fay, karstik boşluklar, yetersiz taşıma gücü, sıvılaşma, oturma, şişme olayları ile kontrolsüz bina temel kazıları, taş ocağı ve metro kazılarından kaynaklanan sorunlar bulunmaktadır.

İstanbul'un Avrupa yakasında geniş alanlarda kaplayan kumtaşı, silttaşı ve kiltaşından oluşan Trakya formasyonunda ayrışma kalınlıkları, dayklar, eklemler, kiltaşının yetersiz taşıma gücünden dolayı sorunludur. Ayrıca, Trakya formasyonu yoğun olarak faylanmış ve kıvrılmıştır. Bu nedenle temel kazıları ile fay ve kıvrım gibi yapıların uygun olmayan doğrultu ve eğimi sorunlara neden olmaktadır.

Kırklareli formasyonun farklı tür litolojilerden oluşması nedeni ile bu formasyon üzerinde yapılacak temel kazılarında dikkat edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, Kırklareli formasyonun kireçtaşlarında karstlaşma olayları temel kazıları için önemlidir. Kil dolgulu karstik boşluklar şev duraylılığına yol açarken, bazı durumlarda temel altında bulunan boşluklar ve kil dolgulu boşluklar taşıma gücü bakımından sorunlu olabilmektedir. Bu nedenle karstik boşlukların yeraltı araştırma tekniklerin kullanılarak tespit edilmesi ve bu alanlarda iyileştirme çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

İstanbul'un en sorunlu formasyonlarından birisi Gürpınar formasyonundaki kil düzeylerde yaygın olarak gözlenen heyelan sorunlarıdır. Gürpınar formasyonunun bulunduğu alanlarda bazı bölgelerdeki heyelanlardan dolayı binaların bir kısmında düşeyden sapmalar, eğilmeler ve devrilmeler olmuştur. Bu nedenle yerleşime uygunluk çalışmalarında eski heyelan düzlemlerinin ortaya çıkartılması ve bu düzlemlerdeki yeraltı suyunun boşaltılması gerekmektedir. Bu amaçla etkin bir drenaj sisteminin yanı sıra arazinin bilinçsiz olarak yüklenmemesi ve yapıların temel sistemlerinin zemin koşullarına uygun bir şekilde tasarlanması ve inşası gerekmektedir.

Çukurçeşme formasyonuna ait kum ve çakıllar genellikle yeterli taşıma gücüne sahip zeminleri oluşturmaktadır. Bazı durumlarda bu litolojiler suyu doygun olabilmektedir. Bu nedenle bu alanlarda yapılacak temel kazılarında yeraltı suyunun önceden ortamdaki uzaklaştırılması yararlı sonuçlar vermektedir.

Avcılar dolayında yaygın olarak bulunan Güngören formasyonuna ait kil düzeylerin, zemin büyütmesi, heyelan, oturma ve şişme özellikleri bakımından sorunludur.

Bu birimlerin üzerinde yer alan Bakırköy formasyonu ise kireçtaşı düzeylerinde yeterli taşıma gücüne sahip özelliktedir. Ancak, bu formasyonun farklı türden litolojilere sahip olduğu karbonatlı kil kesimlerde taşıma gücü sorunları ve bazı durumlarda karstik kireçtaşı kesimleri yapı temellerinde sorunlar oluşturmaktadır.

İstanbul'un eski yerleşim birimleri olan Haliç çevresinde, özellikle Galata ve Atatürk köprüleri arasındaki sahilde güncel ve eski dolguların altında yer alan haliç çökellerinde yapılan bina temellerinde oturmalar bulunmaktadır. Bu olaylara, kontrolsüz dolgular ve haliç çökellerinin yetersiz taşıma gücü değerleri ve Haliç çevresinde açılan keson kuyulardan aşırı miktarda yeraltı suyu çekimine bağlı oturma olayları etkili olmuştur.

Bina temellerinde karşılaşılan bu jeoteknik özelliklerin yanı sıra dere yataklarındaki yapılaşma olayları ve kontrolsüz dolgularda sorunlar oluşturmaktadır. Bunun en son örneği 08-09-2009 ve 09.09.2009 tarihindeki sel felaketidir. Bu kesimlerde dere yataklarının taşması sonucu 31 vatandaş ölmüştür. Bu olayın başlıca nedeni dere yataklarının bilinçsizce yapılaşmaya açılması ve dere yataklarındaki dolgu çalışmalarıdır.

İstanbul'un Avrupa yakasında karşılaşılan veya karşılaşılabilecek yapı hasarlarında aslında pek çoğunda hareketin başlangıç aşamaları ya gözlenmiş, ya ölçülmüş veya hem gözlenmiş hem de ölçülmüş, fakat bu alanlarda gereken önlemler alınmamıştır. Bu nedenle gelecekte yapılacak

yapılarda, gözlemlenen, ölçülen verilerin dikkatli bir şekilde yorumlanması ve gereken mühendislik önlemlerinin alınması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

AKMEŞE, İ., BİLGİN, İ., BAŞ, M., TARİH, A., 2003. Avcılar Bölgesinde Jeoloji, Paleo heyelan ve Deprem Hasarlı Yapıların Dağılımı, İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu, TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi.

ARİÇ, C.,1955. Geology of Haliç-Küçükçekmece Lake. İstanbul Technical University, Doctora thesis (In Turkish).

ARPAT, E., 1999. Büyükçekmece ile Küçükçekmece (İstanbul) Heyelanlarının Genel Özellikleri ve Yarattıkları Başlıca Sorunlar, 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, 10-12 Mayıs, s.17-23, Ankara.

AYAYDIN, N., 2001.İstanbul metro collapse investigations, World tunnelling, 490-492.

DALGIÇ, S., 2000. Gürpınar (İstanbul) Heyelanlarını Önlemede Drenaj Galerileri, İ.Ü. Yerbilimleri Dergisi, C.13, S.1-2, 39-47.

DALGIÇ, S., 2003. İstanbul ili, Kıraç Belediyesi, imar planı revizyonuna esas jeolojik-jeoteknik araştırma raporu, İÜ, Araştırma ve Yardım Vakfı.

DALGIÇ, S.,2004. Factors Affecting the Greater Damage in the Avcılar Area of Istanbul During the 17 August 1999 Izmit Earthquake, Bulletin of the International Association for Engineering Geology and the Environment, Bull. Eng. Geol. Env. 63. 221 – 232.

DALGIÇ, S., 2005. İstanbul ili, Büyükçekmece ilçesi, yerleşime uygun olmayan alanların jeolojik-jeoteknik değerlendirme raporu, İÜ, Araştırma ve Yardım Vakfı.

ELC GROUP MÜHENDİSLİK VE MÜŞAVİRLİK LTD.ŞTİ (2005). İstanbul Avcılar İlçesi, Ambarlı Mahallesi Güneyindeki Zemin Hareketlerine Yönelik Duraylılık Etüdü. İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı Planlama ve İmar Daire Başkanlığı Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü.

EROSKAY, O., ve KALE, S., 1986.İstanbul Boğazı Tüp Geçiş Güzergahında Jeoteknik Bulgular, Mühendislik Jeolojisi Bülteni, No 8, S.2-7.

GÖZÜBOL, A.M.,1997. İstanbul alüvyonlarının mühendislik özellikleri, Geosound Yerbilimleri, sayı 31, 121-130.

OKTAY, Y.F., ve Eren, R., 1999. İstanbul Büyükşehir Belediyesi zemin ve deprem inceleme müdürlüğü, Danışman:Tahir Öngür, Editör:Mustafa Alp Dağıstanlı, Atlas dergisi yayını.

ÖNGÜR, T.,2003. Avcıların Gizemi, İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu, TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi.

ÖZAYDIN, K., YILDIRIM, 2000. İstanbul'un Zemin Koşulları ve Geoteknik Sorunlar, İkinci İstanbul ve Deprem Sempozyumu, 25-52.

- PEYNİRCİOĞLU, H., 1961. Settlement of Buildings in İstanbul, 5 th Intern. Confr. Soil Mech. And Foundation Engineering, Paris.
- POLAT, F.,2003. İstanbul'daki Kuvaterner Çökellerin Mühendislik Özellikleri, İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi, 157-166.
- SAYAR, M., VE SAYAR C., 1962. İstanbul'un Surlar İçindeki Kısmının Jeolojisi, İTÜ Maden Fakültesi Yayını.
- SMİTH, A.D., TAYMAZ, T., OKTAY, F., YÜCE, H., ALPAR, B., BAŞARAN H., JACKSON, J.A.,KARA, S., AND ŞİMŞEK, 1995. High-Resolution Seismic Profiling in the Sea of Marmara (northwest Turkey): Late Quaternary Sedimentation and Sea-Level Changes:GSA Bulletin, 107, 923-936.
- STANLEY, D.J., BLANPIED, C., 1980. Late Quaternary Water Exchange Between the Eastern Mediterranean and the Black Sea. Nature, 285, 537-541.
- TOĞROL, E., 1986. Haliç'in Geoteknik Sorunları ve Çözüm Yolları. Boğaziçi Yayınları, Yer Bilimleri-İnşaat Mühendisliği Dizisi.
- YALÇINLAR, İ, 1976. Türkiye jeolojisine giriş, İstanbul Üniv. Edebiyat Fak. Coğrafya Enstitüsü yayını.
- YILDIRIM, M., KUTAY, Ö., ERGUVANLI, A., 1992. İstanbul Boğazı Güneyi ve Haliç'in Jeolojik Yapısı ve Geoteknik Özellikleri, TMMOB Jeoloji Mühendisliği Odası Yayını, Jeoloji Mühendisliği, s.40, 5-14.
- YILDIRIM, M., YILDIRIM, S., AKGÜNER, C., 1996. Haramidere-Yakuplu Yöresi Zemin Davranışının Yapılardaki Temel Sistemine Etkileri, IX Mühendislik Fakültesi Sempozyumu, Isparta.
- YÜCEL, H., ÖNGÜR, T., 2003. Maslak Çevresinin Mühendislik Jeolojisi Sorunları, İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu, TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi.