

Kızıltepe (Sille, Konya) zemin deformasyonlarının incelenmesi

Investigation of soil deformations at the Kızıltepe (Sille, Konya) slopes .

Adnan ÖZDEMİR

ÖZ

Bu çalışmada Konya il merkezinin 6 km kuzeybatısında yer alan Pliyo-Kuvaterner yaşlı killi siltli kumdan oluşmuş Kızıltepe yamaçlarına inşa edilen yapılarda oluşan deformasyonlar incelenmiştir. Eğimleri % 5 ile %15 arasında değişen yamaçlarda inşaat öncesinde gerçekleştirilen düzenlemelerle bazı kesimlerde kazı, bazı kesimlerde ise kazıdan elde edilen malzeme ile, 2-8 m arasında değişen kalınlıklarda dolgular inşa edilmiştir. Triplex villalar ile 6 katlı apartmanlar kısmen doğal, kısmen de bu dolgu zemin üzerine oturtulmuştur. Söz konusu yapıların inşa edilmesinden 6 ay sonra bahçe duvarlarında yıkılmalar, bazı apartmanlarda düşeyden sapsmalar ve bazı konutlarda ise oturulamayacak boyutta çatlama oluşmuştur. Doğal ve düzenlenerek yüklenmiş yamaçlarda deformasyonların gözlemlendiği yapıların da üzerinde bulunduğu 20 yamaç profil üzerinde Modifiye Bishop ve Modifiye Janbu yöntemlerine göre duraylılık analizleri yapılmıştır. Duraylılık analizlerinde kalıcı kohezyon için 30 kN/m^2 , kalıcı içsel sürtünme açısı için dolgu zeminde 29° doğal zeminde ise 25° değerleri kullanılmıştır. Duraylılık analizlerinden hesaplanan güvenlik sayıları doğal yamaçlarda kayma bakımından stabilite probleminin olmadığını ortaya koymuştur. Diğer taraftan düzenlenmiş ve yüklenmiş yamaç profillerinden sadece 2 tanesinde güvenlik sayısı 1,3 – 1,4 iken diğer yamaç profillerinde ise bu sayı genelde 1,5 dan daha büyüktür. Arazide yapılan gözlemlerde de yamaçların kaydığına ilişkin belirtiler gözlenememiştir. Yine yapılan sıkışma deneyi sonuçlarına göre 50 kN/m^2 basınç kademesinde, dolgu zemin hacimsel sıkışma sayısının doğal zeminin hacimsel sıkışma sayısına oranı yaklaşık 3,9 olarak belirlenmiştir. Bu oran dolgu zeminin doğal zemine göre daha çok sıkışacağını göstermektedir. Yapı temel zemini altında da 13 cm'ye varan farklı oturma alanları belirlenmiştir. Yapılardaki deformasyonlar bu farklı oturmalarından oluşmuştur.

Anahtar kelimeler : Dolgu zemin, Konya, Yamaç stabilitesi

EXTENDED ABSTRACT

In this study, deformations occurred on the buildings located doing the sloping surface of Kızıltepe located 6 km Northwest of Konya, of Plio-Quaternary age silty and clayey sand, were investigated. Inclinations of the slopes range between 5% and 15%. The foundations of triplex houses and six stories apartments were build partly on the natural soil and partly on the fill ground. Six months after the construction, fence walls had been collapsed, and some apartments had been leaned and dangerous cracking occurred. Using Modified Bishop and Modified Janbu methods, stability analysis of Kızıltepe slopes have been made on the 20 selected profiles, involving deformed buildings and naturel soils and fill ground. Calculated safety factors have shown that there are not in

stability problems on the natural slopes. On the improved and loaded slope profiles, safety factors generally exceed 1.5, excepting two of profiles where safety factors are found as 1.3 and 1.4. No indications of land slips have been observed. According to the result of consolidation tests in the 50 kN/m² pressure stage, coefficient of compressibility of filled soil to the natural soil ratio is approximately 3.9. This ratio shows that fill ground undergoes more settlement than natural soil. Differential settlements up to 13 cm have been determined. The cause of deformations in the structures are thought to be due to differential settlements.

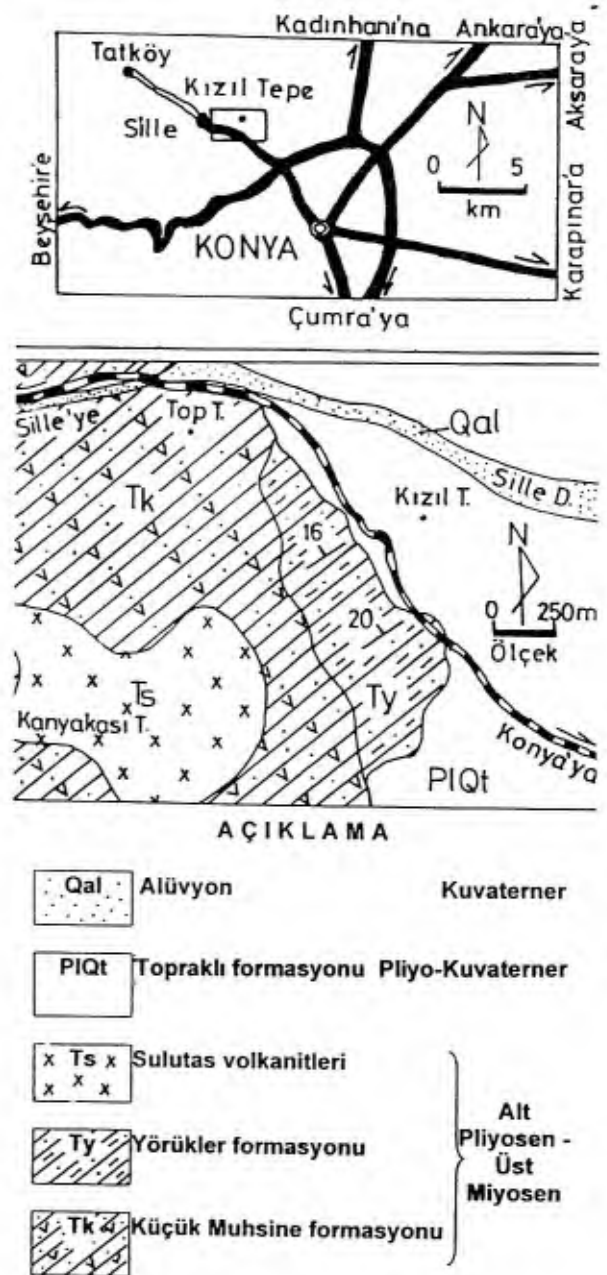
Key words : Fill ground., Konya, Slope stability

GİRİŞ

Doğal zemin özelliklerinin temel için uygun veya istenen nitelikte olmaması durumunda bazen zorunlu olarak bazen de tercihen yapının bir kısmı veya tamamı yapay yollarla oluşturulan dolgu üstüne-içine inşa edilebilmektedir. Bu dolgu alanları ya evsel atıkların depolandığı çöp sahalarının, ya da inşaat yarıntularından elde edilen artık malzemelerin toplandığı moloz sahalarının düzenlenmesiyle, çoğunlukla da mühendislik işlemleriyle inşa edilmektedir. İyi inşa edilmiş dolgular, çoğunlukla dolgu altında yer alan doğal zeminden daha iyi bir temel zemini oluşturabilmektedir (Bowles, 1982). Ancak, iyi bir dolgu zemini elde edilebilmesinde öncelikle dolgu malzemesinin iyi seçilmesi daha sonra da dolgu kalite kontrol işlemlerinin hassasiyetle uygulanması gerekmektedir. Bu ilkelere uyulmadan yapılan dolgular üzerine-içine inşa edilen yapılarda, zamanla ortaya çıkan problemlerin çözülmesi veya gerekli önlemlerin alınması oldukça yüksek maliyete yol açmakta, bazen de tüm bu faaliyetler başarıya ulaşmamakta ve yapının feda edilmesine sebep olmaktadır.

İnceleme alanı Konya Büyükşehir Belediyesi mücavir alanı içerisinde, Konya şehir merkezine 6 km mesafededir. İnceleme Konya-Sille köyü karayolunun kuzeydoğusunda bulunan Kızıltepe çevresinde yaklaşık 5 km² lik alanda yapılmıştır (Şekil 1).

Sille köy yolunun kuzey doğusunda bulunan Kızıltepe yamaçları, konut inşa etmek amacıyla düzenlenmiştir. Bu düzenlenmeler esnasında bazı kesimlerde kazı, bazı kesimlerde ise dolgu yapılmıştır. Düzenlenen bu yamaçlar üzerine 3 katlı villalar ile 6 katlı apartmanlar inşa edilmiştir. Daha sonra zeminden



Şekil 1. İnceleme alanı yerbulduru ve jeoloji haritası (Eren (1993) ve Özden (1994)'den)

kaynaklanan deformasyonlarla bazı bahçe duvarlarında yıkılmalar, bazı villa ve apartmanlarda ise yapının fonksiyonlarını ortadan kaldıracak boyutta çatlamlar oluşmuştur. Bu çalışmada söz konusu sahada dolgu üzerine inşa edilen yapılarda oluşan deformasyonlar incelenmiş, bu deformasyonların nedenleri (kayma-farklı oturma) araştırılmıştır.

İNCELEME YÖNTEMLERİ

Kızıltepe yamaçlarının duraylılık incelemesinde, öncelikle yörenin jeolojisi ve morfolojisi daha sonra da arazinin jeoteknik incelemesi gerçekleştirilmiştir. Jeoteknik incelemeden elde edilen zemin parametreleri kullanılarak deformasyonların gözlemlendiği yapılardan geçen profiller üzerinde duraylılık analizleri yapılmıştır. Elde edilen tüm gözlem, deney sonuçları ile duraylılık analizleri birlikte yorumlanıp değerlendirilmiştir.

JEOLOJİ

İncelenen alan ve çevresinin ayrıntılı jeoloji incelemesi Özdemir (1984) ile Eren (1993) tarafından yapılmıştır (bkz. Şekil 1). Bu çalışmalara göre, Kızıltepe ve yakın çevresinde, altta yer alan beyaz-gri renkli tüf-tüfit ve volkanojen kumtaşı ile aglomerallardan oluşan Geç Miyosen-Erken Pliyosen yaşlı Küçük Muhsine formasyonu (Tk), Kanyakası Tepesi eteklerinde ve Top Tepe'de gözlenmektedir. Bu formasyonun litolojisini oluşturan, litik ve kristal tüf özelliğinde olan tüfitler ile volkanojen kumtaşları 5-50 cm arasında değişen tabaka kalınlığında olup çoğunlukla birimi oluşturan dasit ve andezit parçalarının köşeli ve yuvarlak oluşlarına göre, volkanik breş, aglomera veya her ikisinin karışımı şeklinde, yer yer yığın oluşturmuş biçimde gözlenirler. Küçük Muhsine formasyonunun kalınlığı yaklaşık 150-200 m civarında olup, Yörükler formasyonu ile yanal ve düşey geçişler sunar. Kırmızı renkli çoğunlukla kireçtaşı ve volkanik kayaç kırıntılarından yapıtlı, karbonat çimento-lu, konglomera ve kumtaşından oluşan Yörükler formasyonu, ince tabakalanmalı olup tabakaların eğimi kuzeydoğuyadır. Kalınlığı 25-30 m civarında olan bu

formasyon Sulutas volkanitlerince (Ts) kesilmektedir. Geç Miyosen-Erken Pliyosen zaman aralığında, fastalarla faaliyete geçen dasit ve andezitik bileşimde olan volkanizma, zaman zaman Küçük Muhsine formasyonunu oluşturan kayaçların malzeme kaynağını teşkil etmiş, zaman zaman da yine bu formasyonu kesmiştir. Sulutas volkanitleri (Ts) Kanyakası tepesi zirvesinde yüzeylemektedir. Killi, siltli kumdan oluşan Piliyo-Kuvaterner yaşlı Topraklı formasyonu (PIQt) yukarıda sözü edilen Küçük Muhsine ve Yörükler formasyonlarının üzerine diskordan olarak gelirken yine Holosen yaşlı alüvyonlarla(Qal) da diskordan olarak örtülmektedir. İncelemenin yapıldığı Kızıltepe'de Topraklı formasyonu yer almakta olup kalınlığı 70-80 m civarındadır.

JEOMORFOLOJİ, İKLİM VE BİTKİ ÖRTÜSÜ

İncelemenin yapıldığı Kızıltepe'nin yüksekliği 65 m olup (Şekil 2), kuzey yamaçlarında paralel, diğer yönlerdeki yamaçlarında ise yelpaze drenaj ağı gelişmiştir. Aşınma döneminde olan sahada iklim, kışları soğuk ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kuraktır. Yıllık ortalama yağış 314 mm, sıcaklık 11 °C'dir. Bölgede yarı kurak, mezotermal, kışın çok az su fazlası olan, karasal iklim tipi görülmektedir. İncelenen saha çevresinde maksimum sıcaklık ortalaması 30 °C (Temmuz ayında), minimum sıcaklık ortalaması -5 °C (Ocak ayında) olarak hesaplanmıştır. Gece ve gündüz sıcaklıkları arasında 20 °C'lik fark görülmekte olup yılın 107 gününde (yılın %30'unda), don olayının görüleceği sıcaklığa düşülmektedir. Kızıltepe'de toprak kalınlığı yok denecek kadar azdır. İskan alanı içerisinde olan Kızıltepe bitki örtüsü bakımından çıplaktır.

Kızıltepe'de yapılan eğim analizlerinde yamaçların genelde az eğimli (Eğim < %5), ancak incelenen alanın güney ve batı orta kesiminde ise orta derecede eğimli (eğim % 5-15) simetrik yamaçlar bulunmaktadır. Doğal erozyonla oluşan yamaçların alt kesimlerinde yaklaşık 1 m kalınlığında yamaç molozu birikintileri gözlenmektedir.

JEOTEKNİK İNCELEMELER VE DEĞERLENDİRMELER

Kızıltepe'deki zeminin jeoteknik incelemesi, açılmış olan 4 adet sondaj logu (SMP, 1996) ile bu çalışma kapsamında açtırılan 5 adet 4-5 m derinliğindeki test çukurunun ve bu çukurlardan alınan örneklerin laboratuvarında belirlenen özelliklerinin saha gözlemleri ile birlikte değerlendirilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Test çukurları eğimin fazla ve deformasyona uğrayan konutların bulunduğu kesimlerden alınan profiller üzerinde açılmıştır (Şekil 2). Açılan bu çukurlarda dolgu ve doğal zemin özelliklerinin derinlikle pek fazla değişmediği saptandığından örselenmiş-örselenmemiş örnekler dolgu ve doğal zemini temsil edecek şekilde ayrı ayrı alınmıştır. Dolgu ve doğal zeminden alınan 5'er adet numune üzerinde doğal birim hacim ağırlığı (γ_n , kN/m³), tane birim hacim ağırlığı (γ_s , kN/m³), doğal su içeriği (ω %), likit limit (LL, %), plastik limit (PL, %), 4,76 mm den büyük tanelerin ağırlıkça $\%_c$ miktarı (+4, %), 0,074 mm den küçük tanelerin ağırlıkça $\%_c$ miktarı (-200, %) belirlenmiştir. Yine Standart Proctor Deneviden (SPD) belirlenen optimum su içeriği (ω_{opt} , %) ve buna karşılık gelen maksimum kuru yoğunluk (ρ_{dmax} , gr/cm³), kesme deneylerinden elde edilen kayma dayanımı parametrelerinden kalıcı içsel sürtünme

açısı (ϕ_r -derece) ile kalıcı kohezyon (c_r , kN/m²) belirlenmiştir. Belirlenen tüm bu değerler ile alınan örneklerin Birleştirilmiş Zemin Sınıflama sistemindeki konumları Çizelge 1'de verilmiştir. Diğer taraftan alınan örnekler üzerinde yapılan tek eksenli sıkıştırma deneyi sonuçları da Çizelge 2 ve Şekil 3'te verilmiştir.

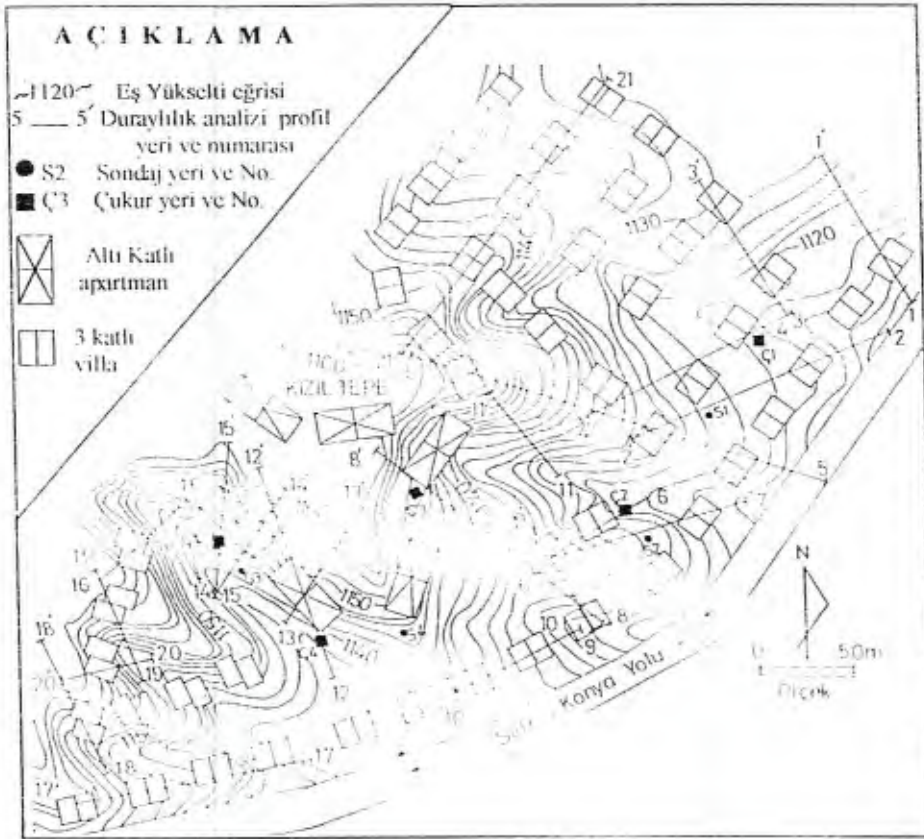
DURAYLILIK ANALİZLERİ

Kızıltepe'de inşa edilen yapılarda oluşan deformasyonların yamaçlarda daha önceden var olan duraysızlıktan mı, yoksa yamaç düzenlemelerinden ve yapılaşmanın getirdiği ek yüklemelerden mi kaynaklandığının aydınlatılması amacıyla, önce doğal yamaçların daha sonrada düzenlenmiş ve yüklenmiş olan yamaçların duraylılıkları incelenmiştir. Eğimin ve deformasyonların fazlaca gözlendiği yapılardan geçecek şekilde 21 profil üzerinde, muhtemel kaymanın oluşabileceği tahmin edilen geniş bir aralıkta 100 ile 200 arasında değişen kayma yüzeyi üzerinde PCSTABLE4 (Kopperman and Carpenter, 1985) programıyla, Modifiye (Bishop, 1955) ve Modifiye (Janbu, 1954) (random ve dairesel kayma yüzeylerine göre ayrı, ayrı olmak üzere) yöntemlerine göre yapılan analizlerden elde edilen en kritik kayma yüzeyine ilişkin güvenlik sayıları profillere göre Çizelge 3 ve 4'te verilmiştir.

Çizelge 1. Doğal ve dolgu zeminin indeks özellikleri.

ZEMİN	Num No	γ_n kN/m ³	γ_s kN/m ³	ω %	LL %	PL %	+4 %	-200 %	ω_{opt} %	ρ_{dmax} gr/cm ³	ϕ_r °	c_r kN/m ²	Sınıfı
DOĞAL	1	17,5	26,95	26	48	26	2	45	20	1,61	24	30	SC
	2	17,5	25,70	24	46	24	8	41	26	1,6	26	28	SC
	3	17,8	26,29	30	45	22	3	45	22	1,67	23	32	SC
	4	18,0	26,45	32	48	25	5	40	30	1,52	27	31	SC
	5	17,7	26,88	23	47	27	9	39	25	1,5	26	29	SM
	Ort.	17,66	26,00	27	47	25	-	-	25	1,58	25	30	-
DOLGU	1	15,7	25,70	32	47	28	6	36	27	1,49	30	35	SC
	2	17,2	25,51	30	46	30	7	34	22	1,53	32	32	SM
	3	17,3	25,31	28	44	25	4	38	26	1,65	28	27	SM
	4	17,0	25,51	29	48	26	3	37	20	1,62	34	30	SC
	5	16,4	25,41	34	48	23	5	36	24	1,55	28	30	SC
	Ort.	16,67	25,51	31	47	26	-	-	24	1,57	30	30	-

SC: kili kum
SM: siltli kum
- : değer yok

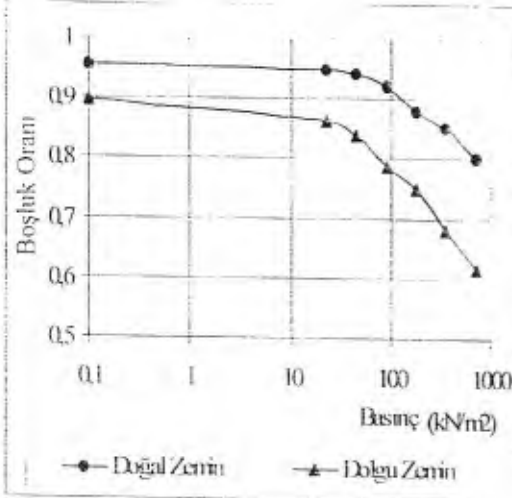


Şekil 2. Duraylılık incelemesi yapılan profil yerleri haritası

Çizelge 2. Doğal ve dolgu zeminlerin fiziksel ve mekanik özellikleri.

Basınç kN/m ²	Doğal Zemin				Dolgu Zemin						
	Boşluk Oranı %			M _{vn} Ort.(m ² /kN*10 ⁴)	Boşluk Oranı, %			M _{vf} Ort. (m ² /kN*10 ⁴)	M _{vf} /M _{vn} (10-4)		
	Örn. 1	Örn. 2	Örn. 3		Örn. 1	Örn. 2	Örn. 3				
0	0,96	0,96	0,96	0,96	0,90	0,90	0,90	0,90			
22,2	0,95	0,95	0,94	0,95	1,77	0,86	0,86	0,86	0,86	8,25	4,67
44,4	0,94	0,94	0,97	0,94	1,79	0,84	0,84	0,84	0,84	6,97	3,85
88,8	0,92	0,92	0,90	0,92	2,08	0,79	0,79	0,79	0,79	6,51	3,12
177,0	0,88	0,88	0,92	0,88	2,20	0,76	0,75	0,75	0,75	4,38	1,95
355,0	0,85	0,85	0,82	0,85	0,148	0,68	0,67	0,69	0,68	3,23	2,18
710,0	0,80	0,79	0,85	0,80	0,112	0,62	0,62	0,62	0,62	2,08	1,85

M_{vn}: Doğal zemin hacimsel sıkışma katsayısı (m²/kN)M_{vf}: Dolgu zemin hacimsel sıkışma katsayısı (m²/kN)



Şekil 3. Basınç-boşluk oranı grafikleri

Duraylılık analizlerinde deneylerle belirlenen ve Çizelge 1'de verilen zemin değerleri kullanılmıştır. Doğal zemin için doğal birim hacim ağırlığı 17,8 kN/m³, dolgu zemin için ise 16,67 kN/m³ alınmıştır. Yapılan direkt kesme deneylerinden belirlenen kalıcı içsel sürtünme açısı doğal zemin için 25°, dolgu zemin için 29°, kalıcı kohezyon ise dolgu ve doğal zemin için 30kN/m² alınmıştır. Diğer taraftan alınan örneklerde doğal ve dolgu zeminin doygunluk derecesi % 75 düzeylerinde olduğundan incelenen sahada yerel su içeriği artışlarının olabileceği göz önünde bulundurularak içsel sürtünme açısının 5° ve 10° düşmesi durumu içinde çözümler yapılmıştır. Yapılan sondajlarda yeraltı suyuna rastlanmamış, ancak Kızıltepe çevresinde yeraltı su seviyesinin 950 m yüksekliğinde bulunduğu, inceleme alanının hemen dışında yapılan sondaj loglarının incelenmesinden

Çizelge 3. Yamaç duraylılık analizi güvenlik sayıları

Profil No	YAMAÇ											
	Sürtünme açısı= 25°			Sürtünme açısı =20°			Sürtünme açısı=15°					
	Yöntem	J-c	B-c	J-r	Yöntem	J-c	B-c	J-r	Yöntem	J-c	B-c	J-r
1	J-c	3,63	4,05	3,82	J-c	3,01	3,33	3,39	J-c	2,45	2,72	2,79
2	J-c	5,36	5,73	6,54	J-c	4,36	4,71	5,61	J-c	3,41	3,77	4,62
3	J-c	4,24	4,63	4,95	J-c	3,52	3,91	4,17	J-c	2,84	3,24	3,25
4	J-c	2,99	3,36	3,31	J-c	2,55	2,87	2,81	J-c	2,11	2,38	2,35
5	J-c	2,24	2,46	2,60	J-c	1,86	2,05	2,22	J-c	1,51	1,66	1,83
6	J-c	2,81	3,18	3,05	J-c	2,41	2,75	2,63	J-c	2,04	2,31	2,25
7	J-c	3,64	4,02	3,69	J-c	3,03	3,30	3,35	J-c	2,44	2,70	3,31
8	J-c	2,74	3,00	3,71	J-c	2,26	2,49	3,04	J-c	1,80	1,99	2,41
9	J-c	3,40	3,73	3,89	J-c	2,89	3,17	3,31	J-c	2,40	2,66	2,75
10	J-c	4,04	4,54	4,94	J-c	3,38	3,86	4,15	J-c	2,76	3,23	3,42
11	J-c	2,60	2,83	3,24	J-c	2,17	2,35	2,72	J-c	1,75	1,91	2,24
12	J-c	2,93	3,23	2,99	J-c	2,40	2,64	2,74	J-c	2,10	2,13	2,25
13	J-c	2,32	2,51	2,52	J-c	1,95	2,14	2,15	J-c	1,60	1,79	1,81
14	J-c	2,17	2,45	2,33	J-c	1,85	2,13	2,04	J-c	1,55	1,79	1,75
15	J-c	2,83	3,07	2,89	J-c	2,37	2,61	2,46	J-c	1,93	2,18	2,03
16	J-c	1,69	1,77	1,77	J-c	1,42	1,55	1,52	J-c	1,20	1,32	1,29
17	J-c	2,87	3,27	3,18	J-c	2,45	2,89	2,19	J-c	2,05	2,43	2,47
18	J-c	2,10	2,30	2,26	J-c	1,81	1,98	1,92	J-c	1,51	1,67	1,60
19	J-c	1,41	1,48	1,39	J-c	1,23	1,31	1,24	J-c	1,06	1,11	1,11
20	J-c	1,85	1,96	2,02	J-c	1,62	1,74	1,77	J-c	1,41	1,50	1,55
21	J-c	3,03	3,35	3,19	J-c	2,61	2,89	2,71	J-c	2,21	2,53	2,25

J-c: Modifiye Janbu yöntemi (kayma yüzeyi dairesel) (Janbu, 1954)

B-c: Modifiye Bishop yöntemi (kayma yüzeyi dairesel) (Bishop, 1955)

J-r: Modifiye Janbu yöntemi (kayma yüzeyi random) (Janbu, 1954)

Çizelge 4. Düzenlenmiş ve yüklenmiş yamaçlara ait duraylılık güvenlik sayıları

Profil No	DÜZENLENMİŞ YAMAÇLAR								
	Sürtünme açısı Zeminde =25° Dolguda =29° Yöntem			Sürtünme açısı Zeminde =20° Dolguda =25° Yöntem			Sürtünme açısı Zeminde =15° Dolguda =20° Yöntem		
	J-c	B-c	J-r	J-c	B-c	J-r	J-c	B-c	J-r
1	3,84	4,16	4,21	3,27	3,54	3,55	2,66	2,95	2,94
2	4,58	5,00	4,65	3,86	4,21	3,87	3,15	3,43	3,12
3	3,36	3,74	3,40	2,87	3,22	2,87	2,41	2,70	2,38
4	2,40	2,90	2,50	2,07	2,34	2,15	1,76	1,99	1,82
5	1,99	2,27	2,05	1,70	1,94	1,76	1,42	1,60	1,45
6	1,68	1,91	1,71	1,53	1,69	1,52	1,34	1,50	1,34
7	3,39	4,27	4,21	3,25	3,58	3,50	2,65	2,94	2,84
8	2,72	2,96	2,80	2,25	2,47	2,31	1,80	2,01	1,84
9	2,60	2,89	2,57	2,21	2,50	2,20	1,83	2,13	1,87
10	3,70	4,19	3,61	3,27	3,68	3,13	2,83	3,15	2,67
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	2,21	2,51	2,68	2,21	2,51	2,68	1,46	1,65	1,84
13	2,46	2,65	2,52	2,09	2,28	2,14	1,72	1,92	1,84
14	2,05	2,20	2,00	1,73	1,88	1,71	1,44	1,59	1,44
15	2,00	2,12	1,99	1,68	1,78	1,69	1,38	1,46	1,41
16	1,38	1,45	1,37	1,20	1,26	1,18	1,03	1,08	1,01
17	3,72	4,14	4,03	3,10	3,45	3,39	2,47	2,81	2,76
18	2,18	2,36	2,55	1,87	2,01	2,16	1,58	1,69	1,80
19	1,15	1,21	1,28	1,03	0,82	0,90	0,91	0,95	1,00
20	1,49	1,53	1,46	1,29	1,32	1,27	1,10	1,13	1,09
21	1,93	2,22	2,20	1,65	1,89	1,91	1,39	1,58	1,65

J-c: Modifiye Janbu yöntemi (kayma yüzeyi dairesel) (Janbu, 1954)

B-c: Modifiye Bishop yöntemi (kayma yüzeyi dairesel) (Bishop, 1955)

J-r: Modifiye Janbu yöntemi (kayma yüzeyi random) (Janbu, 1954)

- Değer yok

anlaşılmıştır. Kızıltepe'nin en yüksek noktası deniz seviyesinden 1168 m, taban seviyesi ise 1110 m'dir. Yeraltı suyu seviyesi yüksekliğinin de 950 m de olduğu göz önünde bulundurularak duraylılık analizlerinde, gözenek suyu basıncı parametresi 0 olarak alınmıştır. Diğer taraftan yamaçlardaki yapılaşmadan dolayı zemine aktarılan yükler için triplex villalarda 50 kN/m², 6 katlı apartmanlarda ise 150 kN/m² basınçları kullanılmıştır.

DEĞERLENDİRME

DOĞAL VE DOLGU ZEMİNİN JEOTEKNİK DEĞERLENDİRİLMESİ

Yerleri Şekil 2'de verilen S1 ve S4 sondajları Topraklı formasyonu içerisinde açılmış olup yüzeye yakın kesimlerde (0-4 m arasında) Standart penetrasyon darbe sayısı (SPT) 7, 4 ile 6 m arasında 13, 6 ile 10 m arasında ise 30 civarındadır. S2 ve S3 sondajla-

rında ise 5-8 m arasında kesilen Topraklı formasyondan sağlanan kırmızı yer, yer çakıllı, killi siltli kum dolgu altında yine aynı litolojili Topraklı formasyonu kesilmiştir. Dolgu zonlarında ise SPT değerinin ortalama 7 olduğu (5 ile 9 arasında değişmektedir) belirlenmiştir.

İncelenen alanda doğal zeminin doğal birim hacim ağırlığı ($\gamma_{m\text{-doğal}}$) 17,5 -18,0 kN/m³, tane birim hacim ağırlığı ($\gamma_{s\text{-doğal}}$) ise 25,7-27,0 kN/m³ arasında değişmektedir. Zeminin likit limiti %47, plastik limiti ise %25 civarındadır. Örneklerin Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasındaki konumu genelde SC (Killi kum) nadiren de SM (siltli kum) dir. Zeminin kayma dayanımı değerlerinden kalıcı içsel sürtünme açısı ($\phi_{r\text{-doğal}}$) 25°, kohezyon ise ($c_{r\text{-doğal}}$) 30 kN/m² dir. Beş dolgu zemin örneği üzerinde yapılan deneylerde ise tabii birim hacim ağırlık ($\gamma_{m\text{-dolgu}}$) 16,7 kN/m³ (15,7-17,3 kN/m³ arasında değişir) tane birim hacim ağırlığı ($\gamma_{s\text{-dolgu}}$) 25,5 kN/m³ (25,3-25,7 kN/m³ arasında değişir), likit limit (LL) %47, plastik limit (PL) %26 olarak tespit edilmiştir. Dolgu zeminin Birleştirilmiş Zemin Sınıflama sistemine göre sınıfı genelde siltli kum (SM) nadiren de killi kum (SC)'dur. Yapılan Standart Proctor Deneylerinde ortalama optimum su içeriği doğal zeminde ($\omega_{opt\text{-doğal}}$) %25, dolguda ($\omega_{opt\text{-dolgu}}$) %24, ortalama maksimum kuru yoğunluk, doğal zeminde ($\rho_{dmax\text{-doğal}}$) 1,58 gr/cm³, dolguda ($\rho_{dmax\text{-dolgu}}$) 1,57 gr/cm³ olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1).

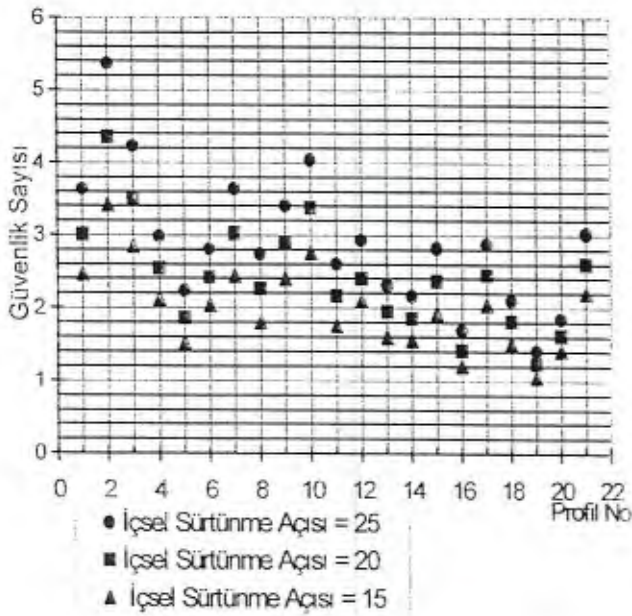
Verilen değerlerden de anlaşılacağı üzere gerek dolgu gerekse doğal zemin, genelde siltli-killi kumdur. Dolgu ile doğal zemine ilişkin belirlenen jeoteknik parametrelerin hemen, hemen aynı olması ve dolgu malzemesinin sağlanması hususunda edinilen bilgiler birlikte değerlendirildiğinde; yamaç düzenlemeleri sırasında kazılan malzemenin dolguda kullanıldığını ortaya koymaktadır. Diğer taraftan dolgu zeminin arazideki su içeriği %31, bu zeminin optimum su muhtevası da %24'tür. Ancak dolgu zeminin kuru yoğunluğu 1,3 gr/cm³, Proctor maksimum kuru yoğunluğu ise 1,57 gr/cm³'tür. Doğal zemin kuru yoğunluğunun (1,3 gr/cm³) dolgu zemin Proctor maksimum kuru yoğunluğa (1,57 gr/cm³) oranı olan sıkışma derecesi ($1,3/1,57 = 0,83$) % 83 olarak belirlen-

miştir. Bu durum dolgu zeminin üzerinde yeteri kadar sıkılmanın yapılmadığını göstermektedir. Yine Standart Penetrasyon darbe sayıları (SPT) doğal zeminde yüzeye yakın kesimlerde (0-4 m arasında) daha düşük (SPT=7), derinlerde ise (>4m) daha yüksektir (SPT= 30). SPT değerinin dolgu zemininde 7 civarında olması dolgunun, doğal zemine göre daha gevşek olduğunu göstermektedir. Doğal zemin SPT değerine göre, yüzeye çok yakın kesimlerde (0-2 m arasında) gevşek, 2-4 m arasında orta-sıkı, derinlerde ise (>6m) sıkı durumdadır. Dolgu ise yüzeye çok yakın kesimlerde (0-2 m arasında) çok gevşek-gevşek, daha derinlerde (>2m) ise gevşek durumdadır. Dolgu ve doğal zeminden alınan örnekler üzerinde yapılan üçer tane tek yönlü sıkıştırma deneylerinden elde edilen basınç boşluk oranı çizelge ve grafikleri (Çizelge 2, Şekil 3) incelendiğinde aynı basınç kademesinde dolguda sıkışmanın daha fazla olduğu görülmektedir.

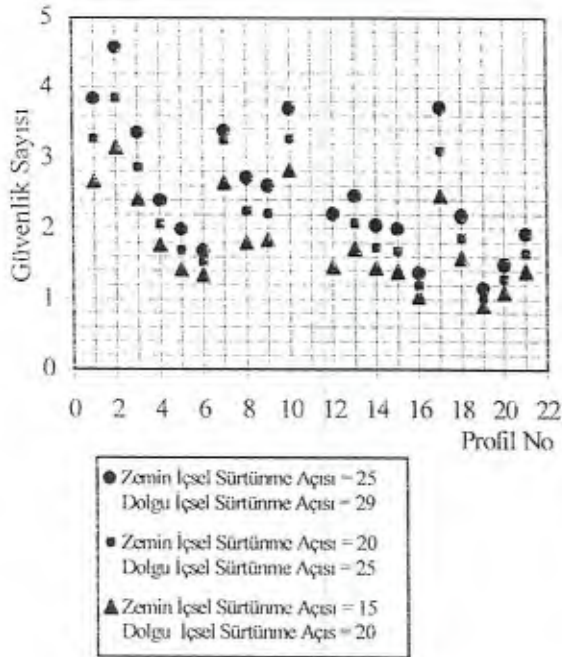
DURAYLILIK DEĞERLENDİRMESİ

Zemin şartlarının homojen olduğu yamaçlarda kaymaya karşı güvenlik sayısının 1,25-1,3'e kadar düşürülebileceği (Jhonson ve Graff 1994) ancak uzun süre dengede kalması istenen şevlerde bu sayının 1,5 olabileceği göz önüne alınarak, duraylılık analizlerinden elde edilen güvenlik katsayılarının profillere göre dağılım grafiği incelendiğinde (Şekil 4) doğal yamaçlarda duraysızlığın olmadığı anlaşılmaktadır. İçsel sürtünme açısı 20°'ye düşürüldüğünde 19 numaralı profilde, 15°'ye düşürüldüğünde ise 16 ve 19 numaralı yamaç profillerinde limit denge durumuna yaklaşılmaktadır. Bu veriler doğal yamaçların düzenlenmeden ve yüklenmeden önce duraylı olduklarını göstermektedir.

Düzenlenen yamaçlar üzerine inşa edilen yapılar- dan kaynaklanan ek yükler altındaki yamaç duraylılık analizlerinden elde edilen ve Çizelge 4'te verilen en düşük güvenlik sayıları incelendiğinde Modifiye Janbu (Janbu, 1954) yönteminden (kayma yüzeyi dairesel) hesaplanan güvenlik sayılarının daha düşük olduğu görülmektedir. Söz konusu bu düşük güvenlik sayılarının profillere göre çizilen grafiği (Şekil 5)



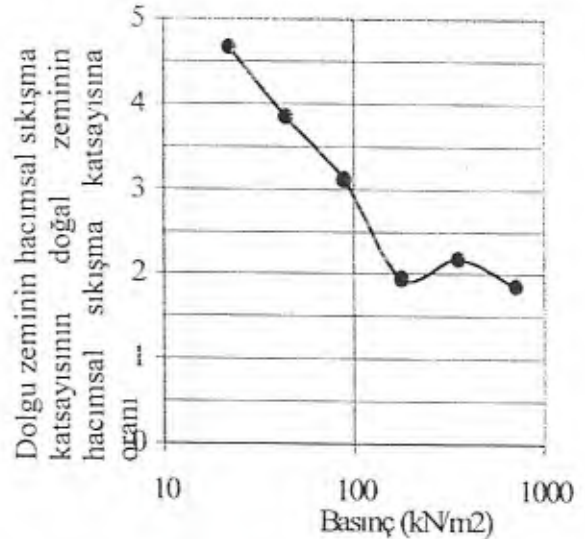
Şekil 4. Doğal yamaçlarda hesaplanan yamaç stabilite güvenlik sayıları



Şekil 5. Düzenlenmiş ve yüklenmiş yamaçlarda hesaplanan stabilite güvenlik sayıları.

incelendiğinde $\phi_{\text{doğal}}=25^\circ$, $\phi_{\text{dolgu}}=29^\circ$ olması durumunda sadece 19 numaralı şevde limit dengeye ulaşılmaktadır. 16 ve 19 numaralı şevlerde güvenlik sayısı 1,2-1,4 arasında, diğer şevlerde ise güvenlik sayıları genelde 1,5'den daha büyüktür. İçsel sürtünme açısı $\phi_{\text{doğal}}=20^\circ$, $\phi_{\text{dolgu}}=25^\circ$ alındığında ise 16, 19, 20 numaralı şevlerde limit denge durumuna ulaşılmakta, geriye kalan diğer şevlerde ise güvenlik sayısı 1,4'den büyük olmak üzere duraylı durumdadırlar. $\phi_{\text{doğal}}=15^\circ$, $\phi_{\text{dolgu}}=20^\circ$ 'ye düşürüldüğünde ise 16 ve 19 numaralı şevlerde duraysızlığın olduğunu gösteren güvenlik sayıları elde edilirken, diğer şevlerde ise duraylılık söz konusudur. Ancak, sadece yukarıda söz edilen duraysızlık veya limit denge durumuna ulaşılmış profillerde değil diğer profillerin üzerinde bulunan yapılarda da çatlak oluşumları saptanmıştır. 16, 19, 20 numaralı şevler üzerinde bulunan yapılarda oluşan çatlaklarda kaymanın etkisi olabilir. Ancak diğer yapılarda oluşan çatlakları şev duraysızlıklarıyla açıklamak mümkün görülmemektedir. Arazi çalışmalarında da kayma izleri gözlenememiştir.

Diğer taraftan dolgu ve doğal zeminden alınan örnekler üzerinde yapılan sıkıştırma deneylerinden hesaplanan ortalama hacimsel sıkıştırma değerleri ile



Şekil 6. Doğal ve dolgu zeminlerin hacimsel sıkıştırma katsayılarının birbirine oranları-Basınç ilişkisi

dolgu ve doğal zeminlerin hacimsel sıkışma katsayılarının aynı basınç kademelerindeki oranları incelendiğinde (Çizelge 2, Şekil 6) $44,4 \text{ kN/m}^2$ basınç kademesinde dolgu ve doğal zemin hacimsel sıkışma katsayısı oranının yaklaşık $3,85 \cdot 10^{-7}$ dolayında olduğu görülmektedir. Bu durum; kısmen dolgu kısmen de doğal zemin üzerine oturan yapıların farklı oturmalarına maruz kalacağını göstermektedir. Örneğin 6 numaralı şevin aşağı seviyelerinde 4 m kalınlığında dolgu yapılmış olup üzerine inşa edilen 22 m uzunluğundaki yapının 12 m'si bu dolgu üzerinde diğer 10 m'si ise doğal zemin üzerindedir. 50 kN/m^2 basınçta dolgunun fazla olduğu alt kesimlerde oturma yaklaşık olarak 12,37 cm, yukarı kesimlerinde ise 3,18 cm'dir. 20 m genişliğindeki yapının iki ucu arasında oluşan oturma farkı 9,2 cm dir. 1/130 değerindeki bu açısal sapma ise binalarda çatlama oluşacağını (Mc Donald and Skempton, 1955) göstermektedir. Kızıltepe'de yapılan dolgu kalınlığının yer, yer 6-8 m'ye kadar çıktığı göz önüne alındığında farklı oturumların daha da büyüyeceği aşikardır. Genel olarak yapısal zarar tehlikesinin 1/150 açısal distorsiyon limitinde (Bjerrum, 1963; Wahls, 1981) olduğu göz önüne alındığında Kızıltepe'de inşa edilen yapılarda oluşan çatlama ve yapıların düşeyden saptmalarında farklı oturumların asıl faktör olduğu söylenebilir. 12 numaralı profil üzerinde başlangıçta bitişik olarak inşa edilmiş olan 6 katlı ikiz apartmanın güney bloğu ile kuzey bloğu arasındaki açıklık 6. katta 9 cm olarak ölçülmüştür. Bunlardan güney blok 3 m kalınlığındaki dolgu üzerine, kuzey blok ise doğal zemin üzerine oturtulmuştur. 3 m kalınlıkta güney bloktaki oturma 22,63 cm, kuzey blokta ise 9,68 cm dir. 20 m de 13 cm'ye varan farklı oturma yaklaşık 20 m yüksekliğindeki 6 katlı apartmanın üst seviyelerinde 10-15 cm civarında açıklığın olmasını gerektirmektedir. Hesaplanan değer ile ikiz bloklar arasındaki açıklığın yaklaşık olması binadaki düşeyden saptmada farklı oturumların asıl etken olduğunu göstermektedir. Kızıltepe'de inşa edilen yapılarda oluşan deformasyonların önüne geçilebilmesi için temel zemini enjeksiyonlarla iyileştirilmiş ilave olarak dre-

naj kanalları ve istinat duvarları inşa edilmiştir. 11 numaralı profil üzerindeki eğilen 6 katlı blok ise tamamen yıkılmıştır. Diğer taraftan onarılamayacak boyutta ve miktarda çatlakların olduğu villalardan da iki tanesi yıkılmıştır. Dolgu temel zemini elde edilmesi hususunda bilinen basit ve maliyeti düşük prensiplerin uygulanmaması sonucunda Kızıltepe'de inşa edilen yapılarda deformasyonlar oluşmuştur. Söz konusu deformasyonlardan dolayı yıkılan yapılar ile zemin iyileştirilmeleri için harcanan mali kaynak 1.300.000\$ mertebesindedir.

SONUÇLAR

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Yapılan eğim analizlerinde: Kızıltepe yamaçlarının genelde az eğimli (eğim $<5\%$) olduğu, ancak güney ve batı orta kesimlerinde ise orta derecede eğimli (eğim 5-15 %) simetrik yamaçların bulunduğu belirlenmiştir.
2. Kızıltepe'de zemin genelde siltli killi kum olduğu belirlenmiştir. Zeminin kalıcı kohezyonu 30 kN/m^2 , içsel sürtünme açısı ise 29° dir.
3. Yapılan duraylılık incelemelerinde, doğal yamaçların duraylı oldukları belirlenmiştir.
4. Düzenlenmiş ve yüklenmiş yamaçlarda yapılan stabilite analizlerinde iki profilde limit denge durumu saptanırken diğer yamaçlarda ise yamaç kayma güvenlik sayısının 1.5 dan daha büyük olduğu belirlenmiştir.
5. 44 kN/m^2 basınç altında, dolgu zemini hacimsel sıkışma sayısının doğal zemin hacimsel sıkışma sayısına oranı yaklaşık 4 olduğu belirlenmiştir.
6. Kızıltepe üzerine inşa edilen yapılarda oluşan deformasyonlarda yamaç kaymalarının asıl etken olmadığı, kısmen doğal kısmen de dolgu zemin üzerine oturtulan yapılarda oluşan deformasyonlar dolgu ve doğal zeminlerde oluşan farklı miktardaki oturumlardan kaynaklandığı ortaya konulmuştur.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Bishop, A. W. , 1955. The use of slip circles in stability analysis of earth slopes. *Geotechnique*, 5, 7-17 pp.
- Bjerrum, L., 1963. Allowable settlement of structures. Proceedings, European conference on soil mechanics and foundation engineering, Wiesbaden, Germany, Vol. III, 135-137 pp.
- Bowles E., J., 1982. *Foundation Analysis and Design*. McGraw-Hill Book Company, where814p.
- Eren, Y., 1993. Konya Kuzeybatısında Bozdağlar Masifinin otokton ve örtü birimlerinin stratigrafisi. *TJB*. 36-2 , 7 s.
- Janbu, N. , 1954. Application of composite slip circles for stability analysis, proc. European conf. on stability of Earth slopes, Stockholm, 4, 43-49 pp.
- Jhonson, R., B. and Graff J., V. , 1994. *Engineering Geology a Laboratory Manual*. Macmillan Publishing Company, New-York, 190 p.
- Kopperman, S. and J., R., Carpenter 1985. *PCSTABLE4 User's Manual*. Federal Highway Administration report FHWA-TS-85-229, Washington, D.C., 100 p.
- Mc Donald, D.,H., and A. W Skempton, 1955. A Survey of comparisons between calculated and observed settlements of structures on clay; conference on correlation of calculated and observed stresses and displacements. ICE, London, 318-337 pp.
- Özdemir, A., 1984. Sille-Meram (Konya) Sahası jeoloji ve zemin incelemesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Konya, Yüksek Mühendislik Tezi, Konya, 155 s (yayınlanmamış).
- SMP (Soil Mechanics Piling) , 1996. Komvilev Villaları zemin araştırma sondaj logu. SMP Müh Ltd. Şti, Ankara, 10s, (yayınlanmamış).
- Wahls, H. E., 1981. Tolerable settlement of buildings. *Journal of the Geotechnical Engineering Division, American Society of civil Engineers*, 107, No. GT11, 1489- 1504 pp.

