



ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ-YENİŞEHİR (ERZURUM) YERLEŞİM ALANI ZEMİNİ GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Necmi YARBAŞI*, M. Salih BAYRAKTUTAN**, Azer KADİROV*

*Atatürk Üniversitesi, Deprem Araştırma Merkezi Müdürlüğü, 25240/Erzurum

** Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 25240/Erzurum

Geliş Tarihi : 16.04.2002

ÖZET

Erzurum ikinci derece deprem bölgesinde yer alması ve şehrin büyük bölümünün aktif faylar tarafından kesilen alüvyon yelpazeler üzerinde gelişmiş olması nedeniyle, deprem tehlikesi ile karşı karşıyadır. Bu çalışma ile olası büyük bir depremde hasarın en aza indirilmesi amaçlanmıştır. İnceleme alanında zemin türü, iç yapısı, fiziksel ve mekanik özellikleri farklı dokuz geoteknik birim haritalanmıştır. Her birimden alınan örneklerde granülometri, kıvam limitleri, geçirgenlik, kompaksiyon ve kesme dayanımı gibi testler uygulanmıştır. Mekanik verilere ek olarak üç büyük zemin türünün jeolojik özellikleri, çökelim birimlerinin düşey ve yataydaki değişimleri incelenmiştir. Jeo-Mühendislik özelliklerin dağılımına bağlı olarak sahanın sığ geoteknik haritası hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Jeoloji, Geoteknik harita, Fiziksel ve mekanik özellikler

GEOTECHNICAL PROPERTIES OF THE SOIL IN THE ATATÜRK UNIVERSITY- YENİŞEHİR (ERZURUM) URBAN AREA

ABSTRACT

Erzurum is under seismic hazard, due to its location on the second-degree seismic zone and development of the city on alluvial fan deposits, which are cut and deformed by active faults. This work is performed to minimize the seismic hazard by a major possible earthquake. Nine geotechnical units have been identified each with different kinds of soil, geological structure, physical and mechanical properties. Samples collected from various points in each unit are tested for granulometry, atterberg limits, permeability, compaction and shear strength. In addition to the mechanical properties; geological features, vertical and lateral variations in physical properties of the depositional units are investigated. Shallow geotechnical zoning map of the research area was prepared depending on the geo-engineering properties.

Key Words : Geology, Geotechnical map, Physical and mechanical properties

1. GİRİŞ

Erzurum, Karasu Havzası doğu ve güney kenarlarını oluşturan fayların kesişme noktasında kurulmuş olması nedeniyle tarihinde çok sayıda yıkıcı depremlere maruz kalmıştır. Palandöken Dağı kuzey

yamaçlarından başlayarak kuzeye doğru Kiremitlik Tabya Tepeleri ve Atatürk Üniversitesi kampüs alanına kadar uzanan sahada aktif faylar, genç alüvyon zemin ve yeraltı suyu, bu bölgenin planlamasını olumsuz yönde etkileyen üç büyük risk kaynağıdır.

2. JEOLJİ

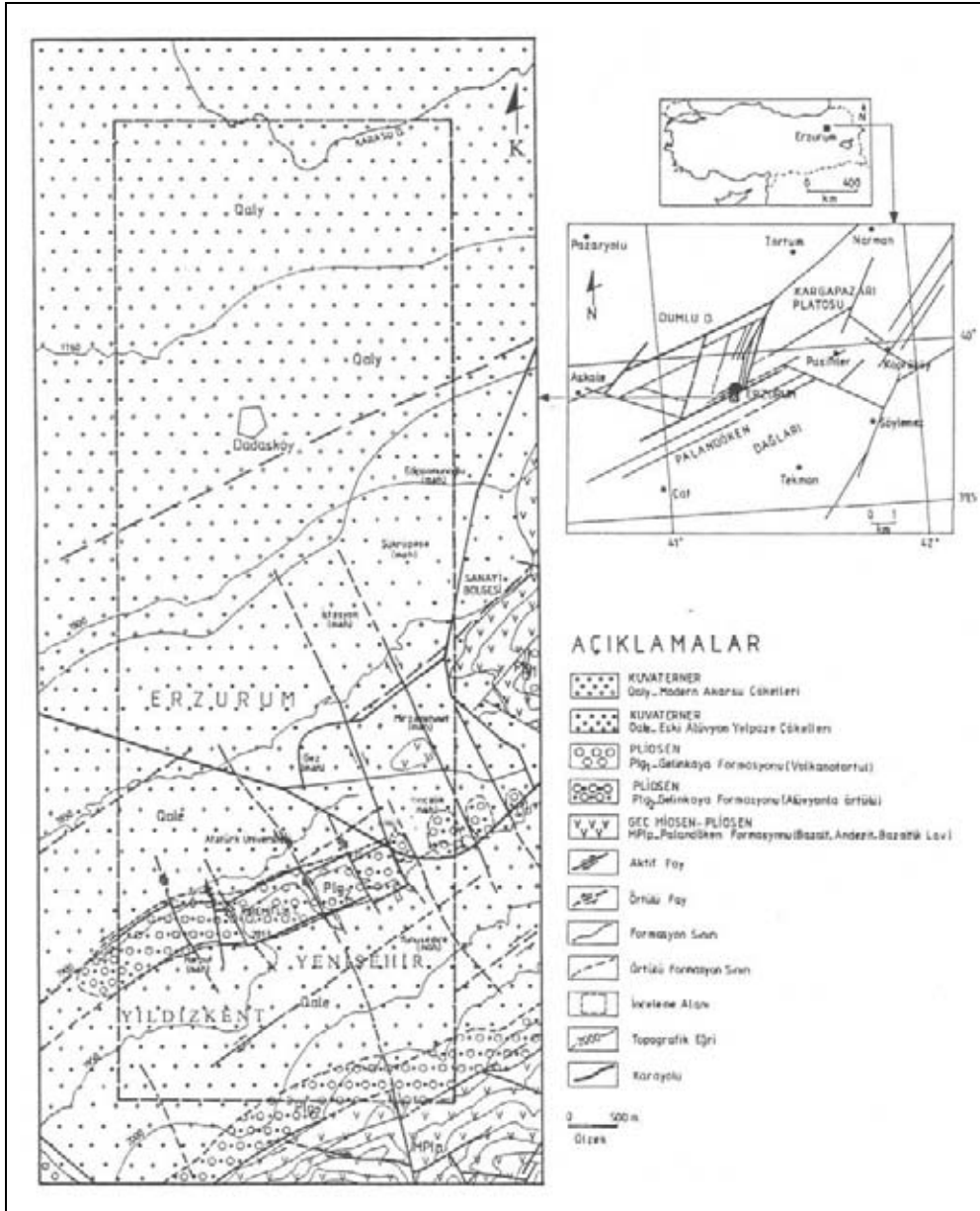
2. 1. Litoloji

Erzurum ve çevresindeki dört ana zemin türünden üç tanesi inceleme alanında yer almaktadır. Bunlar aynı zamanda üç önemli litostratigrafi birimi olarak bu sahada yüzeylenmektedir (Şekil 1). Bunlar güneyden kuzeye doğru,

1. Palandöken Volkanitleri (Geç Miyosen-Pliyosen): Volkanitler bazalt, andezitli bazalt, bunların proklastikleri, yer yer

riyolitlerden oluşan strato-tipde gelişmiş lav ve piroklastik akıntılardan oluşmuştur (Arpat, 1965).

2. Volkanotortul istif (Pliyosen): İnce taneli terrijen sedimentler, marn, tüfit, diatomit, ince göl kalkerlerinden oluşan Gelinkaya Formasyonu (Arpat, 1965).
3. Eski Alüvyon Yelpazesi (Kuvaterner): Alüvyon yelpaze kaba taneli gevşek çakıl ve kumlu çakıl sedimentlerin aralanmasından oluşur. Aralarında ince kumlu mercerler mevcuttur (Koçyiğit ve ark., 1985).



Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru ve basitleştirilmiş jeoloji haritası (Yarbaşı, 2001)

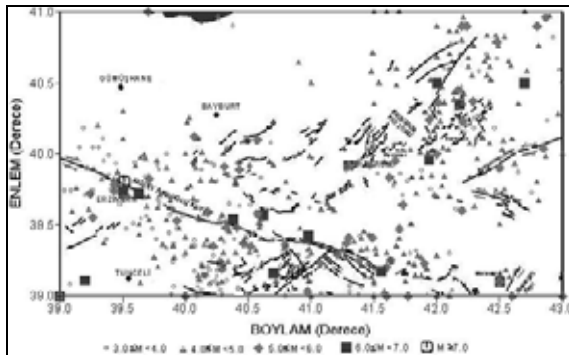
2. 2. Aktif Tektonik

Kiremitlik Tabya Tepelerinin kuzey sınırını oluşturan Kiremitlik Fayı ve buna paralel Yenişehir mevkisini K30°D doğrultusunda kat eden Yenişehir Fayı sol yanal atımlı ters fay nitelikli ve güney doğuya doğru 60-70° eğimlidir. Ayrıca bu tepeler KKB doğrultulu sağ yanal atımlı faylarla birbirlerinden ayrılmışlardır. Havzanın doğu kenarı KKD-GGB uzanımlı sol yanal atımlı faylar (Dumlu Fayları) ile güney kenarı DKD-BGB uzanımlı ters faylarla (Palandöken Fayları) sınırlanmıştır. Üçüncü doğrultudaki (KKB-GGD) normal faylar, yaklaşık D-B uzanımlı daha yaşlı kıvrımlı yapıları kesmektedir (Barka ve Bayraktutan, 1985). Çalhak deresi KKB doğrultulu sağ-düz atımlı bir kırıktır. Yörede egemen kırıklar K45°D olup, Doğu Anadolu Kırığı gibi sol düz atımlıdır (Ercan ve ark., 2001).

2. 3. Depremsellik

Erzurum ve çevresinde muhtemel doğal afetlerin en yıkıcı ve en etkin olanı depremdir. Bölgede en son yıkıcı depremler 1924-Pasinler (M = 6.9), 1952-Pasinler (M = 5.8), 1967-Pülümür (M = 6.2), 1983-Horasan (M = 6.8) ve 1992-Erzincan (M = 6.8) tarihlerinde meydana gelmiştir (Bağcı, 1991).

İnceleme sahasına yakınlığı, hareket yönleri ve geometrik ilişkileri bakımından Palandöken ve Dumlu fayları önemlidir. Gelecekte meydana gelecek muhtemel depremlerin odakları büyük olasılıkla bu iki fay kuşağının kesişme yeri olan Erzurum güney doğusunda gerçekleşecektir (Bayraktutan, 2001). 1901-2001 yılları arasında oluşan depremlerin episantr dağılımları ve MTA tarafından hazırlanan aktif fay haritası birlikte çizilmiş Şekil 2’de gösterilmiştir (Bayrak, 2001).



Şekil 2. Erzurum ve civarının tektoniği ve sismisitesi (Bayrak, 2001)

2. 4. Hidrojeoloji

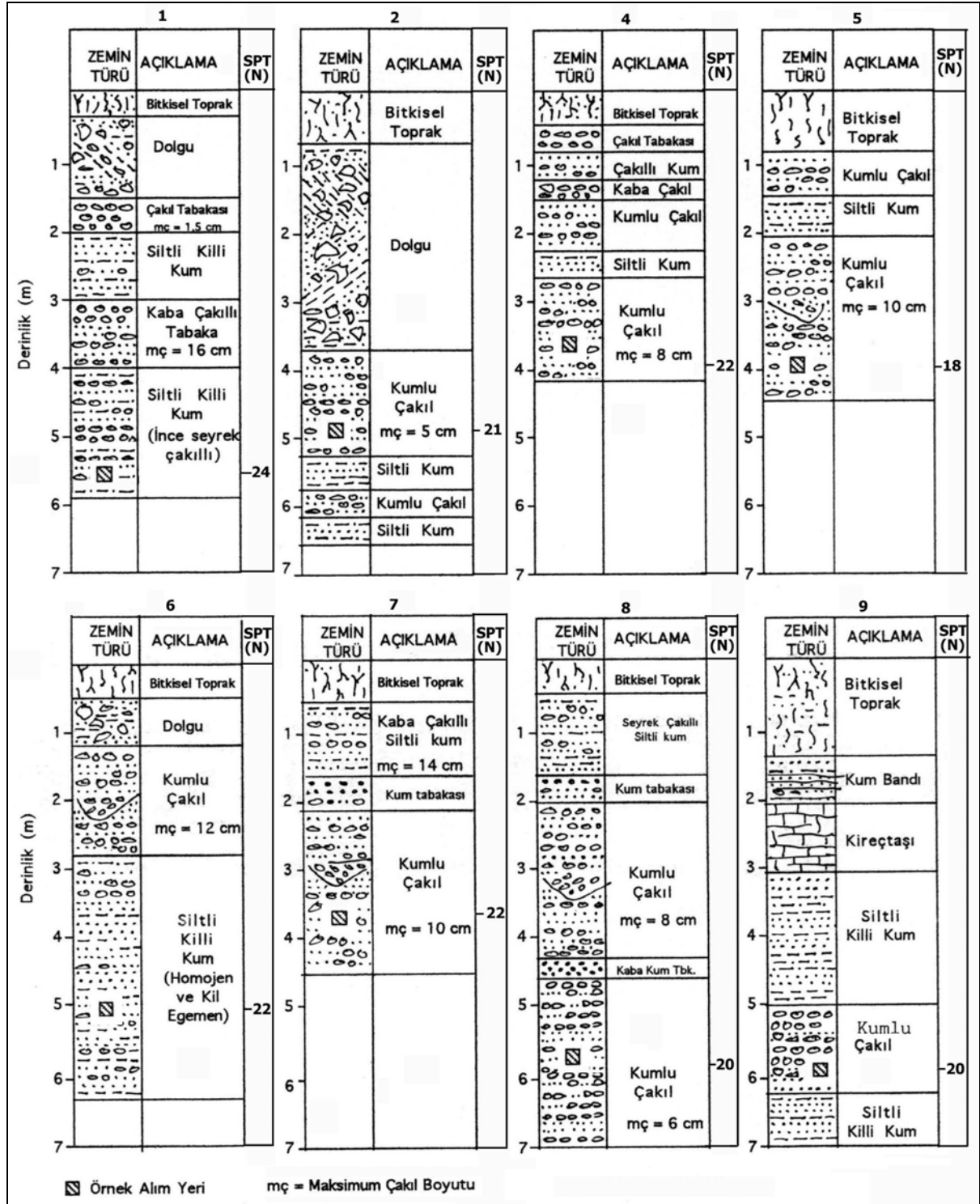
İnceleme sahasında en önemli akarsu Karasu Nehridir. Kuzeydoğudan ovaya girerek önce KD-GB doğrultusunda daha sonra D-B yönünde bütün ovayı katetmektedir. Yer altı suyu akımı güneyde alüvyon konilerinden topografik koşullara uygun olarak kuzeye doğru yelpaze şeklinde açılış gösterir. Akifer derinliği ova çevresinde 100-200 m., ova merkezinde ise 50-100 m'dir (Anon., 1978a).

3. UYGULANAN YÖNTEM VE TESTLER

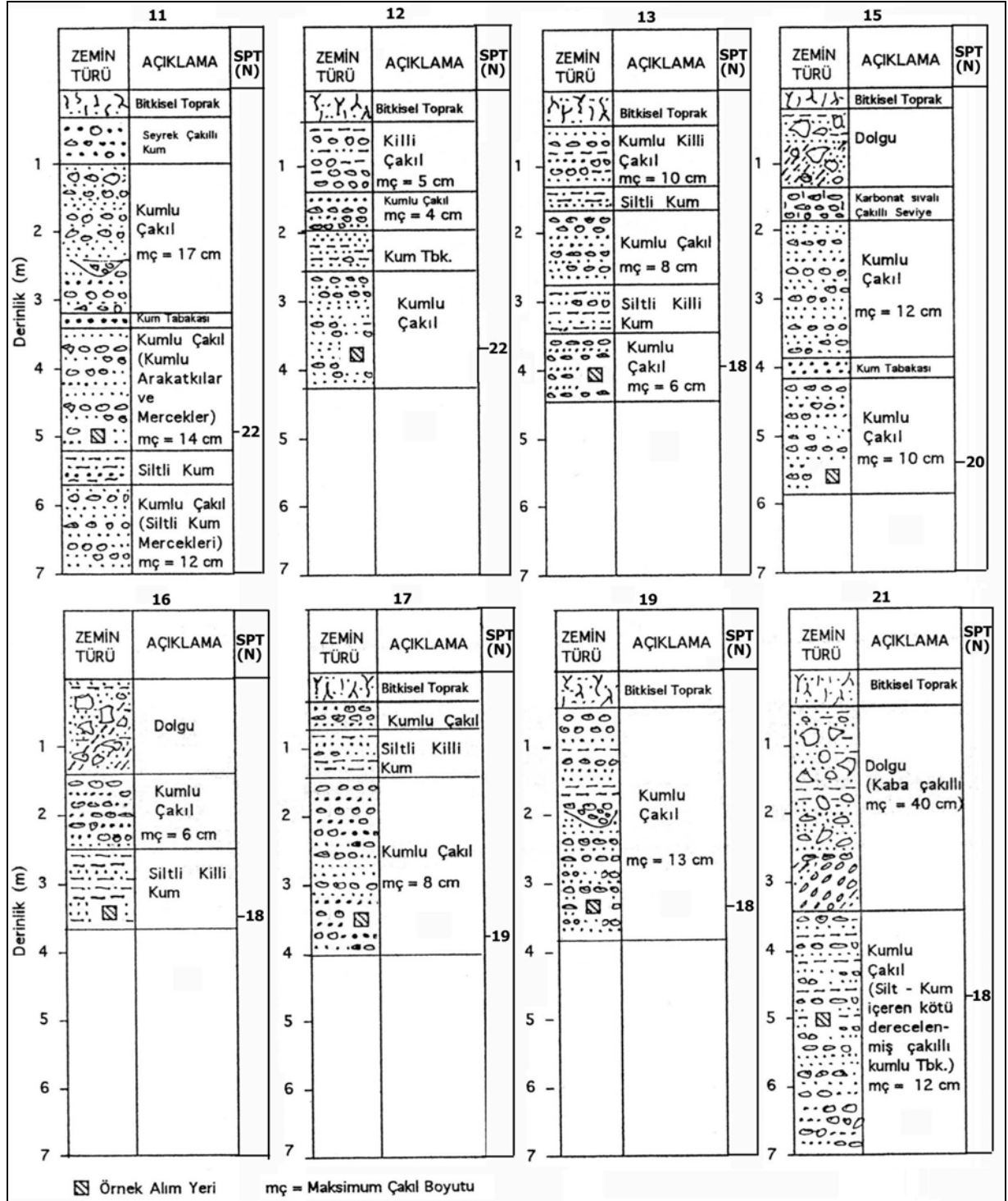
Bu haritadaki jeolojik birimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri temel hafriyatları ve açılan hendeklerde; tabii zemin yüzeyinden yaklaşık 4 m derinlikten alınan örneklerden elde edilmiştir. Sahanın çok büyük bölümü alüvyon birimi ile kaplıdır. İnceleme alanında zemin türlerinin jeolojik ve geoteknik özelliklerinin yanal değişimleri göz önüne alınarak örnekleme yeterli sıklıkta yapılmıştır. Alüvyon zeminlerde inceleme alanının tümünde iki farklı granülometride zemin türü belirlenmiştir.

Örnekleme ve Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) bu iki zeminde (kumlu çakıl ve siltli kum) yaklaşık aynı derinlikte (4.0-4.5 m) yapılmıştır. Arazide SPT, 4 m yüksekliğindeki sehpa monte edilen makara, halat, 63.5 kg ağırlığında şahmerdan, tij ve konik uçtan oluşan portatif SPT aletiyle, açılan temel çukurlarında yapılmıştır. Bu nedenle SPT için derinlik düzeltmesi yapılmamış ve Şekil 3-4’te gösterilen zemin kesitlerinde SPT’nin yapıldığı seviyedeki vuruş değeri gösterilmiştir. Dolayısıyla SPT ve örneklemenin yapıldığı temel taban seviyesi, zemin emniyet gerilmesinin hesaplanmasında da kullanılmıştır. Laboratuarda, granülometri, tane birim hacim ağırlığı (γ_s), kıvam limitleri (w_L, w_p, PI), geçirgenlik (k) gibi fiziksel parametreler ile maksimum kuru birim hacim ağırlığı (γ_{kmax}), optimum su muhtevası (w_{opt}), kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) gibi mekanik özellikler TS 1900’deki esaslara uyularak belirlenmiştir (Anon., 1978b). Bu değerlerden elde edilen Emin Taşıma Gücü (q_e) değerleri, Terzaghi Taşıma Gücü Teorisi ile bir takım kabuller yapılarak hesaplanmıştır. Buna göre,

$$q_s = k_1 c N_c + \gamma_n D_f N_q + k_2 B \gamma_n N_\gamma \quad (\text{Terzaghi and Peck, 1967}).$$



Şekil 3. Ölçüm yerlerinde zemin kesitleri



Şekil 4. Örnek yerlerinde zemin kesitleri

Burada, q_s sınır taşıma gücü, k_1, k_2 temel şekil katsayıları, N_c, N_q, N_γ taşıma gücü faktörleri, c kohezyon, ϕ içsel sürtünme açısı, B temel genişliği, D_f temel derinliği, γ_n doğal birim hacim ağırlığıdır. Alüvyon biriminin (kumlu çakıl ve siltli kum) gevşek veya orta sıkı zemin sınıfında olması nedeniyle

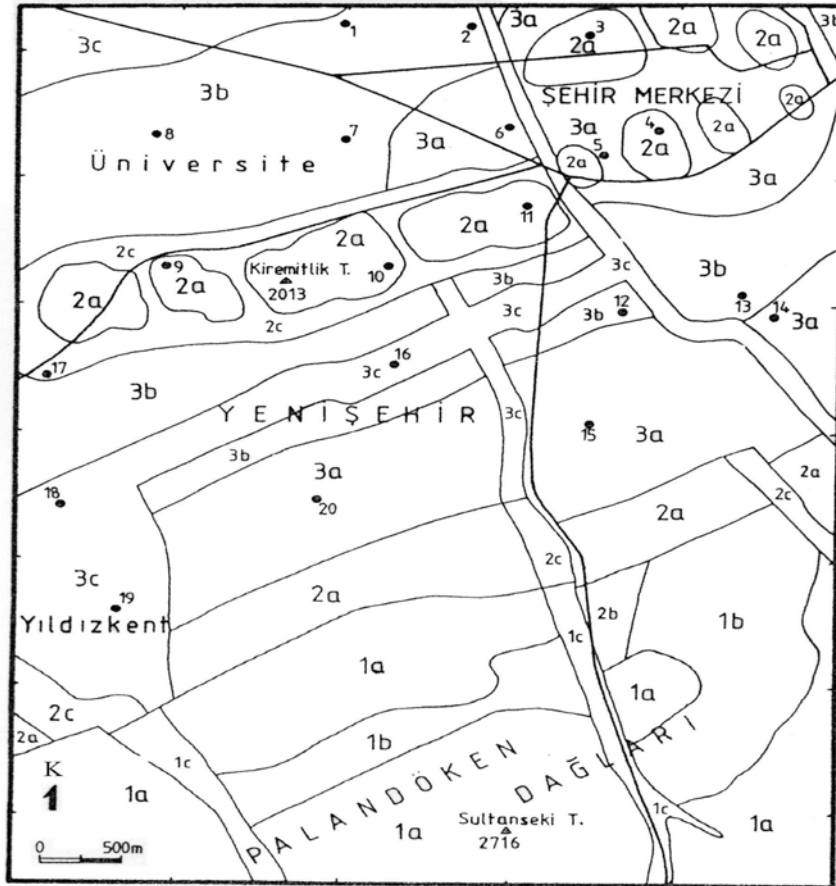
bölgesel kayma kırılması durumu kabul edilmiştir. Bu amaçla, kesme kutusu deneyleri ile elde edilen kohezyon değerleri yerine, azaltılmış değerler olan $c^* = (2/3)c$ değerleri, içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleri yerine de azaltılmış değerler olan $\tan\phi^* = (2/3)\tan\phi$ değerleri kullanılmıştır (Uzuner, 1998).

Temel sistemi ve genişliği olarak, $B = 1.5$ m genişlikli sürekli temel alınmıştır. Bu durumda temel şekil katsayıları, $k_1=1$, $k_2=0.5$ olarak belirlenmiştir. Yeraltı suyunun temel zeminine etkisi olmadığı kabul edilmiş ve laboratuvar deneyleri ile belirlenen ortalama doğal birim hacim ağırlık kumlu çakıl birimi için $\gamma_n=1.55$ gr/cm³, siltli kum birimi için $\gamma_n=1.60$ gr/cm³ olarak alınmıştır. Örnekler önceden açılmış temel çukurundan alındığı için düşey efektif gerilme ($Po' = \gamma_n \cdot D_f - \gamma_{su} \cdot h_{su} = 0$) sıfır olarak kabul edilmiş ve güvenlik sayısı (G_s) = 3.5 olarak alınmıştır (Uzuner, 1998). Örneklerin fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1' de verilmiştir. Şekil 5'de gösterildiği gibi 20 noktada inceleme yapılmıştır. Bunlardan seçilen 16

noktaya ait zemin kesitleri Şekil 3-4'de gösterilmiştir. Geoteknik birim olarak üç ana grup (1, 2, 3) her grup kendi içinde üç alt birime (a, b, c) ayrılarak Şekil 5' de gösterilmiştir.

4. GEOTEKNİK HARİTA

Hazırlanan Geoteknik Bölgeleme Haritasında (Şekil 5) Palandöken-Atatürk Üniversitesi (Erzurum şehir merkezi güneyi) arası 3 ana, 9 alt bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgelerin önde gelen karakteristik özellikleri aşağıdaki gibidir.



1 a	Kaya Zemin	2 c	Aktif Fay Zonu + Dere Dolgusu
1 b	Yaşlı Alüvyon Yelpaze + Yamaç Molozu	3 a	Alüvyon Yelpaze (Kaba Çakıllı)
1 c	Aktif Fay Zonu + Dere Dolgusu	3 b	Alüvyon Yelpaze (Orta Çakıllı)
2 a	Yaşlı Alüvyon Yelpaze (Taban Gelinkaya Formasyonu)	3 c	Aktif Fay Zonu + Dere Dolgusu
2 b	Yaşlı Alüvyon Yelpaze Apex (Taban Piroklastik)	• 2	Örnek No ve Yeri

Şekil 5. Erzurum şehir merkezi güneyi geoteknik haritası

Tablo 1. Örneklerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Örnek No Parametre	1		2		3		4		5
	Kumlu	Çakıllı	Kumlu	Çakıllı	Kumlu	Çakıllı	Kumlu	Çakıllı	Kumlu
USCS	SC	GW	SC	GP	SM-SC	GW	SM-SC	SM	
MIT	Çakıllı, siltli killi KUM	Kumlu ÇAKIL	Çakıllı,siltli killi KUM	Kumlu ÇAKIL	Siltli, killi çakıl KUM	Kumlu ÇAKIL	Çakıllı,siltli killi KUM	Çakıllı,siltli killi KUM	
γ_s (gr/cm ³)	2.52	2.64	2.50	2.60	2.54	2.58	2.54	2.48	
γ_n (gr/cm ³)	1.63	1.61	1.50	1.55	1.60	1.55	1.59	1.64	
γ_k (gr/cm ³)	1.36	1.54	1.25	1.48	1.36	1.44	1.42	1.46	
w (%)	20.10	5.0	20.6	4.8	18.0	7.3	12.3	12.4	
e (%)	85.00	71.33	1.01	75.80	87.34	78.58	79.02	70.45	
n (%)	46.00	41.63	50.00	43.1	46.6	44.00	44.14	41.3	
S _r (%)	59.00	17.70	51.00	16.5	52.4	23.95	39.55	43.8	
w _L (%)	3.3	21.0	31.7	20.7	26.8	20.6	22.7	37.9	
w _p (%)	14.3	NP	19.5	NP	21.0	NP	18.0	29.4	
PI (%)	17.0	--	12.2	--	5.8	--	4.7	8.5	
$\gamma_{k\max}$ (gr/cm ³)	1.56	2.11	1.46	2.07	1.72	1.73	1.78	1.52	
W _{opt} (%)	21.1	10.6	24.6	11.4	16.6	10.8	14.3	24.2	
k (cm/sn)	3.0x10 ⁻⁴	5.9 x 10 ⁻³	9.6x10 ⁻⁴	2.6x10 ⁻³	2.7x10 ⁻⁴	6.6x10 ⁻³	9.5x10 ⁻⁵	9.2x10 ⁻⁴	
D _r (%)	--	30	--	19	--	29	--	--	
c (kg/cm ²)	0.16	0.30	0.30	0.30	0.25	0.22	0.20	0.30	
Ø (Derece)	31	34	30	34	31	37	35	33	
q _{emin} (kg/cm ²)	0.80	1.50	1.16	1.38	1.12	1.41	1.08	1.39	

Örnek No Parametre	6		7		8		9	
	Çakıllı	Kumlu	Çakıllı	Kumlu	Çakıllı	Kumlu	Çakıllı	Kumlu
USCS	GP	SP-SC	GP	SM-SC	GP	SP-SC	GW	SM-SC
MIT	Kumlu ÇAKIL	Siltli, killi çakıl KUM	Kumlu ÇAKIL	Siltli, killi çakıl KUM	Kumlu ÇAKIL	Siltli, killi çakıl KUM	Kumlu ÇAKIL	Çakıllı,siltli killi KUM
γ_s (gr/cm ³)	2.58	2.49	2.62	2.49	2.62	2.52	2.59	2.47
γ_n (gr/cm ³)	1.54	1.61	1.54	1.58	1.55	1.51	1.57	1.60
γ_k (gr/cm ³)	1.7	1.44	1.40	1.25	1.44	1.21	1.51	1.38
w (%)	4.9	11.7	10.0	28.0	7.9	25.0	4.0	16.0
e (%)	75.81	72.68	87.00	93.53	82.38	1.09	71.10	79.54
n (%)	43.10	42.10	46.50	48.33	45.17	52.00	42.0	44.30
S _r (%)	16.70	40.1	30.10	60.71	25.14	58.00	15.0	49.63
w _L (%)	21.8	20.9	23.1	24.3	22.1	23.8	32.0	34.5
w _p (%)	NP	13.9	NP	21.0	NP	14.3	NP	27.8
PI (%)	--	7.0	--	3.3	--	9.5	--	6.7
$\gamma_{k\max}$ (gr/cm ³)	1.92	1.89	2.02	1.86	2.02	1.79	1.81	1.37
W _{opt} (%)	13.3	14.9	12.3	15.4	11.2	18.4	13.3	30.0
k (cm/sn)	1.6x10 ⁻³	6.6x10 ⁻⁴	5.0x10 ⁻³	9.3x10 ⁻⁴	8.3x10 ⁻³	9.7x10 ⁻⁴	6.7x10 ⁻²	4.2x10 ⁻⁴
D _r (%)	14	--	13	--	12	--	31	--
c (kg/cm ²)	0.24	0.16	0.20	0.28	0.20	0.10	0.22	0.20
Ø (Derece)	36	36	38	33	38	36	37	36
q _{emin} (kg/cm ²)	1.35	0.95	1.26	1.32	1.26	0.75	1.41	1.13

Örnek No Parametre	10	11		12		13	14	
	Çakıllı	Çakıllı	Kumlu	Çakıllı	Kumlu	Çakıllı	Çakıllı	Kumlu
USCS	GW	GW	SP-SC	GW	SW-SM	GP	GW	SW-SC
MIT	Kumlu ÇAKIL	Kumlu ÇAKIL	Siltli, Killi ÇAKIL KUM	Kumlu ÇAKIL	Siltli, Killi ÇAKIL KUM	Kumlu ÇAKIL	Kumlu ÇAKIL	Siltli, Killi ÇAKIL KUM
γ_s (gr/cm ³)	2.63	2.62	2.52	2.60	2.47	2.62	2.62	2.50
γ_n (gr/cm ³)	1.56	1.60	1.65	1.61	1.65	1.54	1.55	1.58
γ_k (gr/cm ³)	1.49	1.51	1.42	1.52	1.53	1.47	1.46	1.32
w (%)	4.7	6.10	16.8	6.2	7.6	4.8	6.4	19.60
e (%)	77.07	73.79	79.30	71.46	61.26	77.89	79.85	89.23
n (%)	43.5	42.50	44.20	41.7	37.99	43.80	44.39	47.15
S _r (%)	16.1	21.60	53.80	22.48	30.46	16.10	20.99	54.91
w _L (%)	21.9	28.3	30.7	30.5	33.7	18.4	28.4	32.30
w _p (%)	NP	NP	17.6	NP	28.9	NP	NP	25.0
PI (%)	--	--	13.1	--	4.8	--	--	7.3
$\gamma_{k\max}$ (gr/cm ³)	1.96	1.98	1.62	1.97	1.65	1.92	2.00	1.72
W _{opt} (%)	11.8	10.9	18.5	13.0	18.9	11.7	11.5	18.7
k (cm/sn)	1.5x10 ⁻²	2.2x10 ⁻³	6.8x10 ⁻⁴	8.7x10 ⁻⁴	8.5x10 ⁻⁴	3.3x10 ⁻³	4.4x10 ⁻³	4.8x10 ⁻⁴
D _r (%)	32	55	--	69	--	16	27	--
c (kg/cm ²)	0.27	0.30	0.26	0.28	0.30	0.18	0.22	0.23
Ø (Derece)	37	33	35	35	33	36	38	36
q _{emin} (kg/cm ²)	1.38	1.39	1.33	1.45	1.39	1.08	1.34	1.30

Tablo 1. Örneklerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri (Devam)

Örnek No Parametre	15	16	17		18	19	20	
	Çakıllı GW	Kumlu SC	Çakıllı GW	Kumlu SM	Çakıllı GW	Çakıllı GP	Çakıllı GW	Kumlu SM-SC
MIT	Kumlu ÇAKIL	Çakıllı, siltli killi KUM	Kumlu ÇAKIL	Siltli, killi Çakıl KUM	Kumlu ÇAKIL	Kumlu ÇAKIL	Kumlu ÇAKIL	Çakıllı, siltli killi KUM
γ_s (gr/cm ³)	2.62	2.48	2.61	2.46	2.62	2.62	2.61	2.51
γ_n (gr/cm ³)	1.54	1.59	1.53	1.55	1.58	1.54	1.56	1.61
γ_k (gr/cm ³)	1.46	1.38	1.47	1.24	1.51	1.45	1.49	1.40
w (%)	5.2	15.07	4.3	25.10	4.5	6.7	4.6	14.4
e (%)	79.16	79.16	77.92	98.55	73.26	81.11	75.41	78.88
n (%)	44.18	44.20	43.80	49.60	42.3	44.79	43.40	44.12
S _r (%)	17.21	47.21	14.40	62.60	16.0	21.53	15.78	45.82
w _L (%)	22.7	27.6	28.2	58.9	22.5	19.7	17.2	17.6
w _p (%)	NP	21.4	NP	44.7	NP	NP	NP	15.2
PI (%)	--	6.2	--	14.2	--	--	--	2.4
$\gamma_{k\max}$ (gr/cm ³)	1.93	1.59	1.62	1.37	1.89	2.05	2.11	1.67
W _{opt} (%)	8.3	20.4	12.2	23.5	14.9	11.0	11.7	18.9
k (cm/sn)	1.0x10 ⁻³	3.8x10 ⁻⁴	1.1x10 ⁻³	8.8x10 ⁻⁴	1.2x10 ⁻³	6.2x10 ⁻³	3.5x10 ⁻³	2.9x10 ⁻⁴
D _r (%)	35	--	21	--	22	30	28	--
c (kg/cm ²)	0.32	0.25	0.24	0.30	0.23	0.25	0.24	0.27
Ø (Derece)	33	30	36	36	35	35	36	33
q _{emin} (kg/cm ²)	1.43	1.03	1.35	1.28	1.29	1.32	1.36	1.27

1. Palandöken Volkanik birimleri (Bazalt, andezitli bazalt lavı)

- Sağlam kayalık zemin (Kalın tabakalı, seyrek çatlaklı, az eğimli tabakalar)
- Yamaç molozu ve/veya dere dolgusu zemin
- Fay zonu (ve dere dolgusu)

2. Kiremitlik Tabya Volkanotortul birim (Alüvyon yelpaze ve sığ göl tortulları)

- İnce tabakalı, sedimanter yükselti alanları
- Yamaç molozu ve/veya dere dolgusu zemin
- Fay zonu (ve dere dolgusu)

3. Yenişehir Alüvyon birimi (kaba ve ince çakıllı, kumlu tabakalar)

- Alüvyon yelpaze (hafif eğimli, çakıllı-kumlu az pekişmiş, kalın tabakalar)
- Yamaç molozu veya dere dolgusu zemin
- Fay zonu (ve dere dolgusu)

5. SONUÇLAR VE YORUM

- Bütün bölgelerde b ve c ile gösterilen alanlar başlangıçtaki zemin türü ne olursa olsun (volkanik lav, tüf-sedimanter kaya veya çakıllı-kumlu malzeme) (Şekil 5-6'ya bakınız) ilksel dokularını kaybetmiş, faylar tarafından sıkça parçalanmış ve sellenme ürünü malzeme içermeleri nedeniyle, deprem açısından yapılaşmaya kapalı olması gereken alanlardır. Ancak b ile gösterilen alanlar özel temel tasarımı, doğru deprem kodu kullanılması ve yapı temellerinin kaba alüvyon katmanlar

içerisine yerleştirilmesi ile uygun alanlar haline getirilebilir.

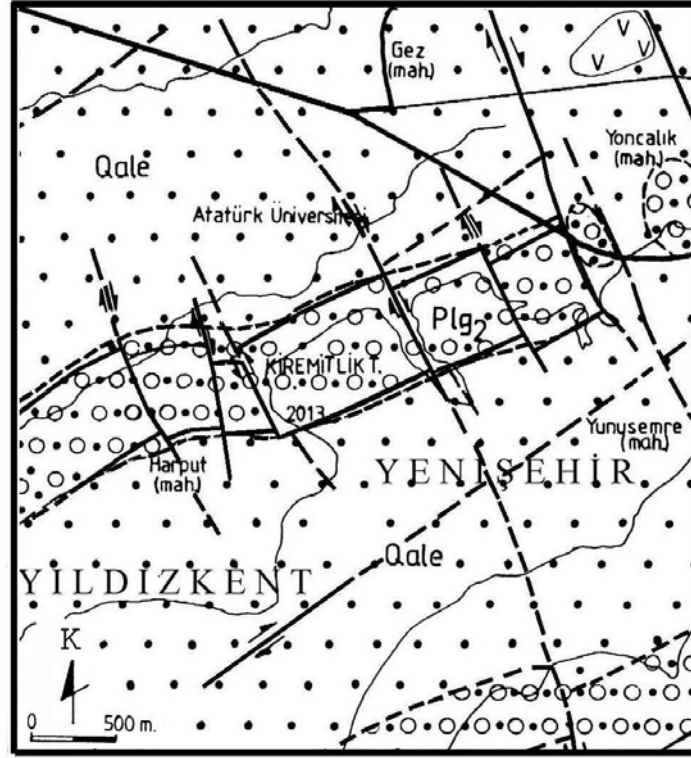
- Her üç geoteknik bölgede 1a, 2a, 3a ile gösterilen alanlarda zemin tabakaları ilksel konumlarını korumaktadır. Dolayısıyla hazırlanmış olan geoteknik haritada 1a, 2a, 3a alanları yapılaşma için uygun alanlar olarak önerilmektedir. Bu üç bölgenin genel karakterleri;

Palandöken yamaçları (1a): Rijit, sağlam, kalın katmanlı volkanik kayalar (andezitli bazalt, bazalt, aglomera arakatıklar). Seyrek çatlaklı, bu nedenle iyi geçirgen ve YAS seviyesi fay kaynakları dışında oldukça derinde, zemin emniyet gerilmesi yerel kaya türüne bağlı olarak $q_{emin}=100-200$ kgf/cm² arasında değişir (Yarbaşı, 2001). Çalışma alanı ve çevresinin kuzeyi ve güneyinde yer alan aktif fayların hareketi sonucu tarihsel dönemlerde yıkıcı depremler meydana gelmiştir. Bu nedenle yüksek deprenselliğe sahiptir. Bu özellikleri birlikte değerlendirildiğinde 1a bölgesi (aktif faylar, yamaç molozu, dere dolgusu zeminler dışında kalan) içinde, rakımı çok yüksek olmayan ve az eğimli kısımlar yapılaşmaya uygundur. Zemin emniyet gerilmesi ($q_{emin}=100-200$ kgf/cm²) bakımından hiçbir problem yoktur.

Kiremitlik Tabya Tepeleri (2a): Genel olarak ince taneli kırıntılı ve karbonatlı sedimanter kaya tabakaları içerir. Yukarıya doğru tane boyu artmaktadır. Egemen zemin türleri kil/silt, kumtaşı, marn, tüfit, diyatomit ve seyrek olarak linyit damarları mevcuttur. Dalgalı kıvrımlı iç yapıya sahiptir. Çok az çimentolu olması nedeniyle geçirgenliği yüksektir. Zemin emniyet gerilmesi $q_{emin}=2-50$ kgf/cm² arasında değişir (Yarbaşı, 2001). Bu birimin yüzeylendiği alan Telsizler ve Yenişehir fayları tarafından

bloklara ayrılmıştır. İnce tabakaların az tutturulmuş taneli dokuya sahip olmaları, kil/silt gibi yarı plastik arakatkıların bulunması, büyük ölçekli kıvrımlı yapısı nedeniyle deprem dalgalarını soğurma özelliğine sahiptir.

Depremselliği yukarıda anılan aktif faylar nedeniyle yüksektir. Kiremitlik Tabya Tepeleri ve güneyde Palandöken yamaçlarının tabanına paralel uzanan kuşaklar tercihen yapılaşmanın yönlendirilmesi gereken alanlardır.



AÇIKLAMALAR

	KUVATERNER Qaly.-Modern Akarsu Çökelleri		Aktif Fay
	KUVATERNER Qale.-Eski Alüvyon Yelpaze Çökelleri		Örtülü Fay
	PLİÖSEN Plg1.-Gelinkaya Formasyonu (Volkanofortul)		Formasyon Sınırı
	PLİÖSEN Plg2.-Gelinkaya Formasyonu (Alüvyonla örtülü)		Örtülü Formasyon Sınırı
	GEÇ MİÖSEN-PLİÖSEN MPlp.-Palandöken Formasyonu (Bazalt, Andezit.-Bazaltik Lav)		Topografik Eğri

Şekil 6. Erzurum şehir merkezi güneyinin jeoloji haritası (Yarbaşı, 2001)

Yenişehir Bölgesi (3a): Granülometrik analiz sonuçları Yenişehir bölgesi ve Atatürk Üniversitesi kampüs alanı alüvyon zeminlerinin kumlu çakıl ve killi siltli kum olarak iki katmandan oluştuğunu göstermiştir. Geçirgenlik katsayısı (k) bakımından, elde edilen sonuçlar bu bölgenin (b ve c alt bölgeleri dışında kalan) diğer bölgeler olan 1a ve 2a'dan daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Çakıllı ve kumlu zeminler, komşu 2a alt bölgesi zeminlerine göre düşük plastisite, kohezyon ve içsel sürtünme açısına sahiptir. Yer altı suyu seviyesi (YAS) 125-165 m arası derinliktedir (Anon., 2000). Zemin emniyet gerilmesi

$q_{emin}=1.2-1.5 \text{ kg/cm}^2$ arasında değişmektedir. Depremsellik açısından 1a ve 2a ile aynı özelliklere sahiptir.

- c. Elde edilen veriler ışığında, 1a, 2a ve 3a bölgeleri içerisinde kuvvetli yer hareketleri karşısındaki mekanik davranışları bakımından öncelikle 2a bölgesinin tercih edilmesi gerekmektedir. İkinci öncelikle belli rakıma (yaklaşık 2300 m) kadar 1a bölgesi kullanılmalıdır.

3a bölgesi yukarıda verilen geoteknik ve deprem özelliklerinden dolayı, teorik olarak yapılaşmanın uygun olmadığı bir alandır. Ancak, Erzurum doğu ve güneyden jeolojik birimler ve yapı bakımından kapalı olması nedeniyle, hızlı

yapılaşma sonucunda Karasu Havzasının kirlenmesinin önlenmesi ve zemin emniyet verilmesi düşük ince taneli olan zeminlere (siltli kil) (K, KB, B yönünde) doğru gelişmenin önlenmesi bakımından, 3A ve 3B bölgesi özel tedbirler alınarak sınırlı bir şekilde yapılaşmaya açılabilir. Bu tedbirler, zemin iyileştirilmesi, özel temel tasarımı, doğru deprem kodu kullanılması ve yapı temellerinin kaba alüvyon katmanlar içerisine yerleştirilmesi (ince taneli katmanlardan mümkün olduğunca kaçınılması) gibi hususları içermektedir.

- d. İnceleme alanında sismotektonik etkinliği farklı iki ayrı fay sistemi gelişmiştir. Birinci dereceden aktif olanlar Palandöken Fay Kuşağına ait olan DKD-BGB doğrultulu faylardır. Bunlar inceleme alanı (ve Erzurum havzasını) boydan boya kateden uzun kırık yüzeyleridir. Yenişehir - Yıldızkent ortasından geçen fay ve Kiremitlik Sırtlarının kuzey sınırını oluşturan fay, bu iki fay düzlemi yapılaşma ve imar planlamasında göz önüne alınması gereken tektonik unsurlardır. Şekil 5'te c ile gösterilen alanlar yapılaşmaya uygun olmayan koridorlar olarak yeterli genişlikte (60 m ?) yeşil alan veya ulaşım hatları olarak planlanmalıdır.

Daha zayıf etkinliğe sahip ikinci fay sistemi, yaklaşık K-G doğrultulu kırık yüzeyleridir. Palandöken Silsilesi ve Kiremitlik Sırtları bu sisteme ait faylar tarafından kesilmiş, bloklara bölünmüştür. Yapılaşmada bir önceki kırık sistemlerine göre ikinci derecede öneme sahiptir.

- e. Standart Penetrasyon deneyi (SPT) ile elde edilen vuruş sayılarına göre, kumlu çakıl tabakaları ortalama SPT-N=18-24 değerleri ile orta sıkı zemin sınıfında, siltli kum ara katları ise SPT-N= 18-22 değerleri ile orta sıkı katı kıyım sınıfındadır (Pampal, 1987).
- f. Yukarıda belirtilen bölgeler, granülometri, kıyım limitleri, geçirgenlik katsayıları, kompaksiyon değerleri, kayma mukavemeti değerleri (c,φ) ve SPT değerleri gibi geoteknik parametreler bakımından, ana bölgelerde 1'den 3'e ve alt bölgelerde ise a' dan c' ye doğru kötüleşmektedir.
- g. İnceleme alanına ait tüm geoteknik özellikler ortalama genel bilgilerdir. İnceleme alanındaki her hangi bir yapı veya yapı grubu için ayrı inceleme (etüt) yapılmalı, seçilen temel sistemi ve zemin özelliklerine göre kullanılacak parametreler yeniden belirlenmelidir.

6. KAYNAKLAR

Anonim, 1978a. Erzurum Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu. DSİ., Jeo., Tek., Hiz. ve YAS Da., Bşk., yayını, 45.

Anonim, 1978b. İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri, TS 1900/Nisan, Ankara.

Anonim, 2000. Yenişehir Belediyesi (Erzurum), Rekreasyon sahası (Yenişehir-Yıldızkent) YAS Etüdü, Jeoloji-Jeofizik Raporu (yayınlanmamış).

Arpat, E. 1965. Ilıca-Aşkale(Erzurum) Arasındaki Sahanın ve Kuzeyinin Genel Jeolojisi-Petrol İmkanları. MTA, Rap. No. 4040, Ankara.

Bağcı, G. 1991. Türkiye'de Hasar Yapan Depremler. Deprem Arş., Bül., Sayı. 69, 113-125, Ankara.

Barka, A., Bayraktutan, M.S. 1985. Erzurum Baseni Çevresini Etkileyen Aktif Faylar. TJK Bil., Öz., Kitabı, 11.

Bayrak, Y. 2001. Erzurum ve Civarının Depremselliği. 1. Doğu Anadolu ve Kafkasya Depremleri Jeofizik Toplantısı, 13-24, Erzurum.

Bayraktutan, M.S. 2001. Seismotectonics and Structural Significance of the Erzurum Basin, Eastern Turkey (Baskıda).

Ercan, A., Ergun, M., Genç, T., Duygu, M.A., Bayraktutan, S., Ecevitoglu, B., 2001. Kuzeydoğu Anadolu Yer Yapısı ve Yer altı Kaynakları, Petrol, Su, Jeotermal, Kömür. Doğu Anadolu ve Kafkasya Depremleri Jeofizik Toplantısı, 131, Erzurum.

Koçyiğit, A., Öztürk, A., İnan, S., Gürsoy, H., 1985. Karasu Havzası'nın (Erzurum) Tektonomorfolojisi ve Mekanik Yorumu. C.Ü M.F.Y.B Derg., V.2, N.1, 3-15, Sivas.

Pampal, S. 1987. Genel ve Uygulamalı Jeoloji. M.E Basımevi, 212, İstanbul.

Terzaghi, K., Peck, R.B. 1967. Soil Mechanics in Engineering Practice. New York (Wiley) 2 nd. Ed.

Uzuner, B.A. 1998. Temel Zemin Mekaniği, Teknik yayınevi, Ankara.

Yarbaşı, N. 2001. Erzurum Şehir Merkezi Batı Kesiminin Geoteknik Haritalaması. A.Ü Fen Bilimleri Enst. Doktora, Erzurum.