PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
PAMUKKALE UNIVERSITY ENGINEERING COLLEGE
MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ
JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES
YIL : 2004
CİLT : 10
SAYI : 2
SAYFA : 211-219

ERZURUM ŞEHİR MERKEZİ BATI KESİMİ JEOTEKNİK HARİTASINDA KULLANILAN KRİTERLERİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

Necmi YARBAŞI*, Azer KADİROV*, M. Salih BAYRAKTUTAN**
*Atatürk Üniversitesi, Deprem Araştırma Merkezi Müdürlüğü, 25240/Erzurum
**Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 25240/Erzurum

Geliş Tarihi : 22.05.2003

ÖZET

Jeoteknik Haritalar, yerleşim yerleri gelişme planlarının hazırlanmasında, sanayi bölgeleri, toplu konut ve katı-atık depolama alanları için uygun yer seçiminde planlamacı ve mühendislerin ihtiyaçları olan temel verileri içeren en önemli bilgi kaynaklarıdır. Ülkemizde şehirlere hızlı nüfus akımı, çarpık yapılaşmaya sebep olmuş ve planlama bu hızın çok gerisinde kalmıştır. Doğu Anadolu'da yer kabuğunun tektonik özellikleri ve yerleşim yerlerinin çok büyük bir bölümünün aktif fay zonlarında, genç alüvyon zeminler üzerinde bulunması nedeniyle, çarpık yapılaşmanın doğal afetler sonucu yol açtığı hasar ve can kaybı beklenenden çok daha fazla olmaktadır. Erzurum kent alanı, Karasu Havzasının doğu ve güney kenarlarını oluşturan fay kuşaklarının kesişme noktası olan güneydoğu köşeye yakın olması nedeniyle tarihinde çok sayıda yıkıcı depremlere maruz kalmıştır. Aktif faylar, genç alüvyon zemin ve yeraltı suyu Erzurum şehir planlamasını olumsuz yönde etkileyen faktörlerdir. Bu çalışmada Erzurum şehir merkezi batı kesimi 5 farklı jeoteknik bölgeye ayrılmıştır. Jeoteknik Bölgelendirme haritasının; örnek dağılımı, jeoteknik parametreleri ve bölge sınırları istatistiksel yöntemlerle kontrol edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Jeoteknik harita, İstatistiksel analiz, Karasu (Erzurum) Havzası

STATISTICAL ANALYSIS OF THE CRITERIA USED IN PRODUCING GEOTECHNICAL MAP OF THE WESTHERN PART OF THE ERZURUM URBAN AREA

ABSTRACT

Geotechnical maps are considered as the most significant basic data sources, requested by urban planners and engineers, in selecting suitable sites for massive constructions industrial and land-fill areas, and in urban development planning. Rapid increase in urban population caused irregular and random constructions. Development planning in general, realized too slow with respect to very high rate of constructions.Tectonic features of the east Anatolia, location of most urban areas on alluvial soil in active fault zones and random construction are the main factors of increased life loss and destruction caused by natural disasters. Erzurum urban area has experienced many destructive earthquakes in history, due to its tectonic setting close to the southeastern combining point of eastern and southern marginal faults defining Karasu Basin. In this study the western segment of the Erzurum urban area has been seperated into five geotechnical unites. Distribution of sampling locations, geotechnical parameters and the boundries of zones are checked by statisticial analysis methods.

Key Words : Geotechnical map, Statistical anlaysis, Karasu (Erzurum) Basin

1. GİRİŞ

Erzurum, Doğu Anadolu'daki birinci derece deprem bölgelerinden biri olan Erzurum Fay Zonu (EFZ) ortasında yer alması ve şehir zemininin kalın alüvyon malzemeden oluşması nedeniyle (Koçyiğit ve ark., 1985), deprem zararlarının en aza indirilmesi için şehir planlamasının jeoteknik bölgelendirmeye uygun yapılması günümüzde bilimsel ve teknik zorunluluk haline gelmiştir.

Erzurum şehir merkezi batı kesiminin jeoteknik bölgelendirme haritasının yapılmasında kullanılan örneklemenin yeterli olup olmadığı "Poisson hipotezi" ile kontrol edilmiştir. Belirlenen 5 farklı jeoteknik bölgenin fiziksel ve mekanik özelliklerinin ortalama ve standart sapma değerleri belirlenmiştir. Bölgelerin birbirlerinden farklı olup olmadığı ise t-Test istatistiksel yöntemi ile kontrol edilerek sınırların doğruluğu test edilmiştir.

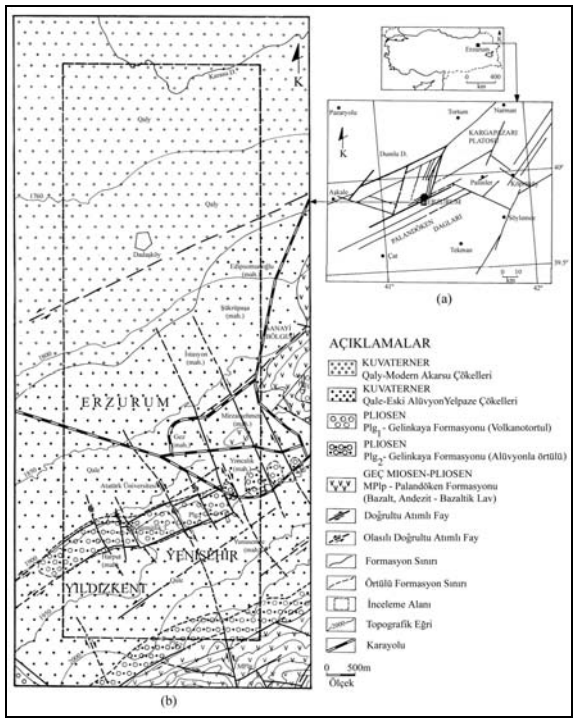
1. 1. Jeoloji

İnceleme sahasında 4 litoloji birimi tespit edilmiştir. Bu birimlerin litolojik özellikleri yaşlıdan gence doğru aşağıdaki gibidir. İnceleme sahasının en yaşlı birimini Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı, kalkalkalen karakterde lav (Bazalt, andezitik bazalt) ve piroklastik (tüf, aglomera, ignimbirit) malzemelerden oluşan Palandöken Volkanikleri oluşturmaktadır. Kalınlık 1500-2000 m. arasındadır (Arpat, 1965). Innocenti et al., (1982) Erzurum-Kars volkanikleri üzerinde yaptıkları jeokimyasal ve jeokronolojik incelemelerde, volkanik kayaçların yaşlarının 8 milyon yıl ile 1.3 milyon yıl arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

İkinci birim, Pliyosen yaşlı, Volkano-klastik göl, akarsu çökellerinin ardalanmasından oluşan, beyaz, açık renkli marn, kiltaşı, kumtaşı, konglomera, tüf, lapilli, diyatomit ve yer yer linyit içeren Gelinkaya formasyonu olarak adlandırılan birim oluşturmaktadır (Arpat, 1965). Kalınlık yaklaşık 600m. kadardır. Tane boyu tabandan tavana doğru incelmektedir.

Üçüncü birim, Kuvaterner yaşlı, Eski Alüvyon Yelpaze Çökelleri (Q_{ale})'dir. Gelinkaya Formasyonu üzerine açısal uyumsuzlukla gelen kaba taneli ve gevşek kırıntılı malzemeler alüvyon yelpaze, akarsu ortamında çökelmişlerdir. Erzurum havzasında alüvyon kalınlığı 800-1200 m. iken, güneye doğru kalınlık 400-500 m.'ye düşmektedir. Çok az silt ve kil içeren bu malzeme % 90 oranında volkanik kökenlidir (Koçyiğit ve ark., 1985).

İnceleme sahasının dördüncü birimini ise Kuvaterner yaşlı, Modern (Genç) Akarsu çökelleri (Q_{aly}) oluşturmaktadır. Karasu Nehrinin taşıdığı her boyutta kırıntılı malzemenin eski alüvyon çökelleri ile yanal geçişli olarak ve üst seviyelerde ince taneli (silt, kil) malzemenin egemen olarak çökeldiği en genç birimdir. İnceleme sahasının yer bulduru (a) ve jeoloji haritası (b) Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. İnceleme alanına ait yer bulduru (a) ve jeoloji haritası (b) (Yarbaşı, 2001)

1. 2. Tektonik

Erzurum çevresi çok sayıda aktif tektonik yüzeylerden oluşan, kırık sistemlerine sahiptir. Bunlardan Palandöken ve Dumlu Fay Zonları iki önemli kuşak halindedir. Palandöken Fay Zonunda iki sistemde gelişmiş faylar tespit edilmiştir. Birinci sisteme ait faylar DKD-BGB uzanımlı, sol yanal atımlı ve ters faylardan oluşan bir kuşak halinde Karasu Havzasının güney kenarını belirlemektedir. İkinci sisteme ait faylar ise KKB-GGD doğrultusunda Kiremitlik Tepelerini parçalamış ve Palandökenlerde devam eden bir çok sağ ve sol yanal atımlı faylardır. İnceleme alanı zeminini oluşturan alüvyon yelpaze Palandöken Fay kuşağına ait, birbirlerine paralel bir çok fay düzlemi tarafından kesilmiştir. Dumlu Fay Zonu, KKD-GGB doğrultulu birbirine paralel 5 faydan oluşan bir kuşak halinde Karasu Havzasının doğu kenarını belirleyen, sol yanal atımlı normal faylardır (Barka ve Bayraktutan, 1985).

2. ÖRNEK DAĞILIMININ İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRİLMESİ

Erzurum yakın çevresinde yüzeylenen dört litolojik birim olan volkanik temel, volkano sedimanter istif, eski ve genç alüvyon birimlerden bu çalışmanın konusu ve sınırları göz önüne alınarak örnekleme, çoğunlukla eski ve genç alüvyonlar ve volkano sedimanter istifin ise ancak yüzeye yaklaştığı kısımlarda yapılmıştır. Daha güneydeki volkanik birim (Palandöken Volkanikleri) ile ilgili olarak da iki örnekleme yapılmıştır. Uygulanan örnekleme yöntemi sonucunda, örnekleme noktalarının çalışma alanı içindeki yüzeysel dağılımı Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu dağılımın çalışma alanının tümünü temsil edebilir olup olmadığı istatistiksel olarak araştırılmıştır.

Şekil 2' de görüldüğü gibi çalışma alanı, 36 eşit alana bölünmüştür. Her bir alt alan 0'dan 4'e kadar değişen sayılarda örnekleme noktası içermektedir (Tablo 1). Toplam örnekleme nokta sayısı 65'dir. Eğer örnekleme noktaları çalışma alanında üniform olarak dağılmış olsaydı, kuramsal olarak her alt alanın eşit sayıda örnekleme noktası içermesi beklenirdi. Oysa Şekil 2 ve Tablo 1'de görüldüğü gibi her alt alanda incelenen örnekleme noktası sayısı birbirlerinden farklıdır.

Çalışma alanı içinde yüzeysel olarak dağılan toplam örnekleme noktası sayısı n = 65, toplam alt alan sayısı m = 36 olduğuna göre, her bir alt alanda bulunması beklenilen örnekleme noktası sayısı (γ),

$$\gamma = n / m = 65 / 36 \sim 2\text{'dir.} \qquad (1)$$

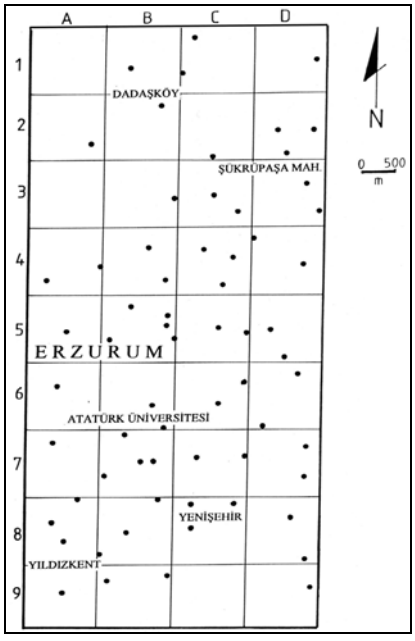
Her bir alt alanda bulunan örnekleme noktası sayısı "r", 0'dan 4'e kadar değişmektedir. Her bir alt alanda bulunması beklenilen örnekleme noktası sayısı (γ = 2) için; her bir alt alanın "r" sayıda örnekleme noktası içermesi olasılığı P(r), ($\sum_{r=0}^{\infty} P(r) = 1$ ise $P(r \geq 5) = 1 - \sum_{r=0}^{4} P(r)$), beklenilen (E_r) ve gözlenen (O_r) alt alan sayıları ve hesaplanan χ^2 değerleri Tablo 2' de verilmiştir. Her bir alt alanda bulunan örnekleme noktası sayısında önemli bir farklılık olmadığı ve elde edilen tesadüfi dağılımın, gerçekte bir "Poisson Dağılımı" olduğu hipotezi, χ^2 yöntemi ile test edilmiştir. "n" sayıda örnekleme noktası, eşit büyüklükte "m" sayıda alt alana bölünmüş bir alanda, tesadüfi olarak dağılmış ise, her bir alt alanını "r" sayıda örnekleme noktası içermesi olasılığı P(r),

$$P(r) = \frac{e^{-\gamma}}{r!}\gamma^r \text{ 'dir. Burada;} \qquad (2)$$

γ = Her bir alt alanda bulunması beklenilen örnekleme noktası sayısı olup, n/m'ye eşittir
e = Doğal logaritma tabanı olup, yaklaşık 2.718'e eşittir.
r = Her alt alanda içerilen örnekleme noktası sayısıdır.
"r" = sayıda örnekleme noktası içermesi beklenilen alt alan sayısı (E_r) ise,

Tablo 1. Çalışma Alanı İçindeki Her Bir Alt Alana Düşen Örnekleme Nokta Sayısı

Alt Alan	Örnekleme Noktası Sayısı	Alt Alan	Örnekleme Noktası Sayısı
A1	0	C1	2
A2	1	C2	1
A3	0	C3	2
A4	2	C4	3
A5	1	C5	3
A6	1	C6	2
A7	1	C7	2
A8	3	C8	3
A9	1	C9	0
B1	1	D1	1
B2	1	D2	3
B3	1	D3	2
B4	2	D4	2
B5	4	D5	2
B6	2	D6	2
B7	4	D7	2
B8	3	D8	2
B9	2	D9	1



Şekil 2. Örnek noktalarının inceleme alanındaki yüzeysel dağılımı

$E_r = P(r) \times m$'dir. (3)

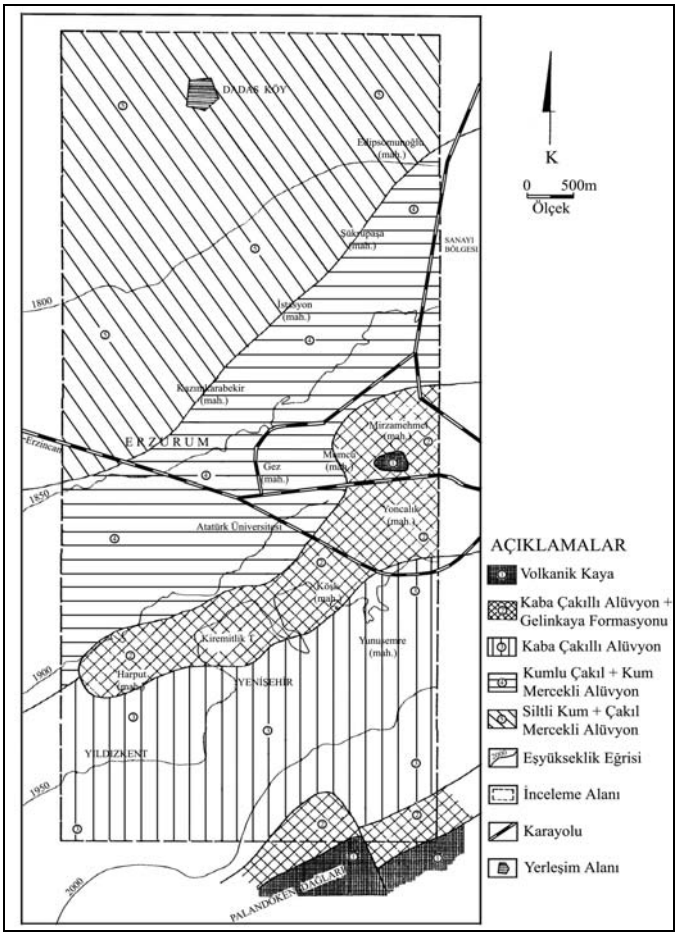
Tablo 2. Her Bir Alt Alanda Bulunması Beklenilen Örnekleme Nokta Sayısı (γ=2) İçin Hesaplanan χ^2 Değerleri

r	P(r)	E_r	O_r	$\chi^2 = (O_r-E_r)^2/ E_r$
0	0.135	4.860	3	0.712
1	0.271	9.756	11	0.159
2	0.271	9.756	14	1.846
3	0.180	6.480	6	0.036
4	0.090	3.240	2	0.475
5≥	0.053	1.896	0	1.896
				$\sum\chi^2 = 5.153$

Belirli sayıda örnekleme noktası bulunan, alt grubu sayısı r = 5 olup, serbestlik derecesi $\nu = (r - 2) = 3$ ve önemlilik düzeyi $\alpha = 0.05$ için kritik χ^2 değeri 7.815'dir. Hesaplanan χ^2 değeri 5.153 < 7.815 olduğuna göre uygulanan örnekleme yöntemi sonucu elde edilen dağılım, bir "Poisson Dağılımı" olup, ileri sürülen her alt alanın eşit sayıda örnekleme noktası içerdiği hipotezi, kabul edilebilir niteliktedir (Davis, 1973).

3. JEOTEKNİK BÖLGELER

Jeoteknik bölge veya birim; zemin türü, tabaka kalınlıkları, malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri, hidrojeolojik şartların belli sınır değerlerleri içinde kaldığı ve komşularından farklılık arz eden alanlar olarak tanımlanmaktadır. Zemin örnekleri üzerinde laboratuar deneyleri TS 1900'daki esaslara uyularak yapılmıştır (Anon., 1978). Çalışma alanında bu tanımı sağlayan 5 jeoteknik bölge belirlenmiş ve sınırları Şekil 3'de verilmiştir (Yarbaşı, 2001).



Şekil 3. İnceleme alanına ait jeoteknik bölgelendirme haritası (Yarbaşı, 2001)

1. Bölge,Volkanik kaya zemin (Palandöken Volkanitleri)
2. Bölge, Kaba çakıllı alüvyon + Volkanotortul istif
3. (Gelinkaya Formasyonu)
4. Bölge, Kaba kumlu çakıl
5. Bölge, Siltli-kum mercekli kumlu çakıl

1. Bölge Volkanik Kaya Birimi (Palandöken Volkanikleri): Bu bölge inceleme sahasının en güney kenar kuşağında yer alır. Erzurum havzasında temeli bu kaya birimi oluşturmaktadır. Bazaltlar orta-kalın tabakalı ve seyrek çatlaklıdır. Franklin (1977)'ye göre yapılan mekanik sınıflamada yüksek dayanımlı kaya (H) sınıfındadır (Önalp, 1982). Bu birime ait fiziksel ve mekanik özellikler (Özgül ağırlık (G_s), doğal birim hacim ağırlığı (γ_n), kuru birim hacim ağırlığı (γ_k), su içeriği (w), boşluk oranı (e), porozite (n), doygunluk oranı (Sr), kohezyon (c), içsel sürtünme açısı ($\varnothing$), tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c), nokta yükleme indisi (Ic) Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Vokanik kaya örneklerinin fiziksel ve mekanik özellikleri

Örnek Parametre	Bazalt (kahve renkli)	Bazalt (siyah renkli)
G_s	2.90	2.90
γ_n(gr/cm^3)	2.28	1.91
γ_k (gr/cm^3)	2.18	1.86
w (%)	7.0	13
e (%)	0.21	0.26
n (%)	18.9	33.9
Sr (%)	8.4	22.3
σ_c (kg/cm^2)	353	427
Ic (kg/cm^2)	13.3	16.0
c (kg/cm^2)	61.0	83.3
$\varnothing$ (Derece)	42	44

2. Bölge Kaba Çakıllı Alüvyon + Volkanotortul istif (Gelinkaya Formasyonu): Bu bölge inceleme alanında iki ayrı kuşak halindedir. Birincisi güney kenar boyunca, volkanik temele paralel uzanmaktadır. İkinci kuşak ise daha kuzeyde inceleme alanını doğu-batı doğrultusunda katetmekte ve Kiremitlik Tepe dizileri zeminini (üstte kaba alüvyona ait 10 - 25 m bir örtü vardır) oluşturmaktadır. Örnekleme Kiremitlik Tepede mostra veren killi kireçtaşı ve kalkerli kil taşlarında yapılmıştır. Franklin (1977)'ye göre yapılan mekanik sınıflamada orta dayanımlı (M) kaya sınıfındadır (Önalp, 1982). Bu kaya örneklerinin mekanik ve fiziksel özellikleri Tablo 4'de gösterilmiştir. Bu birim üzerinde bulunan kaba alüvyon malzemeye ait jeoteknik parametrelerin istatistiki değerlendirilmesi Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 4. Volkanotortul Kaya Örneklerinin Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri

Örnek Parametre	Killi Kireçtaşı	Kalkerli Kiltaşı
G_s	2.65	2.64
γ_n(gr/cm^3)	1.70	2.43
γ_k (gr/cm^3)	1.67	2.37
w (%)	15.3	2.4
e (%)	0.42	0.38
n (%)	35.1	6.3
Sr (%)	25.6	28.6
σ_c (kg/cm^2)	182	33
Ic (kg/cm^2)	7.2	1.2
c (kg/cm^2)	15.2	2.5
$\varnothing$ (Derece)	31	30

3. Bölge Kaba Kumlu Çakıl: Çalışma alanının güney yarısında Yıldızkent, Yenişehir ve Yunus Emre semtlerini içeren saha 3. bölge olarak belirlenmiştir. Bu bölgedeki zemin kesitinde üstte bitkisel toprak (0.0-0.60 m) altında bir çok yerde 2.0-2.5 m kalınlıkta tabii dolgu malzemesi ve bunun da altında alüvyon zeminler (kaba ve ince) mevcuttur. İstatistiksel değerlendirilme sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.
4. Bölge Siltli-Kum mercekli Kumlu Çakıl: Çalışma alanında Atatürk Üniversitesi, İstasyon Mah., Sanayi Mah., gibi semtleri içermekte olan bölgede ince ve kaba alüvyon tabakalar birbirlerine yaklaşık eşit kalınlıktadır. Kaba alüvyon tabakaların kalınlığı 2-3 m den kuzeyde 1.5-2.0 m'ye, ince alüvyon tabakaların kalınlığı ise 1.5 m den kuzeyde 2.0-2.5 m'ye değişmektedir. Bölgeye ait verilerin istatistiksel değerlendirilmesi Tablo 7'de verilmiştir.
5. Bölge Çakıl Mercekli Siltli Kum: Bu bölge Dadaşköy – Şükrüpaşa - K.Karabekir semtlerini kapsar. Daha kuzeyde Karasu'ya kadar devam etmektedir. İnce alüvyon tabakalar egemendir. Kaba alüvyon tabakalar çok incelerek 1.5 m'den 0.5-0.60 m'ye düşmüştür. Verilerinin istatistiksel değerlendirilmesi Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 5. Bölge 2'deki Kumlu Çakıl (a) ve Siltli Kum (b) Örneklerinin İstatistiksel Sonuçları

BÖLGE 2		Değişim Aralığı (Min-Max.)	Aritmetik Ort. (x)	Standart Hata (Sx)	Standart Sapma (S)
γ_s (gr/cm^3)	a	2.56 - 2.65	2.60	0.0094	0.028
	b	2.47 - 2.54	2.50	0.0090	0.027
γ_n (gr/cm^3)	a	1.54 - 1.58	1.56	0.045	0.0136
	b	1.59 - 1.66	1.61	0.0078	0.0235
e (%)	a	71.10 - 85.10	77.59	1.60	4.81
	b	70.45 - 88.12	80.42	2.02	6.06
n (%)	a	41.89 - 45.84	44.44	0.51	1.36
	b	41.30 - 46.84	44.58	0.82	2.17
w_L(%)	a	20.60 - 37.90	26.10	1.69	5.33
	b	20.90 - 35.50	27.31	1.89	5.35
w_P (%)	b	13.90 - 27.80	9.30	1.54	4.35
PI (%)	b	4.70 - 19.40	8.29	1.54	4.61
SPT – N		21 - 24	22.17	0.477	1.169
c (kg/cm^2)	a	0.24 - 0.30	0.27	0.0086	0.024
	b	0.20 - 0.30	0.22	0.012	0.035
Ø (Derece)	a	34 - 37	36	0.41	1.202
	b	30 - 38	34	0.813	2.438
q_{emin} (kg/cm^2)	a	1.35 - 1.44	1.39	0.0102	0.031
	b	1.10 - 1.35	1.20	0.0281	0.089

Tablo 6. Bölge 3'deki Kumlu Çakıl (a) ve Siltli Kum (b) Örneklerinin İstatistiksel Sonuçları

BÖLGE 3		Değişim Aralığı (Min-Max.)	Aritmetik Ort. (x)	Standart Hata (Sx)	Standart Sapma (S)
γ_s (gr/cm^3)	a	2.60 - 2.64	2.62	0.0028	0.0117
	b	2.47 - 2.54	2.52	0.0078	0.023
γ_n (gr/cm^3)	a	1.54 - 1.61	1.56	0.0048	0.0196
	b	1.57 - 1.65	1.60	0.0088	0.0265
e (%)	a	70.72 - 83.77	77.54	0.878	3.62
	b	61.26 - 89.77	79.46	3.026	9.07
n (%)	a	41.00 - 45.58	43.65	0.29	1.195
	b	37.99 - 47.30	43.85	1.25	3.296
w_L(%)	a	17.20 - 30.50	23.23	0.87	3.58
	b	17.60 - 33.70	26.92	1.78	5.33
w_P (%)	b	15.20 - 28.90	22.28	1.57	4.70
PI (%)	b	4.0 - 9.50	5.58	0.60	1.80
SPT – N		24 - 30	25.9	0.743	2.100
c (kg/cm^2)	a	0.23 - 0.32	0.26	0.0061	0.025
	b	0.16 - 0.27	0.24	0.0107	0.032
Ø (Derece)	a	33 - 38	35	0.298	1.228
	b	30 - 36	34	0.556	1.667
q_{emin} (kg/cm^2)	a	1.25 - 1.45	1.36	0.0139	0.057
	b	1.20 - 1.39	1.28	0.0203	0.061

Tablo 7. Bölge 4'deki Kumlu Çakıl (a) ve Siltli Kum (b) Örneklerinin İstatistiksel Sonuçları

BÖLGE 4		Değişim Aralığı (Min-Max.)	Aritmetik Ort. (x)	Standart Hata (Sx)	Standart Sapma (S)
γ_s (gr/cm^3)	a	2.59 - 2.64	2.61	0.0040	0.014
	b	2.46 - 2.54	2.50	0.0084	0.029
γ_n (gr/cm^3)	a	1.53 - 1.61	1.57	0.0081	0.0281
	b	1.50 - 1.66	1.59	0.0141	0.0489
e (%)	a	71.33 - 87.00	77.36	1.210	4.198
	b	1.01 - 98.55	69.56	9.550	33.08
n (%)	a	41.63 - 46.50	43.60	0.38	1.30
	b	40.96 - 55.10	47.10	1.20	4.18
w_L(%)	a	20.70 - 31.90	24.44	1.11	3.69
	b	23.00 - 58.90	33.84	3.04	10.54
w_P (%)	b	14.30 - 44.70	23.00	2.53	8.38
PI (%)	b	5.80 - 16.90	9.81	1.20	3.79
SPT – N		12 - 20	16.13	0.915	2.588
c (kg/cm^2)	a	0.20 - 0.32	0.26	0.012	0.041
	b	0.16 - 0.30	0.25	0.013	0.046
Ø (Derece)	a	32 - 38	35	0.575	1.992
	b	30 - 36	33	0.596	2.065
q_{emin} (kg/cm^2)	a	1.22 - 1.35	1.32	0.0132	0.0456
	b	0.75 - 1.32	1.16	0.536	0.186

Tablo 8. Bölge 5'deki Kumlu Çakıl (a) ve Siltli Kum (b) Örneklerinin İstatistiksel Sonuçları

BÖLGE 5		Değişim Aralığı (Min-Max.)	Aritmetik Ort. (x)	Standart Hata (Sx)	Standart Sapma (S)
γ_s (gr/cm^3)	a	2.58 - 2.62	2.60	0.0067	0.016
	b	2.46 - 2.57	2.50	0.0094	0.030
γ_n (gr/cm^3)	a	1.53 - 1.56	1.55	0.0048	0.0117
	b	1.55 - 1.63	1.59	0.0067	0.0213
e (%)	a	70.70 - 82.89	76.02	1.62	3.98
	b	75.38 - 95.84	82.33	1.94	6.14
n (%)	a	41.45 - 45.32	43.17	0.514	1.26
	b	42.90 - 48.94	45.13	0.575	1.82
w_L(%)	a	21.30 - 32.60	27.25	1.61	3.93
	b	20.20 - 39.90	31.71	2.03	6.41
w_P (%)	b	13.50 - 35.30	25.19	2.58	8.15
PI (%)	b	5.10 - 17.00	7.70	1.16	3.67
SPT – N		12 - 20	16.13	0.915	2.588
c (kg/cm^2)	a	0.10 - 0.26	0.21	0.024	0.060
	b	0.10 - 0.28	0.18	0.021	0.066
Ø (Derece)	a	35 - 38	36	0.494	1.211
	b	27 - 36	33	1.048	3.315
q_{emin} (kg/cm^2)	a	0.83 - 1.28	1.14	0.724	0.177
	b	0.52 - 1.30	0.99	0.097	0.306

3. 1. Jeoteknik Bölge Sınırlarının İstatistiksel Değerlendirilmesi

İnceleme alanında belirlenmiş olan 5 jeoteknik bölgenin fiziksel ve mekanik parametreleri istatistiksel olarak değerlendirilmiş, birbirlerinden farklı olup olmadığı t-Test istatistiksel yöntemi ile kontrol edilmiştir (Ross, 1987). İki normal dağılım kümesinin birbiri ile ilişkilendirilmesi esasına dayanan bu yöntemin bölgelere göre belirlenmiş; güvenilir taşıma gücü (q_{emin}), standart penetrasyon sayısı (SPT-N_{30}), boşluk oranı (e) ve porozite (n) test sonuçları Tablo 9'da gösterilmiştir. Uygulanan;

t-Test yönteminde, önemlilik düzeyi $\alpha = 0.10$ göre;
t-Test<α:İki dağılım arasında ilişki kabul edilebilir.
t-Test >α: İki dağılım arasında ilişki reddedilir.
t-Test=α: İki dağılım arasında rastgele bir ilişki,

$$T = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{(n-1)S_x^2 + (m-1)S_y^2}{n+m-2}}\sqrt{\frac{1}{n}+\frac{1}{m}}} \qquad (4)$$

T = t-Test katsayısı
$\bar{x}$ = 1. serinin aritmetik ortalaması
$\bar{y}$ = 2. serinin aritmetik ortalaması
S_x = 1. serinin standart sapması
S_y = 2. serinin standart sapması
n = 1. serinin örnek sayısı
m = 2. seninin örnek sayısı

Tablo 9. Bölgelere Göre t-Test ve α Değerleri

Parametre	Bölge	t-Test	α= 0.10
Güvenilir Taşıma Gücü q_{emin} (kg/cm^2)	B3-B2	0.33	1.318
	B3-B4	0.46	1.314
	B3-B5	1.58	1.323
	B2-B5	1.61	1.341
	B4-B5	1.22	1.337
	B2-B4	0.80	1.328
Standart Penetrasyon Sayısı (SPT-N_{30})	B3-B2	5.28	1.356
	B3-B4	12.76	1.345
	B3-B5	18.42	1.356
	B2-B5	14.29	1.372
	B4-B5	6.61	1.356
	B2-B4	7.91	1.345
Boşluk oranı (e) (%)	B3-B2	0.90	1.318
	B3-B4	4.92	1.328
	B3-B5	2.75	1.331
	B2-B5	1.68	1.331
	B4-B5	6.51	1.325
	B2-B4	1.68	1.331
Porozite (n) (%)	B3-B2	0.83	1.318
	B3-B4	3.47	1.331
	B3-B5	1.67	1.341
	B2-B5	0.80	1.363
	B4-B5	2.61	1.325
	B2-B4	2.84	1.331

B1 : Palandöken yamaçları, B2 : Telsizler-Şehir merkezi alanları, B3 : Yenişehir-Yıldızkent alanları, B4 : AtatürkÜniversitesi-İstasyon Mah.-Sanayi Mah. Alanları, B5 : Şükrüpaşa Mah.-Dadaşköy yerleşim alanları

İstatistiksel değerlendirme; bölgeler arasında belirgin farklılıklar gösteren standart penetrasyon sayısı (SPT-N_{30}), güvenilir taşıma gücü (q_{emin}), boşluk oranı (e) ve porozite (n) değerleri için yapılmıştır. Kohezyon (c), içsel sürtünme açısı (∅) ve doğal birim hacim ağırlığı (γ_n) değerlerinin birlikte değerlendirildiği ve çeşitli kabuller yapılarak, temel derinliği D_f = 3.5 m, temel genişliği B = 1.50 m, doğal birim hacim ağırlığı γ_n = 1.55 g/ cm^3, güvenlik katsayısı G_s = 3.5, yer altı suyunun temel zeminine etkisi olmadığı, şerit temel ve bölgesel kayma gerilmesi (Alüvyon malzemenin gevşek veya orta sıkı zemin sınıfında olması) durumu göz önüne alınarak Terzaghi Taşıma gücü formülü kullanılarak güvenilir taşıma gücü hesaplanmıştır (Uzuner, 1998). 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 sehpaya monte edilen makara, halat, 63.5 kg ağırlığında şahmerdan, tij ve konik uçtan oluşan portatif SPT aletiyle, açılan 28 temel çukur tabanında yapılmıştır. SPT' nin vuruş sayısı SPT-N_{30} değeri olarak alınmıştır. t-Test yöntemine göre, değerlendirmesi yapılan parametreler (SPT-N_{30}, q_{emin},e, n) açısından B3-B5 ve B2-B5 bölgeleri birbirlerinden farklıdır. SPT açısından ise karşılaştırma bölgelerinin tamamı birbirlerinden farklıdır. Güvenilir taşıma gücü değerleri (q_{emin}) bakımından B3-B5 ve B2-B5 karşılaştırma bölgeleri dışındaki bölgeler arasında kabul edilebilir bir ilişki vardır. Boşluk oranları bakımından (e) B3-B2, porozite (n) açısından ise B3-B2 ve B2-B5 karşılaştırma bölgeleri dışındaki tüm bölgeler birbirlerinden farklılık arzetmekteir.

4. SONUÇLAR

- Karasu Havzasının güney kenar ve temelinde, Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı Palandöken Volkanitleri vardır. Bu birim üzerinde, Pliyosen yaşlı, göl ve akarsu içeren Gelinkaya Formasyonu yer alır. Bu formasyonu üzerinde tektonik dönemi yansıtan açısal uyumsuzlukla gelen, Kuvaterner yaşlı, kaba taneli ve gevşek kırıntılı malzemeden oluşan eski alüvyon yelpaze çökelleri mevcuttur. Havza merkezine doğru, Kuvaterner yaşlı, alüvyon ve akarsu çökellerinden oluşan genç alüvyon yelpaze çökelleri mevcuttur.
- Palandöken ve Dumlu Fay zonları, iki önemli kuşak halindedir. Dumlu Fay Zonu, KKD-GGB doğrultulu Karasu Havzasının doğu kenarını belirleyen, sol yanal atımlı normal faylardır. Palandöken Fay Zonu ise DKD-BGB uzanımlı, sol yanal atımlı ve ters faylardan oluşan bir kuşak halinde Karasu Havzasının güney kenarını belirlemektedir. Ayrıca bu kuşak içinde KKB-GGD doğrultulu sağ ve sol yanal atımlı faylar da mevcuttur.
- Jeoteknik bölgelendirmede zeminlerin fiziksel ve jeoteknik özellikleri göz önünde tutulmuştur. Tespit edilen 5 bölgeden, 1 ve 2. bölgeler diğer üç bölgeye kıyasla çok farklı karakteristik özelliklere sahiptir. 1. Bölge volkanik kayaçlardan, 2. Bölge volkanotortul birimlerden oluşmaktadır.

Ancak üzerinde değişen kalınlıklarda (genellikle 10-20 m) alüvyon malzeme bulunmaktadır. Diğer üç bölge ise alüvyon zemindir ve kendi aralarında keskin olmayan (göreceli) sınırlarla ayrılmıştır.

- Beş jeoteknik bölgeden: 1. Bölge, Volkanik kaya zemin; jeoteknik özellikleri bakımından yapılaşma için uygundur. Ancak, yamaç eğimi, heyelan ve fay hatları dışlanmalıdır. Ayrıca yüksek rakım, kuzeye bakış, rüzgar ve uzun kar süresi de planlamada değerlendirilmesi gereken noktalardır. 2. Bölge, Kaba çakıllı alüvyon+Volkanotortul istif; zemin özellikleri açısından yapılaşmaya uygun alandır. Ancak eğimli topografyası ve faylar nedeniyle çok sınırlı yüzey alanına sahiptir. 3. Bölge, Kaba kumlu çakıl; alüvyon yelpazenin başlangıç kısmına yakın olan alandır. Yapı temellerinin kaba çakıllı katmanlar içinde yerleştirilmesi tercih edilmelidir. 4. Bölge, Siltli-kum mercekli kumlu çakıl; alüvyon yelpazenin yaklaşık orta kısımlarıdır. İnce ve kaba taneli katmanlar, kalınlık ve tekrarlanma sayıları bakımından birbirlerine denktir. Yapı temellerinin kaba çakıllı katmanlar içinde yerleştirilmesi tercih edilmelidir. İnce taneli katmanlardan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. 5. Bölge, Çakıl mercekli siltli kum; inceleme alanının en kuzey kesimidir. İnce taneli alüvyon ve akarsu malzemesi egemendir. Zayıf jeoteknik özellikleri bakımından yapılaşmaya uygun olmayan kesimdir. Aktif faylar, bir jeoteknik birim olarak değil fakat yapılaşma dışı tutulması gereken koridorlar olarak değerlendirilmelidir. Bu çalışma olanaksızlıklar nedeniyle örnekleme, SPT deney sayısı yeterince artırılamamıştır.
- Uygulanan örnekleme yöntemi sonucu elde edilen dağılımın, bir "Poisson Dağılımı" olduğu, ileri sürülen her alt alanın eşit sayıda örnekleme noktası içerdiği hipotezi, kabul edilebilir niteliktedir. Tüm bölgeler Standart Penetrasyon Sayısı ($SPT\text{-}N_{30}$) açısından birbirlerinden farklıdır. Güvenilir taşıma gücü değerleri (q_{emin}) bakımından B3-B5 ve B2-B5 karşılaştırma bölgeleri dışındaki bölgelerde kabul edilebilir bir ilişki vardır. Porozite (n) açısından ise B3-B2 ve B2-B5, boşluk oranları bakımından (e) B3-B2 karşılaştırma bölgeleri dışındaki tüm karşılaştırma bölgeleri birbirlerinden farklılık arzetmektedir.

5. KAYNAKLAR

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

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

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

Davis, J. C. 1973. Statistics and Data Analysis in Geology. "John Wiley and Sons, Inc. New York" 550.

Franklin, J. A. 1977. The Monitoring of Structures in Rock. Int. Journal RMMS 14 (4), 163.

Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati, F. and Villari, L. 1982. Tertiary and Quaternary Volcanism of The Erzurum-Kars Area (Eastern Turkey) Geochronological Data and Geodynamic Evolution. Jour. Volcan. Geoth. Res., 13, 223-240.

Koçyiğit, A., Öztürk, A., İnan, S. ve Gürsoy, H. 1985. Karasu Havzası'nın (Erzurum) Tektonomorfolojisi ve Mekanik Yorumu. "C.Ü M.F.Y.B., Dergisi Vol. 2, No 1" 143-147.

Önalp, A. 1982. İnşaat Mühendislerine Geoteknik Bilgisi, 1. " KTÜ Yayını" 418.

Ross, M. S. 1987. Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists. "John Wiley and Sons, Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics" 216.

Uzuner, B. A. 1998. Temel Zemin Mekaniği. "Teknik Yayınevi" Ankara.

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