

ZEMİN BİLEŞİMİ İLE KAYMA DAYANIMI ARASINDAKİ İLİŞKİ; ÜST PLİYÖSEN ÇÖKELLERİ (ANKARA)

Relationship between soil composition and shear strength; Upper Pliocene deposits (Ankara)

Recep KILIÇ

A.Ü. Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ANKARA

ÖZ : Zemin mühendislik özellikleri birbirini etkileyen mineralojik bileşim ve çevre faktörlerine bağlıdır. İri taneler arasındaki boşlukları dolduran ince tanelerdeki kil mineralleri zemin davranışını doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada üç ayrı bölgedeki ince taneli zeminlerin mineralojik bileşimi ile Jeoteknik özellikleri incelenerek korelasyonu yapılmıştır. İncelemede Üst Pliyosen çökellerine ait Sincan, Beşevler ve Kavaklıdere bölgelerinden alınan yüksek plastisiteli inorganik kil (CH) ve yüksek plastik inorganik silt (MH) örnekleri materyal olarak kullanılmıştır. Çökeller kuvars, klasit, albit ve kil minerallerinden oluşmaktadır. Sincan çökellerinin bileşiminde bulunan ortalama % 20 montmorillonit içsel sürtünme açısı ve kayma dayanımını azaltmakta olup diğer iki bölgenin jeoteknik özelliklerinden ayrılmaktadır.

ABSTRACT : The engineering properties of a soil depends on the composite effects of several interacting and often interrelated factors as compositional and environmental. In this research, mineralogical composition and geotechnical properties of Upper Pliocene deposits, collected from Sincan, Beşevler and Kavaklıdere sites (Ankara), are studied and correlated. The samples, inorganic clay of high plasticity (CH), and inorganic silt of high plasticity (MH) are used as the material. Deposits consist of quartz, calcite, albite and clay minerals. Sincan deposits contain about 20 percent montmorillonit. Montmorillonit causes decreasing in internal friction and shear strength of the Sincan deposits and apart from geotechnical properties of Beşevler and Kavaklıdere deposits.

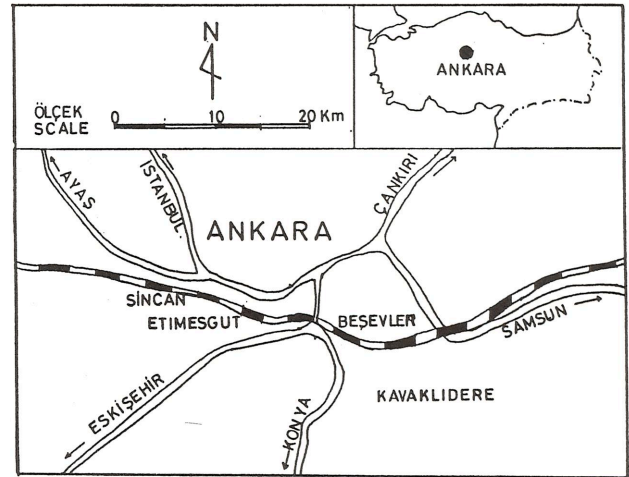
GİRİŞ

Kaya ve zemin gibi jeolojik malzemelerin jeoteknik özellikleri birbirini etkileyen bileşim ve çevre faktörlerine bağlıdır. Zeminlerde iri taneler arasını dolduran kil mineralleri zemin davranışını doğrudan etkilemektedir. Kil mineral gruplarının mühendislik özellikleri geniş dağılım gösterir. Bu dağılım; tane büyüklüğü, kristallenme derecesi, katyon ve boşluk suyundaki serbest elektrolitin miktar ve tipinin bir fonksiyonudur. Bu etkenlerin önemi kaolinit < illit < smektit grup sırasında göre artar (Mitchell, 1976). Jeoteknik özelliklere bileşim yanında çevre faktörlerinin etkisi önemlidir.

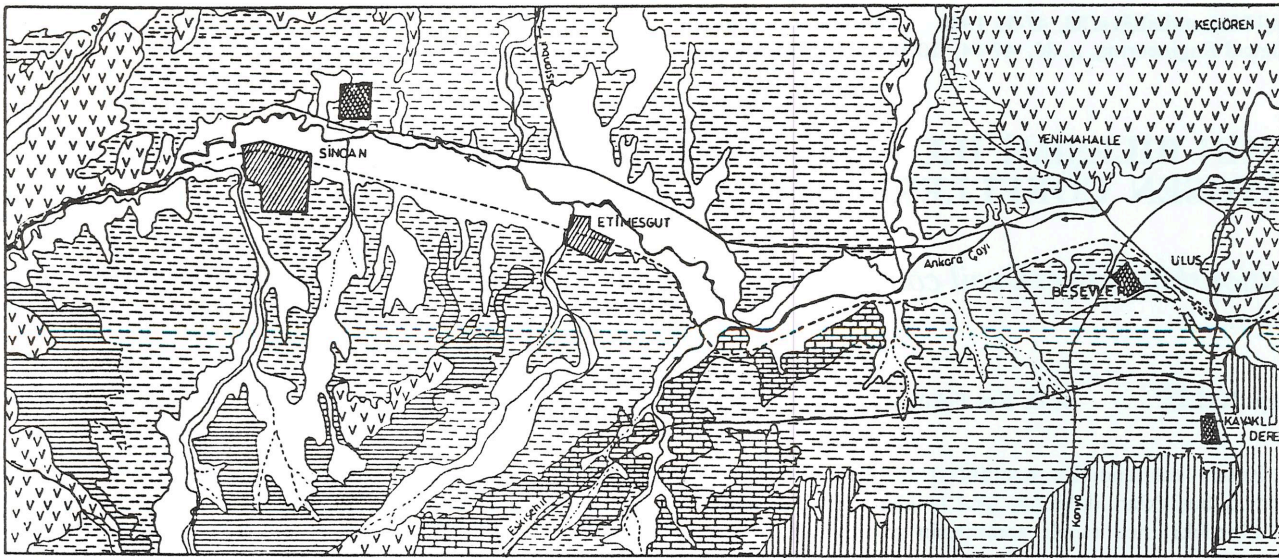
Bileşimin jeoteknik özelliklere etkisini incelenmesinde iki yöntem mevcuttur. Birincisi, doğal zemin kullanılarak bileşim ve özellik tanımlanır ve korelasyonu yapılır. İkincisi ise bileşimi bilinen kil, silt ve kumun karışımı ile hazırlanan zeminin özellikleri araştırılır. İkinci yöntemde yaklaşım kolay olmasına karşılık doğal zeminlerdeki ile aynı özelliklere sahip olamayacağından daha az gerçekçi sonuçlar verir.

Bu çalışmada zeminin jeoteknik özellikleri üzerine kil fazının etkin olduğu gözönüne alınarak Ankara ve çevresinde geniş yayılım gösteren Üst Pliyosen'e ait ince taneli çökeller materyal olarak alınmıştır. Havzanın konumu gözönüne alınarak Ankara çayının kuzeyinde yer-alan Sincan bölgesi ile (Kılıç ve Demirbaş, 1988), güneyinde Beşevler (Kılıç, 1990) ve Kavaklıdere bölgeleri (Kılıç, 1989) seçilmiştir (Şekil 1). Alınan örneklerin fiziksel özellikleri, sınıflaması, kayma dayanımı ve mineralojik bileşimi belir-

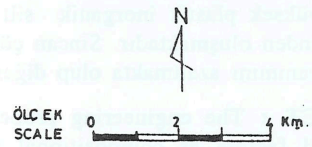
lenerek ilişkileri araştırılmış ve birbirleri ile korelasyonu yapılmıştır. Ayrıca mineralojik bileşim ile havza oluşumu arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Bu killer üzerinde çok sayıda araştırma yapılmıştır. Sürgele (1976) Ankara kilinin jeoteknik özellikleri üzerine bir inceleme yapmış, ODTÜ kampüsündeki killerin jeoteknik özelliklerini vermiştir.



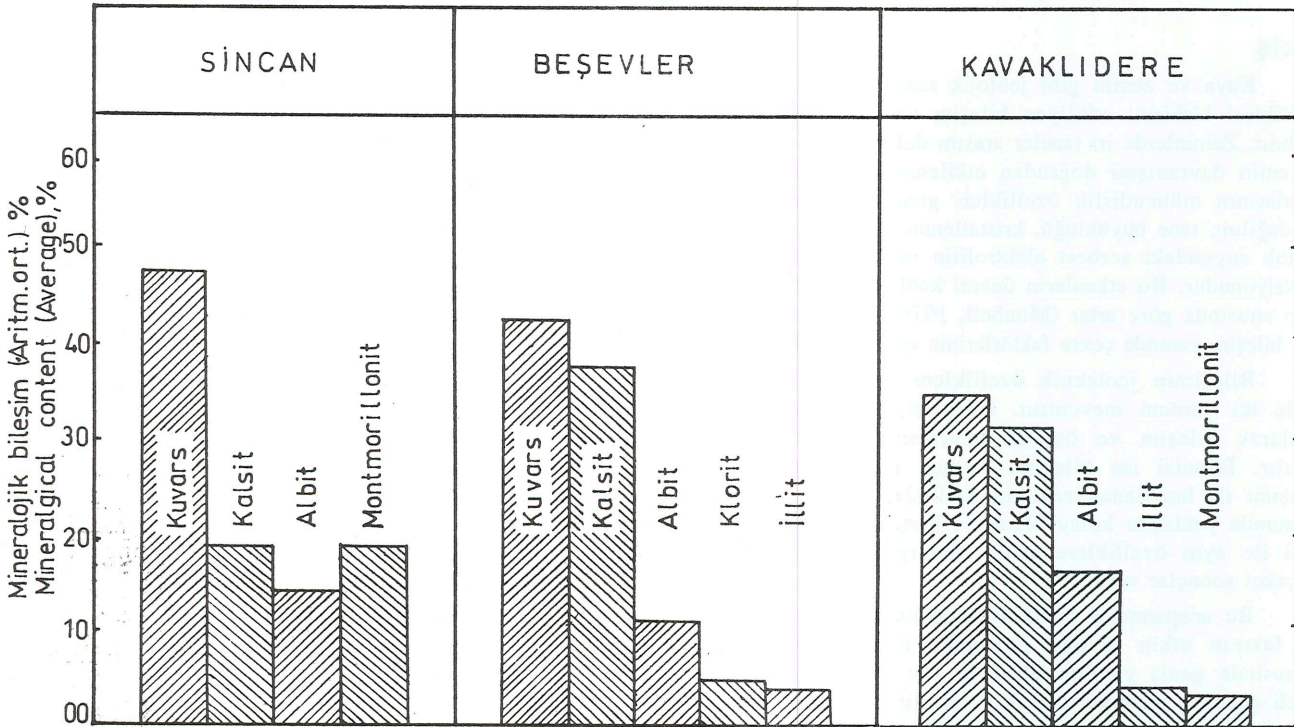
Şekil 1. Konum haritası
Figure 1. Location map



- | | |
|---|---|
| Kuvaterner alüvyonları
Quaternary alluviums | Jura-Kretase çökelleri
Jura Cretaceous deposits |
| Üst Pliyosen çökelleri
Upper Pliocene deposits | Permo-Triyas, Dikmen greyvakları
Permo-Trias, Dikmen greywacks |
| Miyosen volkanitleri ve çökelleri
Miocene volcanics and deposits | İnceleme alanları
Studied areas |



Şekil 2. Jeoloji haritası
Figure 2. Geological map.



Şekil 3. Üç bölgeden alınan Üst Pliyosen çökellerini mineralojik bileşimi.
Figure 3. Mineralogical content of the Upper Pliocene deposits collected three different site.

Birand (1978) Ankara kenti zeminlerinin jeoteknik sorunlarını genel olarak açıklamaktadır. Kasapoğlu (1982). Ankara kentindeki Üst Pliyosen çökellerinin bazı jeomühendislik özelliklerini, Kiper (1983) Etimesgut - Batı kent yöresindeki çökellerin bazı jeomühendislik özellikleri ile konsolidasyon özelliklerini incelemiştir. Konumuz ile doğrudan ilgili olanına rastlanmamıştır.

İncelemede, Sincan kuzeyinde Kepir gölü civarında 5 adet, Beşevler bölgesinde 6 adet ve Kavaklıdere Atatürk bulvarı ile Paris caddesi arasında 6 adet olmak üzere derinliği 8 m-15 m arasında değişen temel sondajlarından 89 mm çaplı Shelby tüpleri ile alınan örselenmemiş (UD) örnekler kullanılmıştır. Örneklerin jeoteknik özellikleri Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü zemin mekaniği laboratuvarında, minerolojik bileşimi Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği laboratuvarında X-Ray Difraksiyon (XRD) metodu ile belirlenmiştir. Kayma dayanımı ELE,100 kN kapasiteli üç eksenli alet ile konsolidasyonsuz-drenajsız (UU) olarak ve tek eksenli basınç deneyi ile belirlenmiştir.

JEOLJİ

Bölgede geniş dağılım gösteren Üst Pliyosen çökelleri Ankara güneyinde yer alan Triyas metagreyvaklar ve Elmadag Bloklu Serisi, Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşı ve detritikler ile özellikle kuzeyde yüksek tepelerde geniş dağılım gösteren Miyosen yaşlı volkanitler, kireçtaşı, marn, kum-

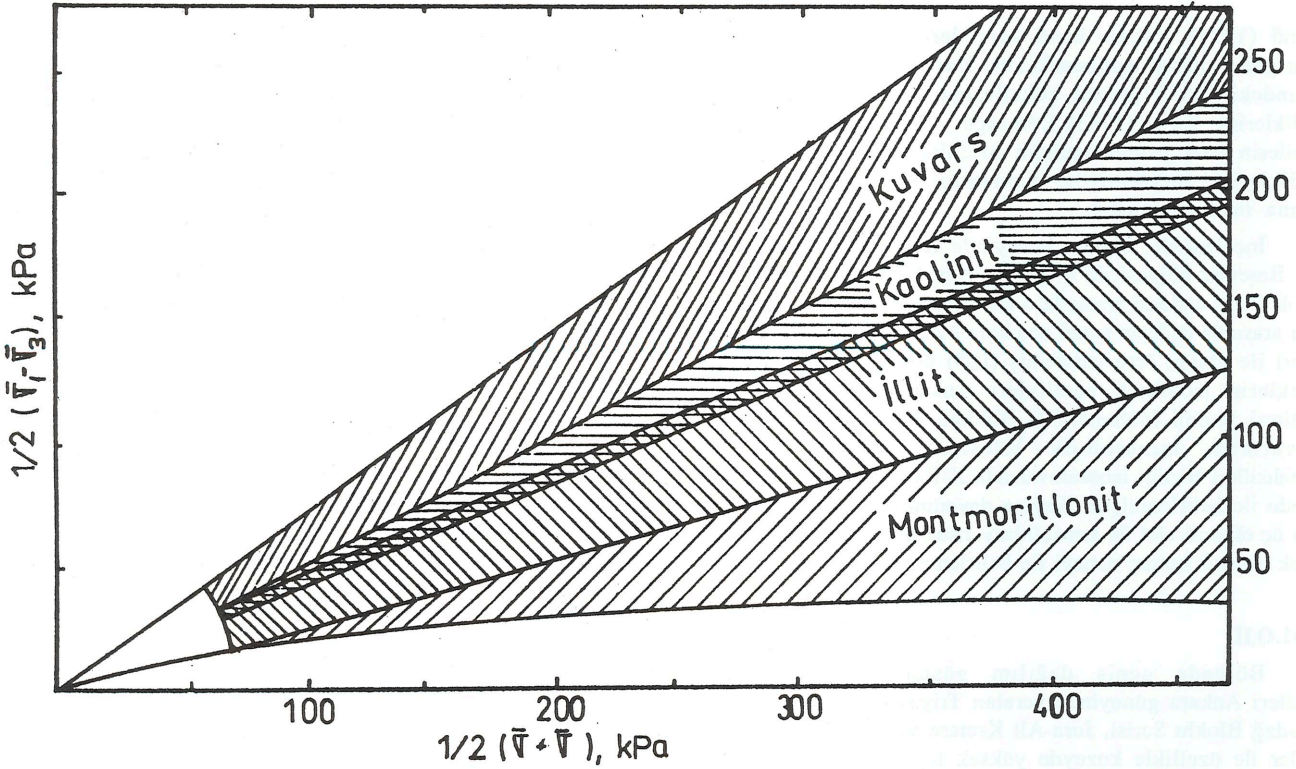
taşı, kiltası ve tüflerin alterasyon ürünlerinden oluşmaktadır (Erol, 1973 ve Kasapoğlu, 1982). Pliyosen çökelleri Ankara yerleşim alanında genellikle kırmızı kahverenkli siltli killi birimler içerisinde kum, çakıl mercikleri şeklinde gözlenirken Sincan bölgesinde kırmızimsı killer yanında gri, bej renkli daha ziyade homojen yapı gösteren killi siltli birimlerden oluşmaktadır (Şekil 2). Erol ve diğ. (1980) tarafında Etimesgut-Batıkent havzasında oluşan sarımsı bej renkli bu killer Macun üyesi olarak tanımlanırken, Ankara çayının kuzeyinde görülenler Balgat üyesi olarak tanımlanmıştır. Bu iki havzayı KD-GB doğrultusunda ayıran bir paleosirtin varlığından sözedilmektedir.

JEOTEKNİK ÖZELLİKLER

Yapılan temel sondaj çalışmalarında elde edilen örselenmemiş örneklerin doğal su içeriği, Atterberg limitleri, ıslak elek analizi ve hidrometre analizi ile tane boyu dağılımı belirlenmiştir. Bu verilere bağlı olarak konsistansı, aktivitesi ve likidite indisi hesaplanmıştır. Zeminin kayma dayanımı arazide Standard Penetrasyon Testi ile laboratuvar da tek eksenli ve üç eksenli basınç testi (UU) ile belirlenmiştir. Kayma dayanımı parametrelerinin değerlendirilmesinde laboratuvar metodları gözönüne alınmıştır. Elde edilen özelliklerin alt, üst sınır değerleri ile aritmetik ortalamaları Çizelge 1'de verilmiştir. Her bölgede alınan 20 den fazla örneğe ait bu değerler 0.00 - 10.00 m arasında değişen derinliklerdeki ze-

ÖZELLİKLER	SİNCAN			BEŞEVLER			KAVAKLIDERE		
	En az	En çok	Arit.ort.	En az	En çok	Arit. ort.	En az	En çok	Arit.ort.
Doğal su içeriği w_n %	32	43	39	25	32	29	22	30	25
Likit Limit LL %	83	103	92	51	61	57	47	70	58
Plastik Limit PL %	35	39	37	25	42	32	21	34	27
Plastisite indisi PI %	45	69	56	17	32	25	13	43	31
Kil miktarı c % < 0.002 mm.	58	81	67	22	44	34	16	55	38
Konsistans $K=LL-w_n/PI$	0,91	1,37	1,19	0,96	1,53	1,19	0,77	1,85	1,14
Aktivite $A=PI/c-n$ (n=5)	0,63	1,13	0,90	0,45	1,50	0,97	0,66	2,36	1,11
Likidite indisi $LI=w_n-PL/PI$	-0,07	+0,09	+0,007	-0,53	+0,04	-0,18	-0,55	+0,23	-0,21
İçsel sürtünme ϕ derece	9	23	13	7	26	14	3	25	11
Kayma dayanımı kPa	60	300	189	60	320	210	195	340	289

Çizelge 1. Üç bölgenin jeoteknik özellikleri.
Table 1. Geotechnical properties of the three different sites.



Şekil 4. Saf kil mineralleri ve kuvars için efektif gerilmedeki kırılma zarfı aralıkları (Olson, 1974)
Figure 4. Ranges in effective stress failure envelope for pure clay minerals and quartz (Olson, 1974).

mini temsil etmekte olup Birleşik Zemin Sınıflama Sistemine göre yüksek plastisiteli inorganik kil (CH) ve yüksek plastisiteli inorganik silt (MH) grubundadır. Su içeriği ortalama olarak Kavaklıdere'de % 25, Beşevler'de % 29 ve Sincan'da % 39 dur. Likit limit Beşevler ve Kavaklıdere'de % 57-58 iken Sincan'da % 92'ye ulaşmaktadır. Kil miktarı, konsistans, aktivite ve likidite indisi Sincan'da Kavaklıdere ve Beşevler'e göre daha yüksektir. Buna kaşılık kayma dayanımı Kavaklıdere'de 289 kPa, Beşevler'de 210 kPa ve Sincan'da 189 kPa dir.

MİNERALOJİK BİLEŞİMİ

XRD metodu ile yarı kantitatif olarak belirlenen mineralojik bileşimde her üç bölgedeki çökellerde hakim mineral kuvars olup, Kavaklıdere'de % 35, Beşevler'de % 42 ve Sincan'da % 48'dir. İkinci derecede çoğunlukta bulunan kalsit Kavaklıdere'de % 30, Beşevler'de % 38 ve Sincan'da % 20'dir. Üç bölgede de görülen albit % 10-20 arasında değişmektedir. Kavaklıdere ve Beşevler'de tali miktarda illit ve klorit görülmektedir. Sincan çökellerini % 20'sini oluşturan montmorillonit Kavaklıdere'de % 3 oranında bulunmakta ve Beşevler'den alınan örneklerde görülmemektedir (Şekil 3).

JEOTEKNİK ÖZELLİKLER - MİNERALOJİK BİLEŞİM İLİŞKİSİ

Zeminin mineralojik bileşimi fiziksel ve mühendislik özelliklerini etkilemektedir. Olson (1974) saf kil mineralleri ve kuvars için kayma dayanımı ilişkisini Şekil-4 de görüldüğü gibi açıklamaktadır. Burada kırılma zarfı aralığı en yüksek kuvarsa ait olup kaolinit < illit < montmorillonit sırasına göre azalmaktadır.

Aktivite-Kil Miktarı (% < 0.002 mm) ilişkisi

Her üç bölgeden alınan örneklerin dağılımı Şekil 5'de görülmektedir. Sincan örneklerinin yaklaşık % 70'i % 25 den fazla şişme potansiyeline sahip olup çok yüksek, geriye kalan kısmı ise yüksek şişme özelliğindedir. Kavaklıdere ve Beşevler'den alınanlar orta ve yüksek şişme özelliğindedir.

Plastisite İndisi - Kalsit Bileşimi ilişkisi

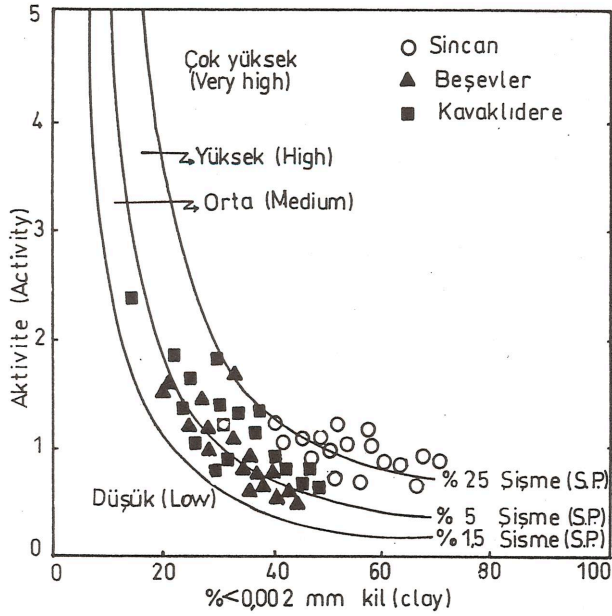
Çökellerin kalsit bileşimi arttıkça plastisitesi azalmaktadır. Şekil 6'da görüldüğü gibi Kavaklıdere ve Beşevler'de kalsit oranı birbirine yakın olup Sincan'a göre daha yüksektir. Şekildeki dağılıma göre kalsit oranının yüksek değerlerinde plastisite indisi değerinin artış hızı azalmaktadır. Sincan'da % 20 dolayında olan kalsite karşılık plastisite indisi % 45-69 arasında değişmektedir ve azalma daha hızlıdır.

Plastisite İndisi - Kil Miktarı İlişkisi

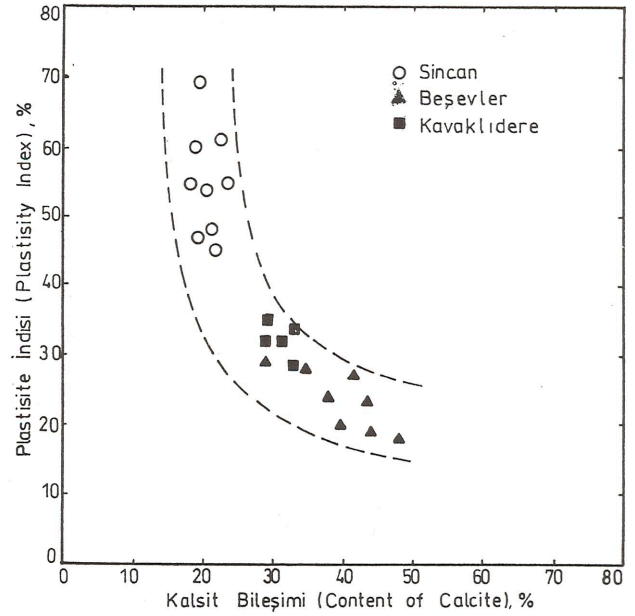
Zeminlerin şişme potansiyeli aktivite ve ağırlıkça 0.002 mm den küçük kil miktarı ile yakından ilgilidir. Plastisite indisi ile kil miktarı arasındaki ilişki Şekil 7'de görülmektedir. Kavaklıdere ve Beşevlere ait örnekler orta, yüksek ve çok yüksek bölgelerde yer almakta iken Sincan'da kiler genellikle çok yüksek şişme bölgesindedir.

Log Ø - Kuvars Bileşimi İlişkisi

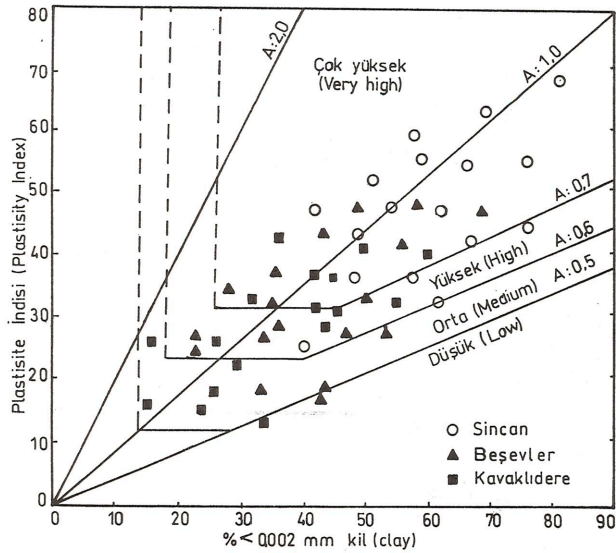
Kuvars bileşimi arttıkça içsel sürtünme açısı (Ø) nin logaritması artmaktadır. Her üç bölge için bu artış doğru orantılıdır (Şekil 8).



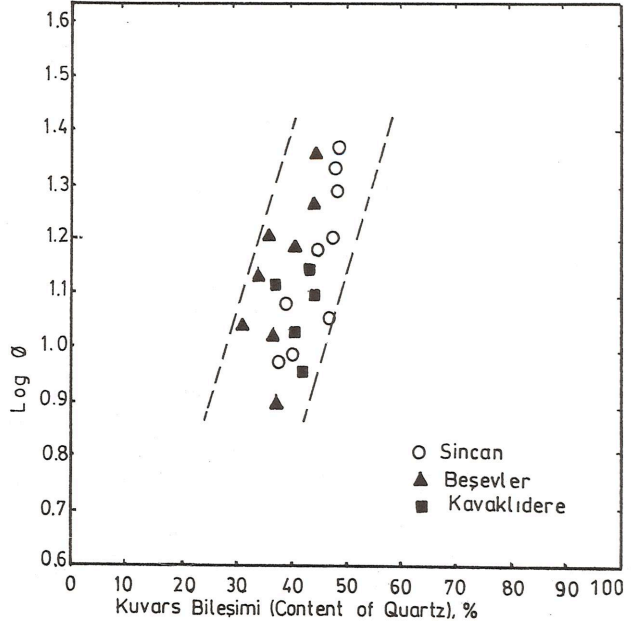
Şekil 5. Üst Pliyosen çökellerinin şişme potansiyeli
Figure 5. Swelling potential of the Upper Pliocene deposits.



Şekil 6. Plastisite indisi kalsit bileşimi ilişkisi.
Figure 6. Relationship between plasticity index and calcite content.



Şekil 7. Plastisite indisi kil miktarı ilişkisi.
Figure 7. Relationship between plasticity index and clay content.



Şekil 8. Log Ø ve kuvars bileşimi arasındaki ilişki.
Figure 8. Relationship between Log Ø and quartz percent.

Log Ø - Kil Miktarı İlişkisi

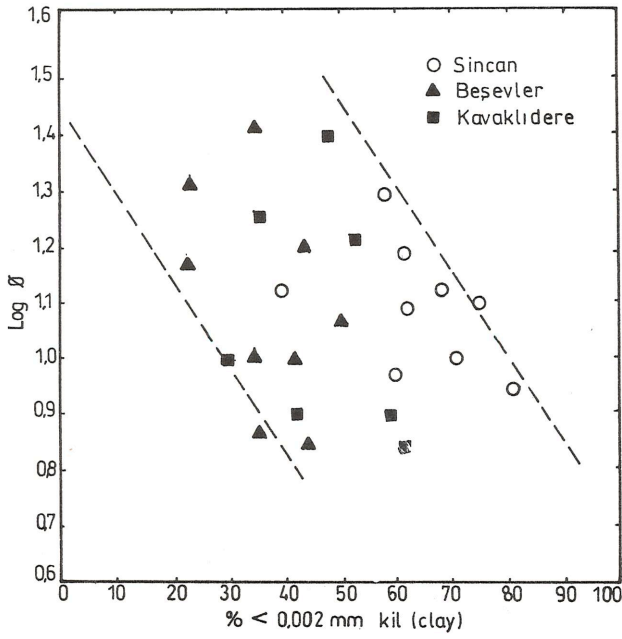
İçsel sürtünme açısı ile kil miktarı arasında Şekil 9'da görülen ilişki mevcuttur. Üst Pliyosen çökellerinde kil arttıkça Log Ø azalmaktadır.

Doğal Su İçeriği - Kayma Dayanımı İlişkisi

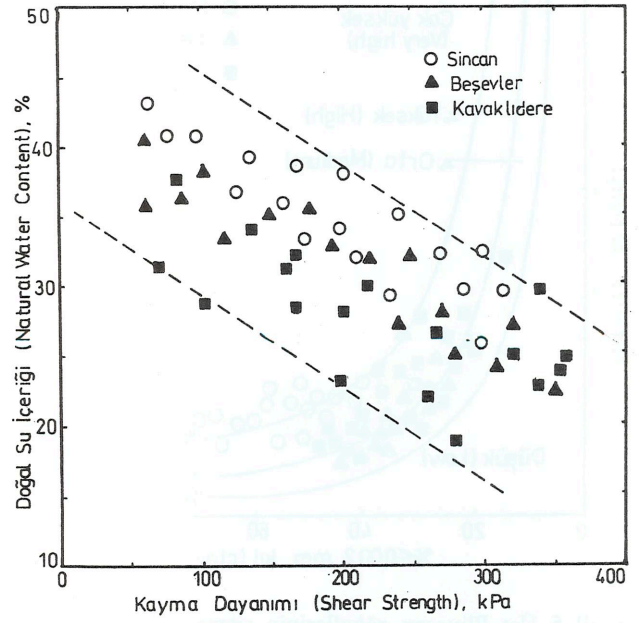
Bu ilişkinin ters orantılı olduğu Şekil 10'daki dağılımdan açıkça gözlenmektedir. En düşük su içeriğine sahip Kavaklıdere çökellerinin kayma dayanımı 340 kPa olurken en yüksek su içeriğine sahip Sincan çökellerininki en fazla 300 kPa'dır.

Likidite İndisi - Kayma Dayanımı İlişkisi

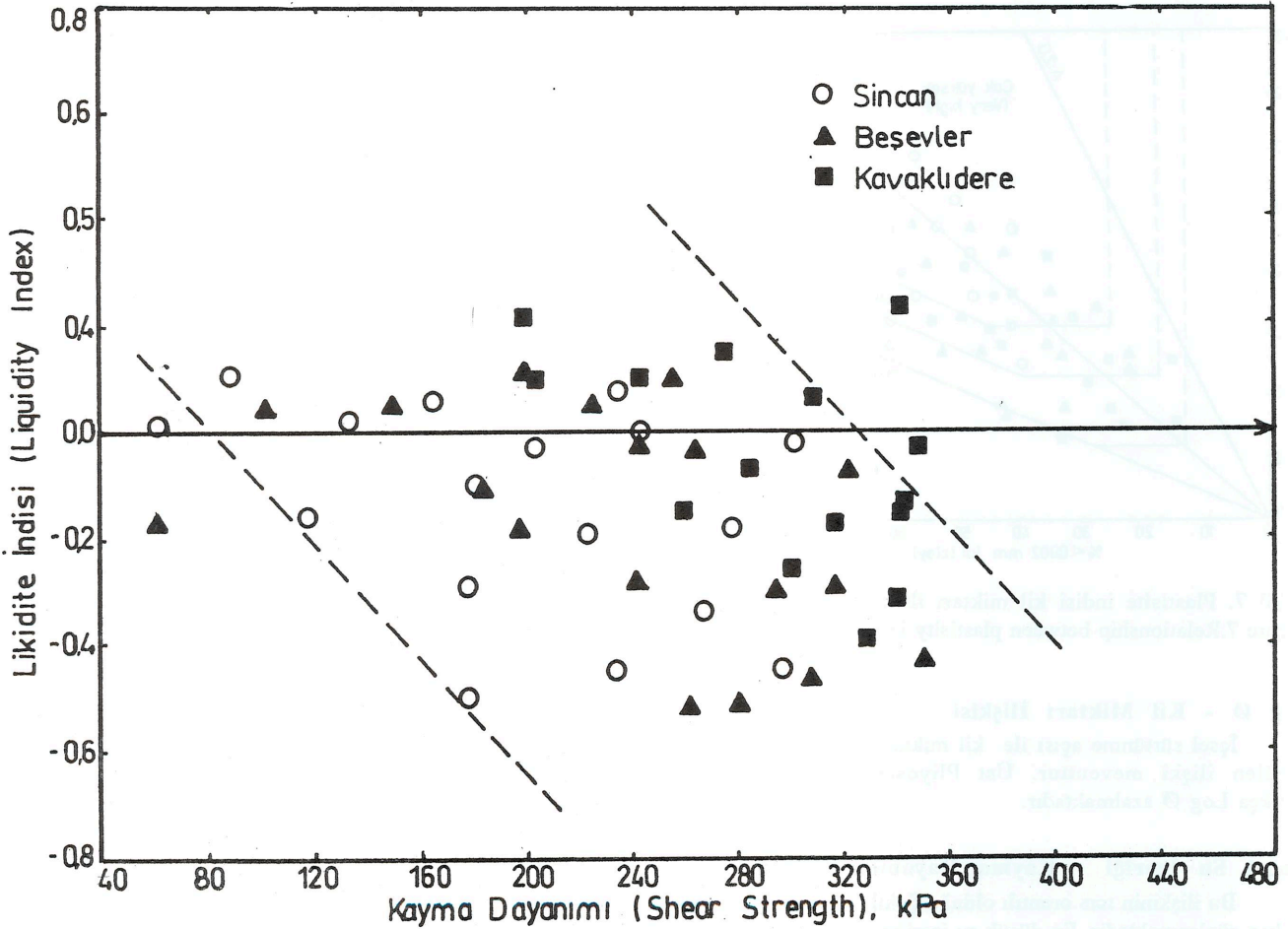
Üst Pliyosen çökellerinin likidite indisi - 0.55 ile + 0.23 arasında değişmektedir. Kayma dayanımı 60-340 kPa arasındadır. Sincan bölgesinde Kavaklıdere ve Beşevler'e göre likidite indisi yüksek ve kayma dayanımı düşüktür. Şekil 11'de görüldüğü gibi bölgelerin kayma dayanımı değerleri birbirine girişim yapmakta olup Sincan, Beşevler ve Kavaklıdere sırasına göre artmaktadır.



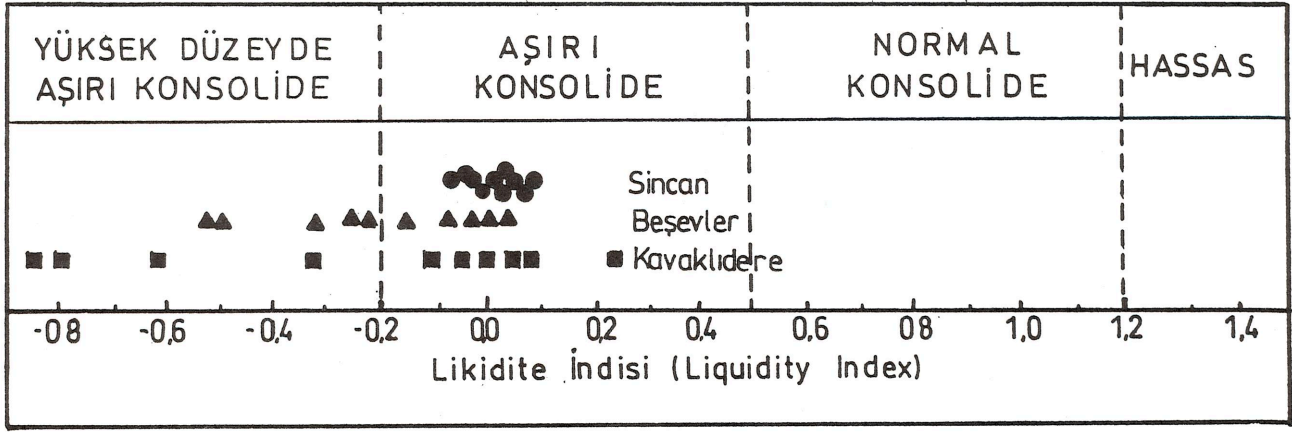
Şekil 9. Log Ø ve kil miktarı arasındaki ilişki.
Figure 9. Relationship between Log Ø and clay content.



Şekil 10. Doğal su içeriği ile kayma dayanımı ilişkisi.
Figure 10. Relationship between natural water content and shear strength.



Şekil 11. Likidite indisi ile kayma dayanımı arasındaki ilişki.
Figure 11. Relationship between likidite index and shear strength.



Şekil 12. Likide indisi ile konsolidasyon ilişkisi.
Figure 12. Relationship between liquidity index and consolidation.

Likidite İndisi - Konsolidasyon İlişkisi

İnce taneli zeminlerde likidite indisi konsolidasyon derecesi hakkında bir bilgi verebilmektedir (Rominger and Rutledge 1952). Üst Pliyosen çökelleri için bu ilişki Şekil 12'de görülmektedir. Kavaklıdere ve Beşevler örnekleri aşırı konsolide ve yüksek düzeyde aşırı konsolide iken Sincan örnekleri aşırı konsolide özelliği göstermektedir.

Montmorillonit Oranı - Kayma Dayanımı İlişkisi

Bu ilişki montmorillonit oranı % 18 ile 23 arasında değişen Sincan çökellerinin 9 adet örneği üzerinde incelenmiştir. Montmorillonit miktarının kayma dayanımını azalttığı Şekil 13'deki dağılımdan açıkça görülmektedir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Üst Pliyosen çökellerini temsil eden üç ayrı bölgede alınan örneklerin jeoteknik özellikleri ile mine-ralojik bileşimi belirlenerek birbirleri ile ilişkisi araştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Kavaklıdere ve Beşevler çökellerinde şişme orta ve yüksektir. Sincan çökellerinin yaklaşık % 70'i çok yüksek, % 30'u yüksektir. Bu durum Sincan çökellerinin % 18-23 montmorillonit içermesinden kaynaklanmaktadır.

2. Kalsit oranı arttıkça plastisite indisi azalmaktadır. Sincanda kalsit % 20 olduğu halde plastisite indisi ortalama % 56'ya yükselmektedir. Kavaklıdere ve Beşevler bölgesinde kalsit oranı sırası ile % 32 ve 38, plastisite indisi % 31 ve % 25 dir. Sincan'da plastisite indisinin yüksek olması kalsit yüzdesinin yanında % 67 kil ve % 20 montmorillonit içermesine bağlıdır.

3. İçsel sürtünme açısı kuvars miktarı ile doğru, kil miktarı ile ters orantılıdır. Çökellerin içsel sürtünme açısı 11 ile 14 derece arasında değişmektedir. Sincan çökellerinde kuvars yüksek olmasına karşılık kil oranı da yüksek olduğundan içsel sürtünme diğer bölgelerinkine yakındır.

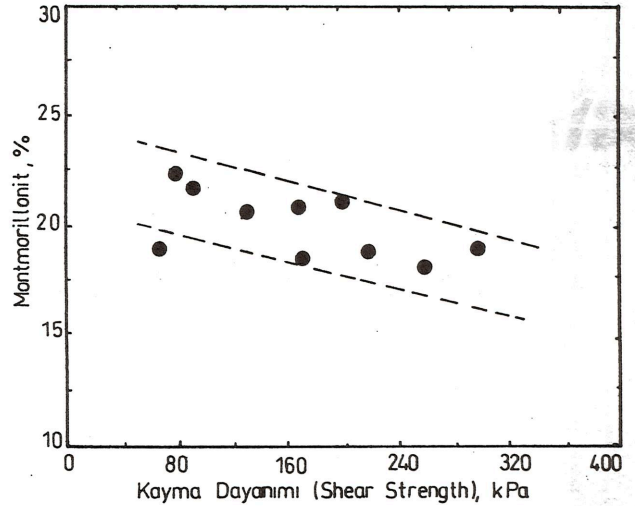
4. Doğal su içeriği dolayısı ile likidite indisi azaldıkça kayma dayanımı artmaktadır. Likidite indisi Sin-

can'da en yüksek olup ortalama + 0.007 dir. Buna karşılık kayma dayanımı 60 - 300 kPa arasında değişmektedir. Kavaklıdere'de likidite indisi - 0.21, kayma dayanımı en yüksek olup 195 - 340 kPa dir.

5. Likidite indisi ile konsolidasyon ilişkisine göre Sincan çökelleri "aşırı konsolide", Kavaklıdere ve Beşevler çökelleri "aşırı konsolide" ve "yüksek düzeyde aşırı konsolide"dir.

6. Sincan çökellerinde montmorillonit oranı arttıkça kayma dayanımı azalmaktadır.

7. Mineralojik belişim bakımından Kavaklıdere ve Beşevler birbirlerine benzerlik göstermektedir. Farklı olarak Beşevlerde gözlenen % 5 kloritin yerini Kavaklıdere'de % 3 montmorillonit almaktadır. Ankara havzasındaki çökellere göre Sincan çökelleri farklı bileşime sahiptir. Kalsit oranı %



Şekil 13. Montmorillonit yüzdesi ile kayma dayanımı ilişkisi.
Figure 13. Relationship between montmorillonit percent and shear strength.

20'ye azalırken illit ve klorit yerine montmorillonit % 20'ye yükselmektedir.

8. Mineralojik bileşimdeki bu farklılık çökellerin kayma dayanımı yanında diğer jeoteknik özelliklerine yansımaktadır. Montmorillonit yapısı gereği şişme ve büzülme özelliği itibari ile hassas killerdendir. Bu nedenle Sincan bölgesindeki çökellerde bünyesine alacağı su miktarına bağlı olarak oturma ve kabarma beklenebileceği gözönüne alınmalıdır.

9. Her üç bölgenin bulunduğu havzalarda çokluk sırasına göre kuvars, kalsit ve albit mevcuttur. Duyarlı minerallerden olan kuvars Elmadağ bloklu serisi, Dikmen greyvıkları, Jura, Kretase ve Miyosen çökellerinden kaynaklanmaktadır. Kalsitin Pliyosen'den daha yaşlı karbonatlı birimlerden beslenebileceği açıktır. Sincan havzasındaki montmorillonit, gölsel ortamı dolduran çökellerin beslenmesinde Miyosen volkanitlerine ait alterasyon ürünlerinin etkin olduğunu göstermektedir. Bu sebeple Sincan ve Ankara havzasında yeralan Beşevler ve Kavaklıdere çökelleri litolojik özellikleri yanında mineralojik bileşimi bakımından farklı beslenme alanına sahip olduğunu göstermektedir. Elde edilen bu bilgiler Çayyolu ile Yenimahalle arasında KD - GB yönlü bir paleosirtın varlığı fikrini desteklemektedir.

KATKI BELİRTME

Yazar, değerli katkıları için sayın Prof.Dr. Erçin Kasaboğlu'na teşekkür eder.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Birand, A., 1978 Ankara yöresi zeminleri ve jeoteknik sorunları : Yerbilimleri Açısından Ankara'nın Sorunları Sempozyumu, Türkiye Jeol. Kur. yayını. 55 - 60.
- Erol, O., 1973, Ankara Şehri Çevresinin Jeomorfolojik Anabirimleri : A.Ü. Dil ve Tarih - Coğr. Fak. Yayın No: 240, 29 s.
- Erol, O. ve diğ., 1980. Ankara Metropolitan Arazi Kullanım Haritası : M.T.A. Genel Müdürlüğü Raporu, 99 s.
- Kasapoğlu, K., E., 1982, Ankara kenti zeminlerinin jeomühendislik özellikleri: Yerbilimleri, 9, 19 - 40.
- Kılıç, R., Demirbaş, E., 1988, Sincan (Ankara) Kepir gölü çevresinde killerin jeoteknik özellikleri : Hacettepe Üniversitesi'nde Yerbilimlerinin 20. Yılı Sempozyumu, 25-27 Ekim, Beytepe, Ankara.
- Kılıç, R., 1989, Almanya Federal Cumhuriyeti Konsoloslugu (Ankara) ek bina inşaatları jeoteknik raporu (basılmamış), A.Ü. Fen Fakültesi, 48. s.
- Kılıç, R., 1990, A.Ü.Fen Fakültesi ile Konya devletiyolu arasındaki alanın jeoteknik incelemesi, A.Ü. Araştırma Fonu Proje raporu, 8 - 05- 01 - 01.
- Kiper, B., 1983, Etimesgut-Batıkent yöresindeki Üst Pliyosen çökellerinin jeo-mühendislik özellikleri ve konsolidasyonu : Doktora Tezi, Hacettepe Üniv. Jeol. Müh. Böl., 160s.
- Mitchell, K., J. 1976, Fundamentals of Soil Behavior, John Wiley, Sons, Inc., New York.
- Olson, R., E., (1974), Shearing Strength of Kaolinite, Montmorillonite : Journal of the Geotechnical Division. A.S.C.E., Vol. 100, No. GT11, pp. 1215-1229.
- Rominger, J., and Rutledge, P., C., 1952, Use of soil mechanics data correlation and interpretation of Lake Agassiz sediments, J., Geol. 60 (2). 4, 180 p.
- Sergel, A., 1976, Survey of the Geotechnical Properties of Ankara Soils, MS Thesis.