

## ZEMİN BİLEŞİMİ İLE KAYMA DAYANIMI ARASINDAKİ İLİŞKİ; ÜST PLİYOSEN 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, iri 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 in. 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 of 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 montmorillonite. Montmorillonite causes decreasing in internal friction, and shear strength of the Sincan deposits and apart from geotechnical properties of Beşevler and Kavaklıdere deposits.

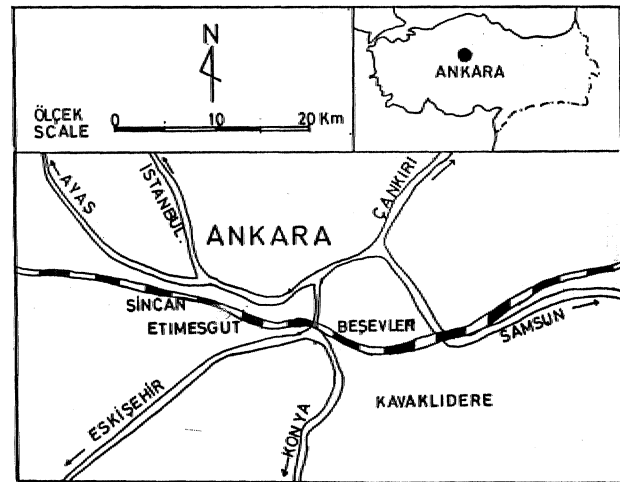
### GİRİŞ

Kaya ve zemin, gibi jeolojik malzemelerin jeoteknik özellikleri birbirini etkileyen bileşim ve çevre faktörlerine bağlıdır. Zeminlerde iri taneler arasında, 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.

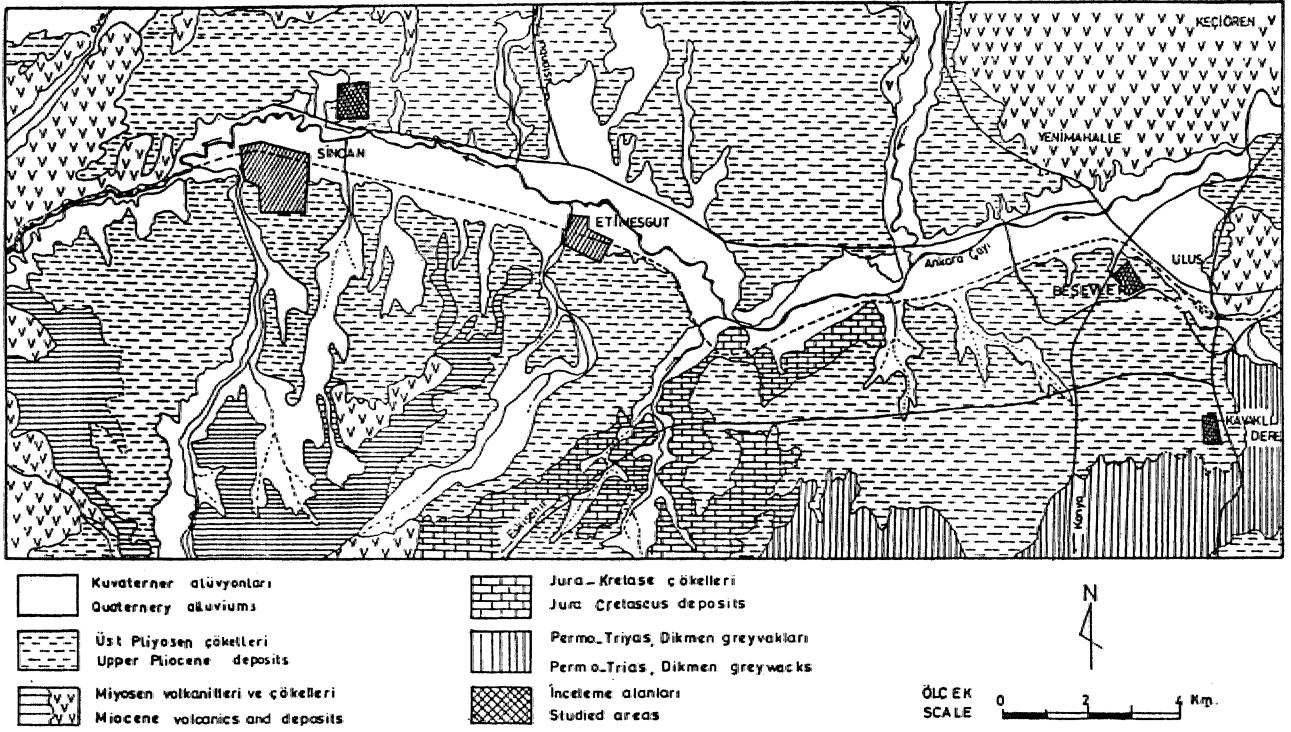
Bileşimin jeoteknik özelliklere etkisini incelenmesinde iki yöntem mevcuttur. Birincisi, doğal zemin kullanılarak bileşim ve özellik, tanımlanır ve korelasyonu yapılır, ikincisi ise bileşimi bilinen kil, silt ve kumun karışımı ile hazırlanan zeminin özellikleri araştırılır. İkinci yöntemde yaklaşım kolay 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 Pliyosene 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-

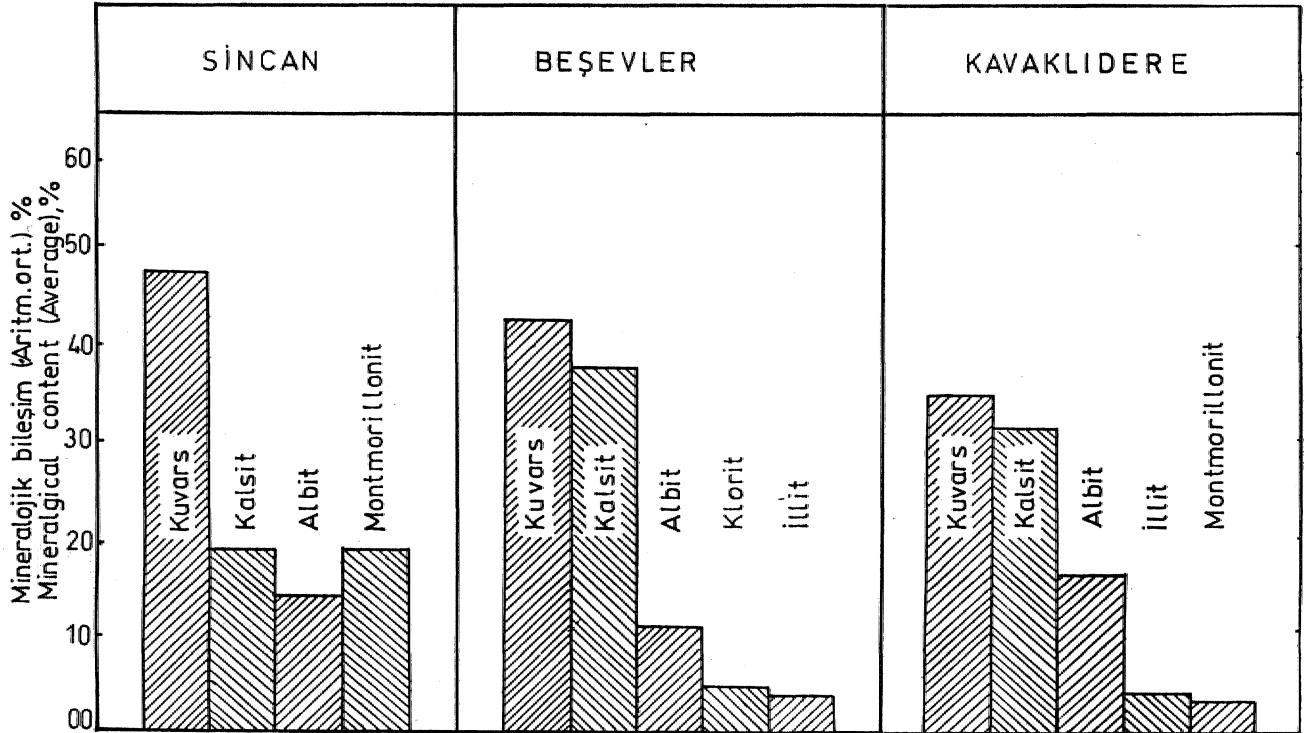
lenerek ilişkileri araştırılmış ve birbirleri ile korelasyonu, yapılmıştır. Ayrıca mineralojik bileşim ile havza oluşumu arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Bu killer üzerinde çok sayıda araştırma yapılmıştır. Sürgel (1976) Ankara kilinin jeoteknik özellikleri üzerine bir inceleme yapılmış, ODTÜ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



Şekil 1. Konum haritası  
Figure I, Location, map



Şekil 2. Jeoloji haritası  
Figure 2. Geological map.



Şekil 3. Üç bölgeden alınan Ost 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 çöklcrin 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 9 mm. çaplı Shelby tüpleri, ile alman 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,,10ö kN kapasiteli üç eksenli alet ile konsolidasyonsuz-drenajsız (UU) olarak ve tek eksenli basınç deneyi, ile belirlenmiştir.

## JEOLOJİ

Bölgede geniş dağılım gösteren Üst Pliyosen çökelleri Ankara, güneyinde, yer al an Triyas metagreyv aklar ve Elmadağ Bloklı Serisi,, Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşı ve detritikler ile özellikle kuzeyde yüksek tepelerde geniş dağılım gösteren Miyosen yaşlı volkanitler, kireçtaşı, marn, kım-

taşı, Mİtaşı ve töflerin 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 kırmızımsı 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- Balg at üyesi olarak tartımlanmıştır. Bu, iki havzayı KD-GB doğrultusunda ayıran bir paleosirtın varlığından söze dilmektedir.,

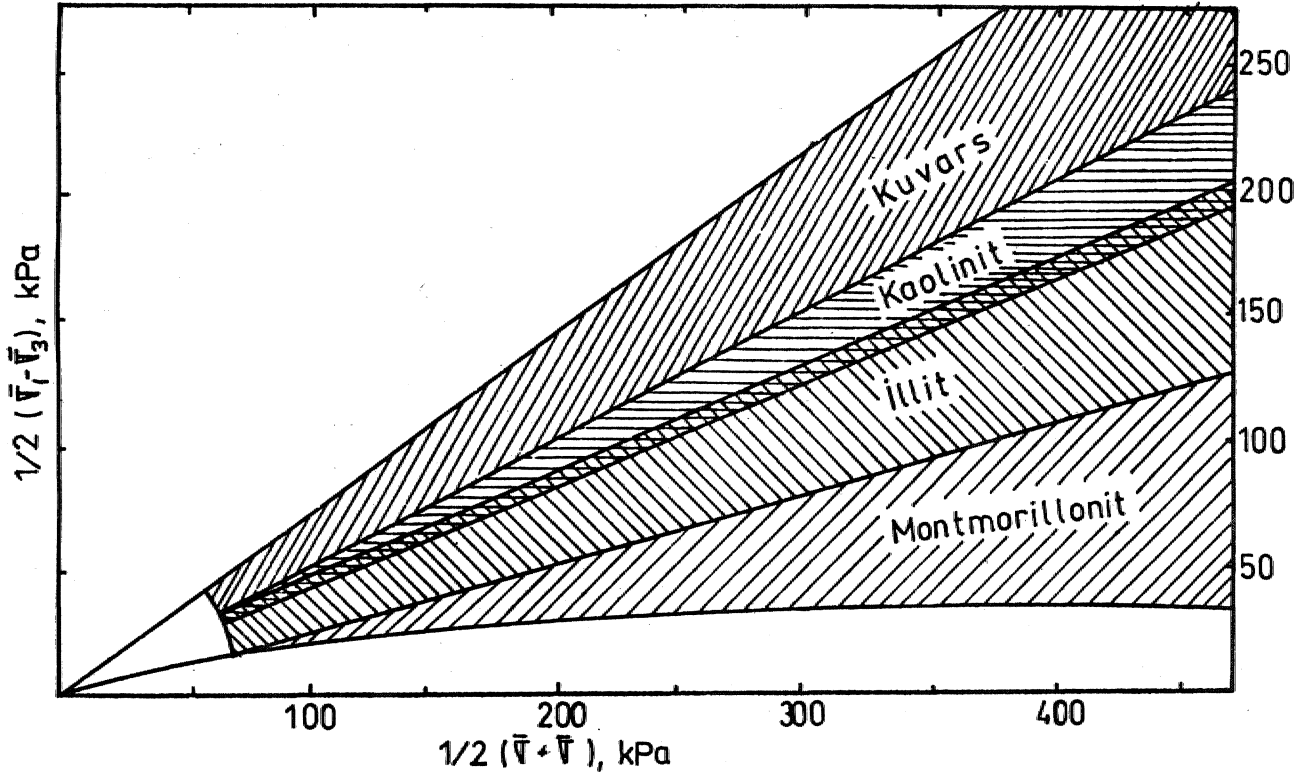
## JEOTEKNİK ÖZELLİKLER

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 konsistans,, aktivitesi ve likidite indisi hesaplanmıştır. Zeminin kayma dayanımı arazide Standard Penetrasyon Testi ile laboratuvarında 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 <sub>n</sub> %	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 İndisi 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 <sub>n</sub> /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 <sub>n</sub> -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 kaplık, kayma dayanımı Kavaklıdere'de 289 kPa, Beşevler'de-210 kPa ve Sincan'da 189 kPa dır.

#### 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. ikinci 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 ( $f < 0.002$  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 indisi - Kalsit Bileşimi ilişkisi

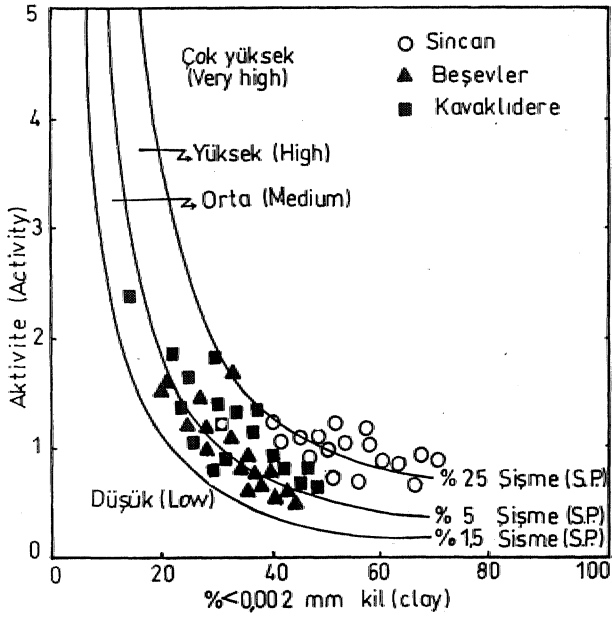
Çökellerin kalsit bileşimi arttıkça plastisitesi azalmaktadır. Şekil 6'da görüldüğü gibi Kavaklıdere ve Beşevler'de kalsit oranı birbirine yakın olup Sincan'a göre daha yüksektir. Şekildeki dağılıma göre kalsit oranının yüksek, değerlerinde plastisite indisi değerinin artış hızı azalmaktadır, Sincan'da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

Plastisite indisi - Kil Miktarı, ilişkisi

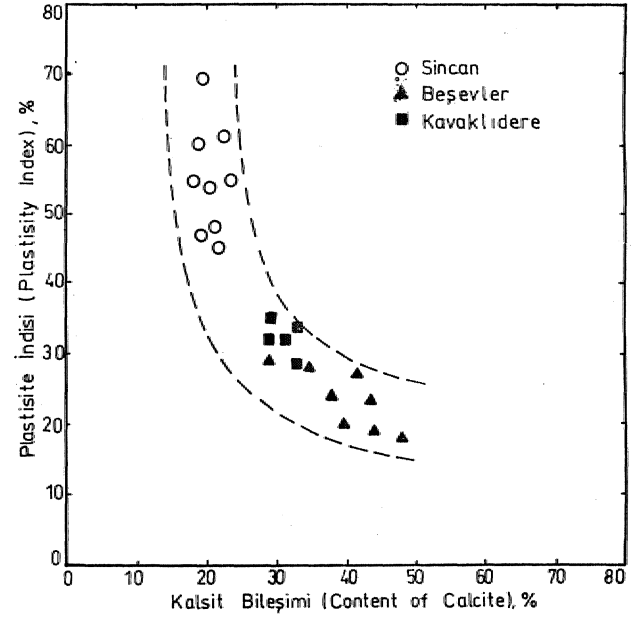
Zeminlerin şişme potansiyeli aktivite ve ağırlıkça 0.002 mm den küçük kil miktarı ile yakından, ilgilidir. Plastisite indisi ile kil miktarı arasındaki ilişki Şekil. 7'de görülmektedir,. Kavaklıdere ve Beşevlere ait örnekler orta, yüksek ve çok yüksek bölgelerde yer almaktadır iken. Sincandakiler genellikle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

Log 0 - Kuvars Bileşimi ilişkisi

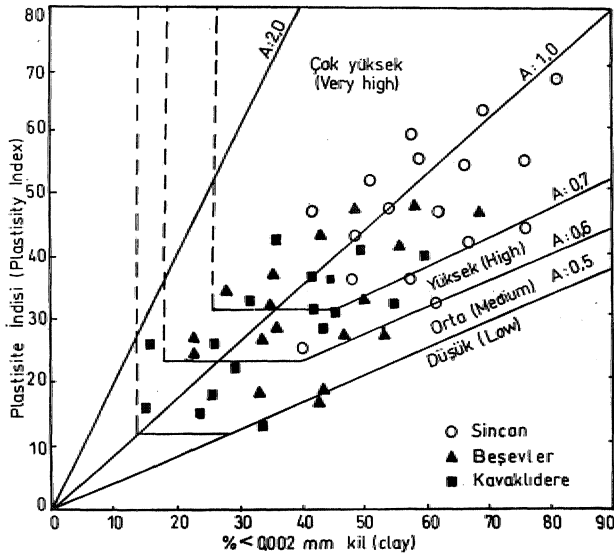
Kuvars bileşimi arttıkça, içsel sürtünme, açısı (0) nın logaritması artmaktadır., Her üç bölge için bu artış doğru orantılıdır (Şekil 8).



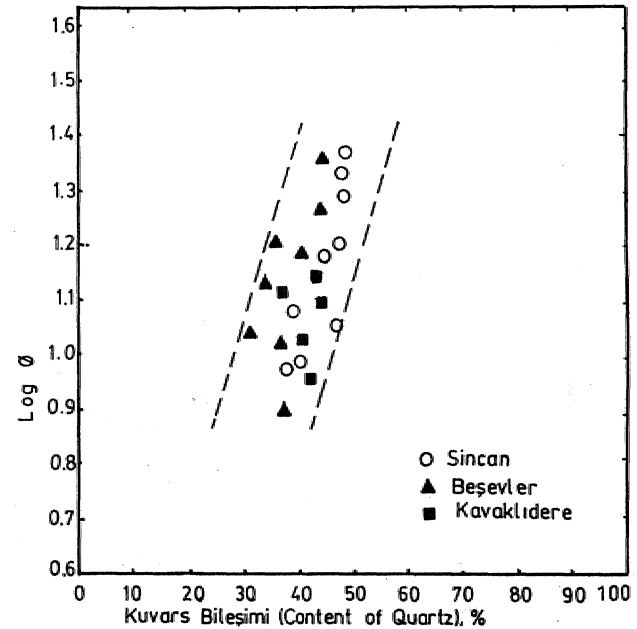
Şekil 5. Üst Pliyosen çökellerinin şişme potansiyeli  
Figure 5. Swelling potential of the Upper Pliocene deposits.



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  $\phi$  ve kuvars bileşimi arasındaki ilişki.  
Figure 8. Relationship between Log  $\phi$  and quartz percent.

#### Log $\phi$ - Kil Miktarı ilişkisi

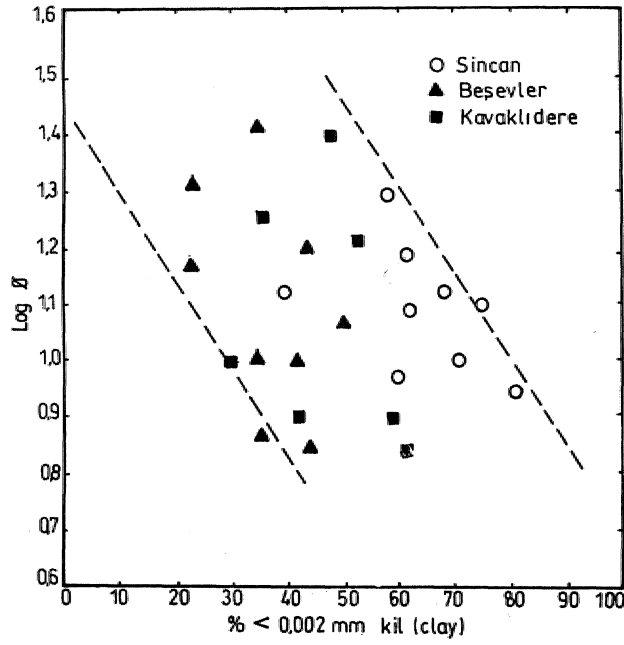
içsel stirtünnte açısı ile kil miktarı arasında Şekil 9'da görülen ilişki mevcuttur. Üst Pliyosen çökellerinde kil, arttıkça, Log  $\phi$  azalmaktadır.

#### Doğa! Su İçeriği - Kayma Dayanımı İlişkisi

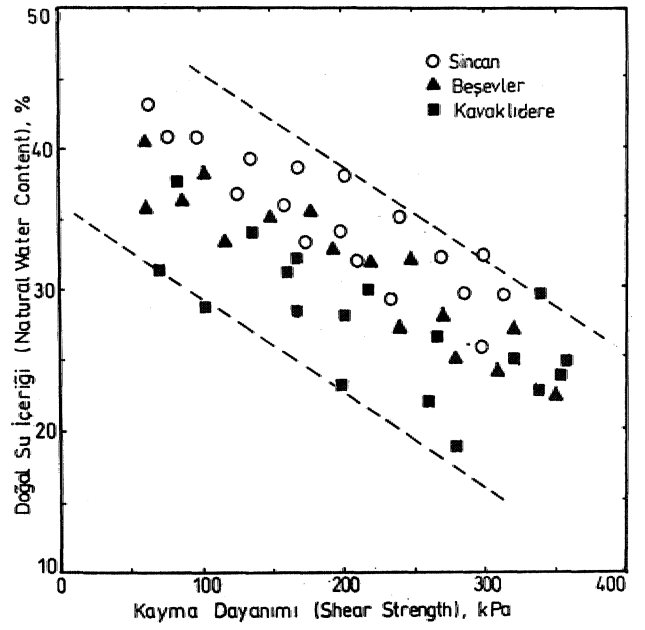
Bu ilişkinin ters. orantılı olduğu Şekil 10'daki dağılımdan açıkça gözlenmektedir. En düşük su, içeriğine sahip Kavaklıdere çökellerinin kayma dayanımı 340 kPa, olurken, en yüksek su içeriğine sahip Sincan çökellerininki. en. fazla. 300 kPa dir.

#### Likidite İndisi - Kayma Dayanımı İlişkisi

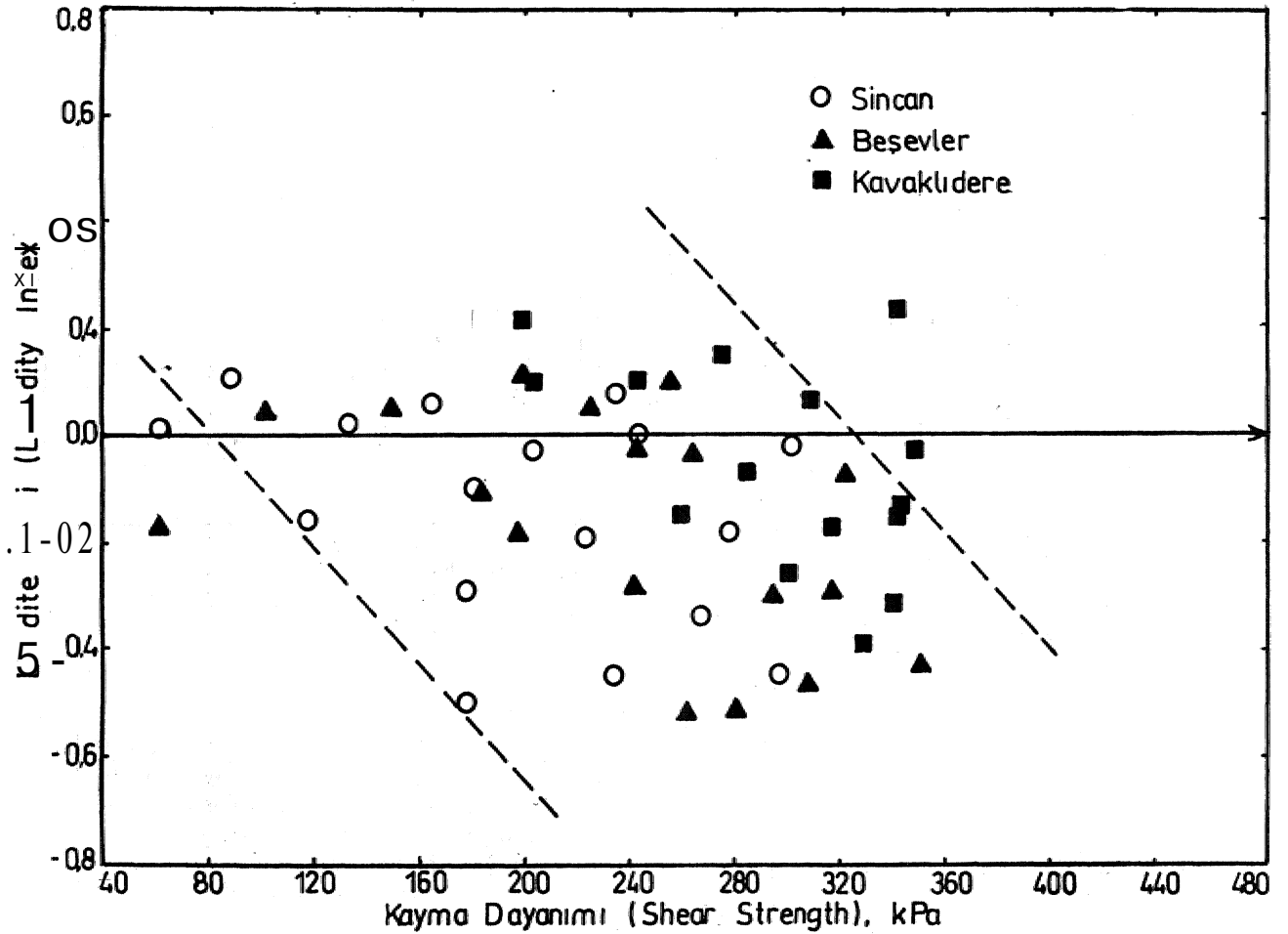
Üst Pliyosen çökellerinin likidite indisi - 0.55 ile + 0.23 arasında değişmektedir. Kayma, dayanımı 60-340 kPa arasındadır. Sincan bölgesinde Kavaklıdere ve Beşevler'e göre likidite indisi yüksek ve kayma dayanımı düşüktür. Şekil 11'de görüldüğü gibi bölgelerin, kayma dayanımı değerleri birbirine girişim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



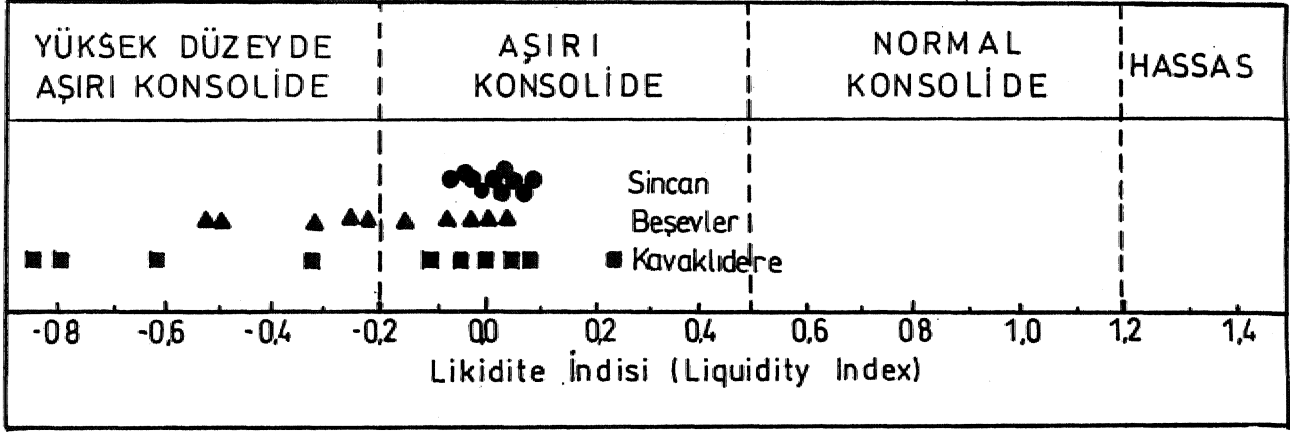
Şekil 9. Log Ø ve kil miktarı arasındaki ilişki.  
Figure 9. Relationship between Log Ø and clay content.



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 liquidity index and shear strength.



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

#### Likidite indisi - Konsolidasyon İlişkisi

ince 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 mineralojik 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. Sine anda 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. içsel sürtünme açısı kuvars miktarı ile doğru olarak ters orantılıdır. Çökellerin içsel sürtünme açısı 11 ile 14 derece arasında değişmektedir. Sincan çökellerinde kuvars yüksek olmasına karşılık kil oranı da yüksele olduğundan içsel sürtünme diğer bölgele kine yakındır..

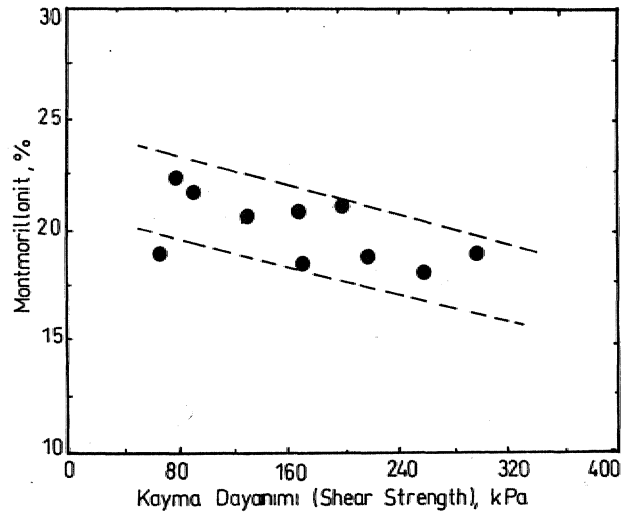
4. Doğal su içeriği dolayısıyla ile likidite indisi azaldıkça kayma, dayanımı artmaktadır. Likidite indisi Sin-

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 dr.,

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 belisini bakımından Kavaklıdere ve Beşevler' birbirlerine benzerlik göstermektedir., Farklı olarak Beşevlerde gözlenen % 5 kloritin yerini Kavaklıdere'de % 3 montmorillonit almaktadır. Ankara, havzasındaki çökeliere 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 çekellerin 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 şurasına göre. kuvars, kalsit ve albit mevcuttur. Duyarlı, minerallerden olan kuvars Elmadağ bloklu serisi, Dikmen greyvaklan, Jura» Kretase ve Miyosen çekellerinden kaynaklanmaktadır. Kalsitin. Pliyosen'den dala yaşlı karbonatlı birimlerden beslenebileceği açıktır. Sincan havzasındaki montmorillonit,, gösel ortamı, dolduran, çökellerin beslenmesinde. Miyosen volkanitlerine ait alterasyon ürünlerinin etkin olduğunu göstermektedir. Bu .sebeple Sincan, ve Ankara havzasında yer alan Beşevler ve Kavaklıdere çökelleri litolojik özellikleri yanında mineralojik bileşimi bakımından farklı beslenme alanına sahip olduğunu göstermektedir. Elde edilen, bu bilgiler' Çayyolu ile. Yenimahalle arasında KB - GB yönlü bir paleosirtm varlığı, fikrini desteklemektedir.

#### ., KATKI BELİRTME

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

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Bir and, A., 1978 Ankara yöresi zeminleri ve jeo teknik 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 jeo teknik özellikleri : Hacettepe Üniversitesi'nde Yerbilimlerinin. 20. Yılı. Sempozyumu,, 25-27 Ekim.,, Bey tepe,, Ankara.
- Kılıç,, R., 1989; Almanya Federal Cumhuriyeti Konsolosluğu (Ankara) ek bina inşaatları jeoteknik raporu (basılmamış), A.Ü. Fen. Fakültesi, 48. s.
- Kılıç,, R., 1990, A.Ü. Fen Fakültesi ile Konya devle ty olu 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., 16ÖS.
- 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.CJB., 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.
- Sergei,, A., 1976,; Survey of the Geotechnical Properties of Ankara Soils,» MS Thesis,.