

SERİ
SERIE **B**

CİLT
TOME **XVIII**

SAYI
FASCICULE **2**

1968

ISTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ORMAN FAKÜLTESİ
DERGİSİ

REVUE DE LA FACULTE DES SCIENCES FORESTIERES
DE L'UNIVERSITE D'ISTANBUL



YOL İNŞAATI YÖNÜNDEN TOPRAKLARIN SINIFLANDIRILMASI

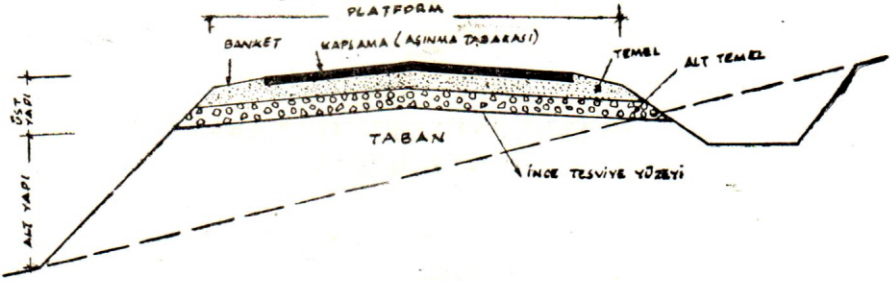
Yazan:

Doç. Dr. Selçuk BAYOĞLU

1. Giriş

Yol inşaatında üst yapı olarak isimlendirilen ve geniş kapsamı ile kaplama, kaplama altı, temel ve alt temel tabakalarından oluşan yol döşemeleri tabii zeminden ibaret bulunan alt yapı üzerine oturmaktadır (Şekil 1). Dolayısıyla alt yapı, üst yapı için bir temel veya mesned vazifesi görmektedir. Kazılarda (yarmalarda) doğrudan doğruya kazı neticesi elde edilen tabii zemin alt yapıyı teşkil eder. Buna mukabil doldurularda (imlâalarda) ise alt yapı kazı fazlası materyal ile civardan kazılarak elde edilen toprakların (ariyet) tabii zemin üzerine getirilmesi suretiyle inşa edilir. Bu kısa izahattan anlaşılacağı üzere kaplama tabakasının orijinal şeklini muhafaza edebilmesi geniş ölçüde onun hemen altında bulunan ve ona temel teşkil eden alt yapının stabilitesine bağlı bulunmaktadır. Bu sebepten dolayı da yol inşaatında alt yapıyı teşkil eden taban topraklarının etraflı bir şekilde etüd edilmesi ve bunların özellikle taşıma kabiliyetlerine göre üst yapı kalınlıklarının tayin edilmesi gerekmektedir. Taban topraklarının taşıma kabiliyetleri azaldıkça üst yapıyı teşkil eden ve seçme tabii malzemedен oluşan temel ve alt temel kalınlıklarını uygun şekilde çoğaltmak suretiyle bunlara gelecek basınç miktarını azaltmak kabildir. Temel ve alt temel tabakalarının kalınlıklarını arttırmak suretiyle tekerlek basıncının alt yapıya gelinceye kadar daha geniş bir satha yayılması sağlanabilmektedir. Zira yol sathına gelen tekerlek yükü bu tabakaları geçerken gittikçe artan bir yüzüye dağılmaktadır. İşte yol inşaatında taban topraklarının özelliklerinin bilinmesi bu bakımdan büyük önem taşımaktadır. Orman yollarında da üst yapı problemi artık ele alınmış bulunduğu için konunun burada incelenmesi faydalı görülmüştür.

Yukarıda ifade edildiği yol inşaatı ile ilgili olarak zeminlerin yapılarının tetkik edilmesi ve bazı özelliklerinin tesbit edilmesi gerekmektedir.



Şekil 1. Bir yol enine kesiti

dir. Zira yapılan etüd ve tesbitler bazı toprakların alt yapı malzemesi olarak elverişli bazılarının ise elverişsiz olduğunu göstermiştir. Ancak bildiği gibi tabiatta mevcut topraklar çok çeşitli karakter arz etmektedir. Bu sebeple tatbikatta problemi kolaylaştırmak yani mevcut toprakların yol alt yapı malzemesi olarak elverişlilik durumunu tesbit maksadıyla bazı testlere dayanarak bir sınıflama yapılması cihetine gidilmiştir. Bu testlere göre tatbikatta karşılaşılabilecek her toprak bahis konusu guruplardan birisine dahil olmakta ve her gurubun da alt yapı malzemesi olarak kullanılabilme imkânı tesbit edilmiş bulunmaktadır.

2. Toprakların sınıflandırılması esasları

Yol alt yapı malzemesi olarak toprakların elverişlilik durumunu tesbit maksadıyla çeşitli sınıflandırmalar yapılmıştır. Ancak bunlardan A. A.S.H.O (Birleşik Amerika Devlet Karayolları Mensupları Birliği) nin uzun seneler yapılan denemelere dayanarak ortaya koyduğu sınıflama memleketimizde de karayolları idaresi tarafından kabul edilmiş bulunmaktadır. Tablo 1 den görüleceği gibi bu sınıflamaya göre topraklar 7 ana guruba bölünmekte bunlardan 1,2 ve 7. guruplar da kendi aralarında sırası ile 2,4 ve 2 alt guruba ayrılmaktadır.

Sınıfların birbirinden ayrılmasını sağlayan testler ve bunlarla tesbit edilen özellikler şunlardır:

1. Elek analizi
2. Likit limit
3. Plâstik limit
4. Plâstisite endeksi
5. Grup endeksi

Hangi toprakların hangi gruplara girdiği konusuna girmeden önce sınıflandırmaya esas olan bu testler ve bunlar neticesinde tesbit edilen özellikleri sırası ile inceliyelim¹⁾.

1. **Elek analizi.** Bir malzemenin içinde bulunan çeşitli büyüklükteki unsurların ağırlık olarak iştirak nisbetlerinin tayini için yapılan işlem elek analizi adını alır. Bu denemeler standard açıklıkta delikleri ihtiva eden eleklerle yapılmaktadır. Taban malzemelerinin sınıflandırılmasında malzemenin standart 10,40 ve 200 nolu eleklerden geçen yüzde miktarlarından faydalanılmaktadır.

2. **Likit Limit (LL).** Bir toprağın likit limiti, bu toprağın plâstik halden likit hale geçtiği anda ihtiva ettiği rutubet miktarını ifade etmektedir. Öyle ki, toprağın ihtiva ettiği bu su miktarında bir azalma olunca toprak likit durumdan plâstik duruma geçer. Casagrande adı verilen aletle tayin edilen likit limit değeri, esas itibariyle hazırlanan çamurda özel bıçak ile açılan izin 1 cm. yükseklikten saniyede iki darbe olmak üzere 25 darbeye kapandığı andaki rutubet miktarıdır. Taban topraklarının sınıflandırılmasında bunların likit limit değerleri önemli rol oynamaktadır.

3. **Plâstik limit (PL).** Bir toprağın plâstik limiti o toprağın plâstik durumdaki en düşük rutubet miktarıdır. Bu da, su ile karıştırılarak top haline getirilebilen toprağın bir cam veya mermer üzerinde elle yuvarlanarak kopmadan 3 mm. çaplı silindirler teşkil edilebildiği andaki rutubet miktarı olarak tayin edilir.

Buraya kadar izah edilen bu üç unsur aşağıda görüleceği gibi taban topraklarının sınıflandırılmasında önemli bir yer tutan plastisite endeksi ile grup endekslerinin tayininde faydalı olmaktadır. Grup indeksi değerinden, diğer bir yazıda inceliyeceğimiz gibi, üst yapı kalınlıklarının tayininde yararlanılmaktadır.

4. **Plastisite endeksi (PI).** Bir toprağın plâstisite endeksi o toprağa ait likit limit ile plâstik limit değerleri arasındaki farkı olarak ifade edilir. Dolayısıyla plastisite endeksi, bir toprağın plâstik limit rutubet nisbetinden sonra plâstik durumda kalacağı rutubet aralığını ortaya koymaktadır. Toprakların plastisite endeksi yükseldikçe bunların taban malzemesi olarak faydalanılabileme imkânı zayıflamaktadır.

1) İlk dört husus hakkında daha geniş bilgi için bak: «Doç. Dr. Selçuk Bayoğlu — Yol İnşaatında Zemin Etüdüleri» İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt, Sayı 1

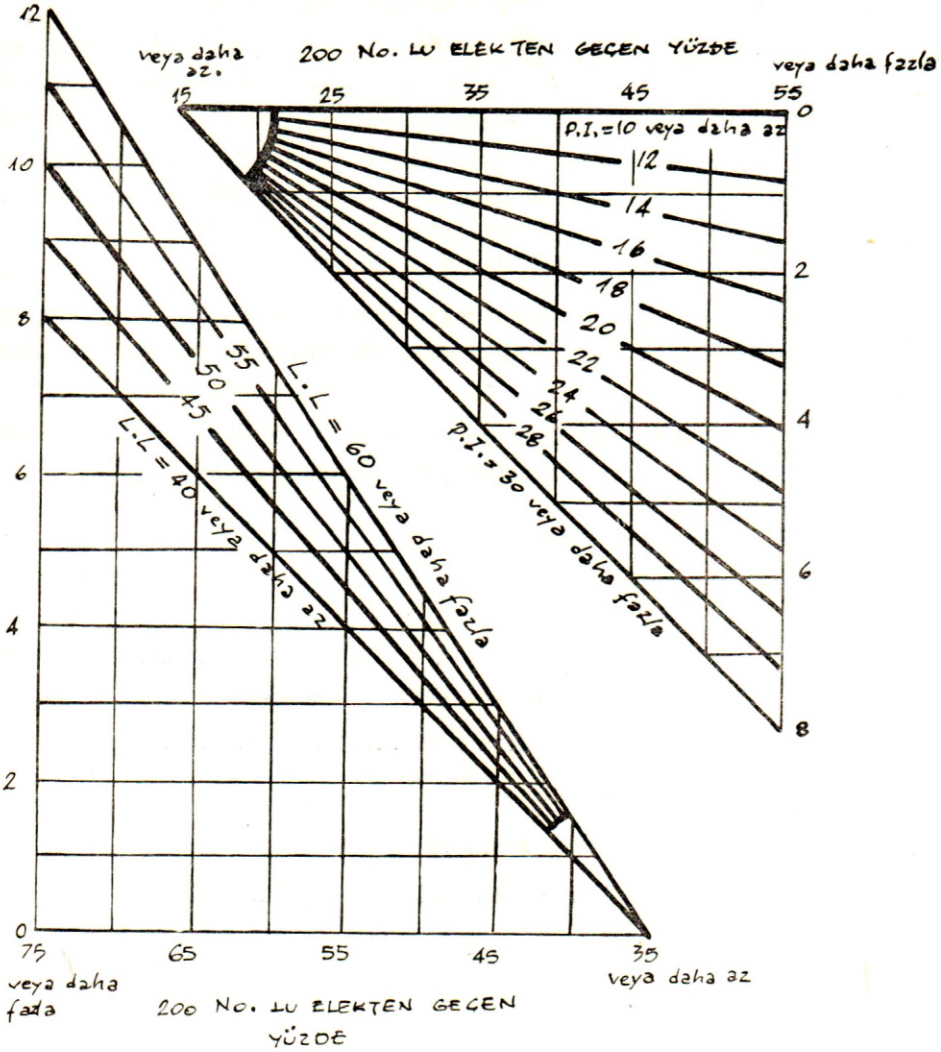
5. Grup endeksi. Esas itibariyle grup endeksi amprik bir sabitedir ve bir zeminin kendi dahil bulunduğu gurup içerisinde temel zemini malzemesi olarak elverişlilik derecesinin ölçüsüdür. Dolayısıyla grup endeksi tek başına bir zeminin hangi guruba dahil olduğunu tayine yaramamaktadır. Bir zeminin grubu herşeyden evvel elek analizi neticesi ile likit limit ve plastisite endekslerinin değerleri ile ortaya çıkmaktadır. Gene bir zeminin grup endeksi değeri yükseldikçe buna paralel olarak evsafı da düşmektedir. Grup endeksi bir formül yardımıyla hesapabilmekte olup bu, esas itibariyle toprağın 200 nolu standart elekten geçen miktarı ile likit limit ve plastisite endekslerinin bir fonksiyonudur. Toprakların gurup endeksi sıfır ile 20 arasında değerler almaktadır.

Grup endeks formülü:

$$G.I. = 0.2 a - 0.005 ac - 0.01 bd \quad \text{dir.}$$

Burada;

- a = 200 nolu elekten geçen % değerinin 35 ten büyük, 75 ten küçük olan kısmını ifade etmektedir ve dolayısıyla 0 ilâ 40 arasında değerler almaktadır. Buradan anlaşılacağı gibi 200 nolu elekten geçen kısmı % 35 ten az olan topraklar için a=0; ve % 75 ten fazla olan topraklar için de a=40 tır. Diğer bir ifade ile 200 nolu elekten % 75 inden fazlası geçen topraklar için de bu % değeri 75 olarak alınır.
- b = 200 nolu elekten geçen % değerinin 15 ten büyük, 55 ten küçük olan kısmıdır ve dolayısıyla 0 ilâ 40 arasında değerler almaktadır. Binnetice 200 nolu elekten geçen kısmı % 15 ten az olan topraklar için a=0; ve % 55 ten fazla olan topraklar için de a=40 tır. Yani 200 nolu elekten % 55 inden fazlası geçen topraklar için de bu % değeri 55 olarak alınır.
- c = Likit limit değerinin 40 dan fazla ve 60 dan küçük olan kısmıdır ve dolayısıyla 0 ilâ 20 arasında değerler almaktadır. Binnetice limit limiti 40 dan az olan topraklar için c=0; 60 dan büyük olanlar için de a=20 dir. Diğer bir ifade ile likit limiti 60 ı aşan topraklar için de bu % değeri 60 olarak alınır.
- d = Plâstisite endeksi değerinin 10 dan büyük, 30 dan küçük olan kısmıdır. Yani 0-20 arasında değerler almaktadır. Dolayısıyla plâstisite endeksi 10 dan küçük olan topraklar için d=0; 30 dan büyük olanlar için de d=20 dir. Diğer bir ifade ile plâstisite endeksi 30 u aşan topraklar için de bu % değeri 30 olarak alınır.



GRUP ENDEKS = GRAFİKLERİN
DÜŞEY EKSENLERİNDE OKUNAN
MİKTARLAR TOPLAMI

Şekil 2. Grup endeks grafikleri

Grup endeksini yukarıda verilen ampirik formül yerine bu maksatla çizilen grafikler yardımıyla da tayin etmek kabildir (Şekil 2). Bu maksat için önce soldaki grafikte apsis üzerinden 200 nolu elekten geçen yüzde miktar işaretlenir ve bu noktadan çıkılan dikin numuneye ait likit limit değerine tekabül eden doğruyu kestiği noktanın ordinatı okunur. Şekilden de görüldüğü gibi bu grafikte 200 nolu elekten geçen mik-

tar % 35 in altında olduğu takdirde 35, gene 75 in üzerinde olduğu takdirde de 75 olarak alınacaktır. Aynı şekilde soldaki grafikte absis üzerinde 200 nolu elekten geçen yüzde miktarı işaretlenir ve bu noktadan çıkılan dikin numuneye ait plastisite endeksi değerine tekabül eden doğruyu kestiği noktanın ordinatı okunur. Burada da 200 nolu elekten geçen miktar % 15 in altında olduğu takdirde bu değer 15 ve 55 in üzerinde bulunduğu takdirde ise 55 olarak alınmaktadır.

Grup endeksi değerinin bulunması için faydalanılan formül ve grafikleri bu şekilde gördükten sonra şimdi iki misal ile bu değerleri tayin edelim:

Misal 1 — 200 nolu elekten geçen kısmı % 65, likit limiti 32 ve plâstisite endeksi 13 olan bir toprağın grup endeksini hesaplayınız.

Yukarıdaki formüle göre

$$a = 65 - 35 = 30$$

$$b = 55 - 15 = 40 \quad (\text{Burada } 65 \text{ yerine } 55 \text{ kullanılmıştır, zira kritik sınır } 15 \text{ ilâ } 55 \text{ tir}).$$

$$c = 0 \quad (\text{Zira likit limit } 40 \text{ tan azdır})$$

$$d = 13 - 10 = 3$$

Bu değerler formülde yerine konursa

$$\begin{aligned} \text{Grup endeksi} &= 0.2 \times 30 - 0.005 \times 0 - 0.01 \times 40 \times 3 \\ &= 6 - 1,2 = 7.2 \\ &= 7 \end{aligned}$$

Problemin grafik yolla çözümü ise şöyledir (Şekil 2): Soldaki grafikte 200 nolu elekten geçen miktar 65 işaret edilir ve buradan bir dik çıkılınca bunun likit limit 40 ve aşağısına zira misalde bu değer 32 dir) ait doğruyu kestiği noktanın ordinatı 6 olarak okunur. Aynı şekilde sağdaki grafikte 200 nolu elekten geçen miktar % 55 olarak alınır (misalde bu değer 65 tir ve dolayısıyla 55 ten büyüktür) ve buradan bir dik çıkılırsa bu dikin plastisite endeksi 13 doğrusunu kestiği noktanın ordinatı 1 elde edilir. İşte grafikten tayin edilen bu iki değer toplamı $1 + 6 = 7$ olarak bu toprağın grup endeksini verir.

Misal 2 — 200 nolu elekten geçen kısmı % 54, likit limiti 62 ve plâstisite endeksi 33 olan bir toprağın grup endeksini hesaplayınız.

Burada da

$$a = 54-35 = 19$$

$$b = 54-15 = 39$$

$$c = 60-40 = 20 \quad (62 \text{ yerine kritik sınır olan } 60 \text{ ikame edilmiştir})$$

$$d = 30-10 = 20 \quad (33 \text{ yerine kritik sınır olan } 30 \text{ ikame edilmiştir})$$

Dolayısıyla

$$\begin{aligned} \text{Grup endeksi} &= 0,2 \times 19 - 0,005 \times 19 \times 20 - 0,01 \times 39 \times 20 \\ &= 3,8 - 1,9 - 7,8 \\ &= 13,5 \text{ (veya } 13) \quad \text{bulunur.} \end{aligned}$$

Problemin grafik yolla çözümünde:

200 nolu elekten geçen miktar % 54 ve likit limit 62 (60 ve yukarisına ait doğru esas alınarak) ordinat 5.5 tesbit edilir.

Aynı şekilde 200 nolu elekten geçen % 54 ve plastisite endeksi 33 için (30 ve yukarisına ait doğru esas alınarak) ordinat 8 tesbit edilir.

Dolayısıyla bu iki değer toplamı:

$$5,5 - 8 = 13,5 \sim 13$$

bu toprağın grup endeksini verir.

3. Toprakların sınıflarının tayini

Yukarıda izah edildiği gibi taban topraklarının dahil oldukları toprak gruplarının tayini testlerle tesbit edilen bazı unsurlara dayanarak yapılmaktadır. Bu unsurlar da sırası ile elek analizi neticesi, likit limit, plâstik limit, plâstisite endeksi ve grup endeksidir. Bu unsurlar tesbit edildikten sonra 1. Nolu tabloda soldan sağa doğru ilerleyerek hangi grubun karakteristiklerine uygun ise bu toprak o gruba dahildir demektir. Bunu bir misâl ile izah maksadiyle yapılan testler sonunda bir toprak için şu unsurların tesbit edildiğini kabul edelim:

Ağırlık esasına göre						
Toprak	eleklerden geçen miktarlar				Plâstisite	Grup
No.	No.10	No.40	No.200	Likit limit	endeksi	endeksi
1	100	98	60	32	13	7

Yukarıda işaret edildiği gibi tablo I de soldan itibaren grupları elimine etmek suretiyle bu toprağın A-6 grubuna dahil olduğu kolaylıkla görülür.

4. Toprak gruplarının özellikleri

Grup A-1. Bu grubun tipik materyali taş parçaları, çakıl, kaba kum, ince kum ile non-plâstik veya çok az derecede plâstik bağlayıcının iyi granülimetrideki karışımıdır. Bu gurup toprak bağlayıcısı olmayan taş parçaları, çakıl, kaba kum, volkanik curuf ve benzeri materyali de içine almaktadır.

Alt grup A-1-a. Esas itibariyle içinde bağlayıcı toprağı olan veya olmayan taş parçaları, çakıl veya kaba kumu ihtiva etmektedir.

Alt grup A-1-b. Büyük kısmı itibariyle kaba kum olan ve bağlayıcı toprağı ihtiva eden veya etmeyen malzemedir.

Grup A-3. Bu gurubun tipik malzemesi silt ve kil bağlayıcıyı ihtiva etmeyen veya düzi miktarda plâstik olmayan silt ihtiva eden ince plâj kumu veya göl kumudur. Ayrıca granülimetrisi iyi olmayan ince kumla sınırlı ölçüdeki kaba kum ve çakıldan oluşan akarsu teressübatı da bu gruba girmektedir.

Grup A-2. Bu grup çok çeşitli granüle (daneli) malzemeyi ihtiva etmektedir. Bunlar genellikle A-1 ve A-3 grupları arasında sınır teşkil eden malzemelerle A-4, A-5, A-6 ve A-7 gruplarına giren silt-kil malzemesini kapsamaktadır. 200 nolu elekten % 35 veya daha az kısmı geçen, ihtiva ettiği ince malzeme miktarı veya plâstisitesi yahut her ikisine bağlı olarak A-1 ve A-3 grubunun limitlerini aşan bütün malzemeler bu gruba girmektedir.

Alt grup A-2-4 ve A-2-5. 200 nolu elekten geçen kısmı % 35 ve daha az olan, 40 nolu elekten geçen kısımları ise A-4 ve A-5 gruplarının özelliklerini taşıyan malzemeleri kapsamaktadır. Diğer taraftan silt ihtiva eden veya plastisite endeksi A-1 grubu için verilen sınırı aşan çakıl ve kaba kum bu gruba girmektedir. Gene non-plâstik silt muhtevası A-3 grubu için verilen sınırı aşan ince kum da bu grupta mütalâa edilmektedir.

Alt grup A-2-6 ve A-2-7. Aynen A-2-4 ve A-2-5 alt gruplarınıninkine benzer fakat bunların ince kısmı A-6 ve A-7 grupları ile aynı karakterdeki plâstik kili ihtiva eden materyali içine almaktadır. Plâstisite endeksinin % 10 dan fazla olan kısmı ile 200 nolu elekten geçen kısmının % 15 ten fazlasının müşterek tesirinin bir neticesi olarak grup endeks değeri 0 ilâ 4 arasında değişir.

% 35 ten fazlası 200 nolu elekten geçen silt-kil malzemeleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

Grup A-4. Bu grubun tipik malzemesi % 75 veya daha fazla kısmı 200 nolu elekten geçen non-plâstik veya orta derecede plâstik olan silt topraklarıdır. Ayrıca ince siltli toprakla % 64 veya daha az miktarı 200 nolu elek üzerinde kalan kum ve çakıl karışımları da bu gruba dahil bulunmaktadır. Bu grubun grup endeks değeri 1-8 arasında değişmekte olup iri malzemenin iştirak nisbetinin artması ile grup endeks değeri de küçüleceğinden bu gibi malzemeler artık bu gruba giremezler.

Grup A-5. Bu grubun tipik malzemesi A-4 grubuna dahil olanlarınkinin aynidir. Ancak bunlar genellikle diatomik ve mikali karakterdedir ve yüksek likit limit değerleri ile de belirlediği gibi yüksek derecede elastik olabilirler. Grup endeks değerleri 1 ilâ 12 arasında değişmektedir, ve likit limit değerinin azalıp kaba malzemenin artışına bağlı olarak grup endeks değeri bu sınırlar dahilinde yükselmektedir.

Grup A-6. Bu gruba giren toprakların tipik malzemesi genellikle % 75 i 200 nolu elekten geçen plâstik kil topraklarıdır. Bunun dışında % 64 ve daha az kısmı 200 nolu elek üzerinde kalan kum ve çakıl ile ince killi toprak karışımlarını da içine almaktadır. Bu gruptaki malzemeler kuru ve rutubetli durumlar arasında büyük hacim değişimleri gösterirler. Grup endeks değeri 1 ilâ 16 arasında değişmekte olup plâstisite endeksi artıp kaba malzeme nisbeti azaldıkça değer bu sınırlar dahilinde kalmak üzere yükselmektedir.

Grup A-7. Bu grubun tipik malzemesi A-6 grubunda izah edilenle aynı olup bunların likit limit değeri daha yüksektir ve büyük hacim değişimleri gösterebilecek şekilde elâstiki olabilirler. Grup endeks değeri 1 ilâ 20 arasında değişmekte ve likit limit değeri ile plâstisite endeksinin yükselişine, kaba malzeme nisbetinin azalışına paralel olarak bu değer azalmaktadır.

Alt grup A-7-5. Likit limite bağlı olarak vasat derecede plâstisite endeksine sahip olan, önemli miktarda hacim değişimleri gösterebilen yüksek derecede elâstik malzemeler bu gruba dahil bulunmaktadır.

Ait grup A-7-6. Likit limite bağlı olarak yüksek plâstisite endeksine sahip olan malzemelerdir ve çok önemli hacim değişmelerine maruzdurlar.

Yukardaki izahlardan görüldüğü gibi grup endeksi amprik bir değer olup toprağın bir yük altındaki muhtemel durumunu tayine yaramaktadır. Bu değer esas itibariyle likit limit, plastik limit değerleri ile 200 nolu elekten geçen yüzde miktarına bağlı olarak değişmektedir. Toprağın mukavemeti, yoğunluk, rutubet muhtevası ve tekstüre bağlı bulunduğu için hatalı neticeler verebilmektedir.

TABLO 1 — YOL İNŞAATI YÖNÜNDE

Genel sınıflama	TANEİ (% 35 veya daha az kısmı 200 N)			
	A — 1		A — 3 *	A — 2 — 4
Gurup sınıflaması	A — 1 — a	A — 1 — B		
<p>Elek analizleri (Geçen daneler yüzdesi)</p> <p>No. 10</p> <p>No. 40</p> <p>No. 200</p>	<p>Azami 50</p> <p>Azami 30</p> <p>Azami 15</p>	<p>Azami 50</p> <p>Azami 25</p>	<p>Asgari 51</p> <p>Azami 25</p>	<p>Azami 35</p>
<p>40 nolu elekten geçen kısmın özellikleri:</p> <p>Likid limit</p> <p>Plastik limit</p>	<p>Azami 6</p>		<p>Plâstik değil (NP)</p>	<p>Azami 40</p> <p>Azami 10</p>
Gurup endeksi	0		0	
Toprağı teşkil eden önemli malzemeler	Taş parçaları çakıl ve kum		İnce kum	
Taban malzemesi olarak elverişlilik durumu	Çok iyi ilâ iyi			

* A — 3 gurubunun A — 2 gurubundan öne alınmış olması soldan sağa doğru yapılad eliminasyon ameliyesi bakımından lüzumlu olup bu A — 3 gurubuna dahil olan toprakların A — 2 gurubundakilerden daha yüksek vasıflı olduğu anlamına gelmez.

TABAN TOPRAKLARININ SINIFLANDIRILMASI

MALZEMELER lu elekten geçen malzemeler			SİTLİ VE KİLLİ MALZEMELER (%35 ten fazla kısım 200 No. lu elekten geçen malzemeler)			
A — 2			A—4	A—5	A—6	A—8
A—2—5	A—2—6	A—2—7				A—7—5, A—7—6 ¹
Azami 35	Azami 35	Azami 35	Asgari 36	Asgari 36	Asgari 36	Asgari 36
Asgari 41	Azami 40	Asgari 41	Azami 40	Asgari 41	Azami 40	Asgari 41
Azami 10	Asgari 11	Asgari 11	Azami 10	Azami 10	Asgari 11	Asgari 11 ¹
	Azami 4		Azami 8	Azami 12	Azami 16	Azami 20
Siltli veya killi çakıl ve kum			Siltli topraklar		Killi topraklar	
Orta ilâ zayıf						

1) A — 7 — 5 alt sınıfının palâstisite endeksi; (likit limit — 30) a eşit veya bundan küçüktür.

A — 7 — 6 alt sınıfının plâstisite endeksi; (likit limit — 30) dan daha büyüktür.

Literatür

1. AGG, T.R : The Construction of Roads and Pavements
McGraw-Hill Book Co
Newyork 1940
2. Bayoğlu S. : Yol İnşaatında Zemin Etüdüleri
İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi
Seri: B, Cilt: XVIII, Sayı: 1 1968
3. Bruce, A.G
Clarkeson, J. : Highway Design and Construction
International Textbook Co.
Scranton 1952
4. Ceyhun, E. : İmlâların Stabîlitesi
Karayolları Genel Md. Yayınlarından No. 103
Ankara 1961
5. Hennes, R.G
Ekse, M.I. : Fundamentals of Transportation Engineering
McGraw-Hill Book Co.
Newyork 1955
Toprak Mühendisliği Bilgileri ve Deneyleri
Karayolları Genel Müdürlüğü Yayınlarından
No.146 Ankara 1967
7. Umar, F. : Yol İnşaatı Dersleri
İstanbul Teknik Üniversitesi Teknik Okulu
Yayınlarından No. 6 İstanbul 1958
8. Woods, K.B. : Highway Engineering Handbook
McGraw-Hill Book Co.
Newyork 1960