

KUZEY YARIMKÜREDEKİ LÖS ÇÖKELLERİNİN MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ KARAKTERİSTİKLERİ*

Çeviren: Aydın ÖZSAN

A.Ü.F.F. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara

GİRİŞ

Pleyistosen çökellerinde geniş yayılımlar gösteren lös toprakları, çeşitli yapıların temelinde, barajlarda ve dolgularda yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Lösün yaygın oluşumları Rusya'nın güneyinde çeşitli topoğrafik seviyelerde, Çin'de, Hindistan ve diğer Asya ülkelerinde (Afganistan, Pakistan) olup, Avrupadaki çoğu alanlar Bulgaristan, Romanya, Yugoslavya, Macaristan, Polonya, Almanya, Fransa; A.B.D. de Büyük ovalar, Teksas, New-Mexico, Arizona, Connecticut, New Jersey Pennsylvania; Güney Amerika, Afrika ve Avustralya lös çökelleri ile kaplıdır.

Dünyadaki toplam lös topraklarının kapladığı alan 13 milyon kilometre kare olup bu topraklar çoğunlukla Çin, Rusya ve Hindistanda bulunmaktadır.

LÖS TIPLERİ

Çeşitli jenezlerde oluşan lös toprakları, lösün özelliğine ve tipine göre sınıflandırılırlar. Lös çökellerinin genelde karasal Kuvaterner kumlu ve organik maddeli, killi kumlu (loam) topraklarda ve bazı hallerde killerin değişik jenezleri şeklinde oluştuğu kabul edilmektedir. Lösler şu özellikleri taşırlar: Kahverengimsi açık sarı renkte, silt boyutunda kireç içeren, dikey dentiritik, tübümsü, gözenekli, dikey olarak kırılma eğiliminde ve dik yüzeyler göstermektedir. Lös, yüksek geçirgenliğe sahip, aşındırma özelliği olan, jips ve kalker yumruları bulunduran, mollusk ve memeli fosilleri içeren bir tür oluşuktur. Lösün detaylı özellikleri şunlardır:

a) orijini; eolyen, deluviyal, proluviyal veya bunların karışımı b) gül-gülümsü sarı renkte c) granüler, bazen granüler agrega yapısında ve azçok tabakalı yapıda d) % 50'den fazla tanelerin büyüklüğü 0,50-0,005 mm arasında olup bunun % 25-30'unu killer (0,005) oluşturmaktadır. e) Üstte yer alan ilk 15-20 m. arasında porozite % 38-58 dir. 0.25 mm den iri taneler nadirdir. f) Üstte yer alan ilk 10-15 metredeki oluşuklarda çökme daha fazladır. g) Havalandırma zonunda nemdeki hareket-sizlik kurak alanlardaki lös malzemesinin oluşmasına neden olur. Yukarıda belirtilen özelliklere sahip olmayan lös malzemelerine ise lös-tipi toprak denir. (Sergeev ve diğ. 1983).

Lösü diğer topraklardan ayıran özelliği, nemli olduğu zaman çökmesidir. Lösler, üzerine gelen yükten değil graviteye bağlı nedenlerle hızlı çöklerler. Suya doygun lösün ani çökme olayına Subsidans denir.

Özel bileşim ve özellikteki lös çökelleri formasyonu paleoekolojik, coğrafik ve başlıca iklimsel faktörler ile yakından ilgilidir. Örneğin, lös 24° ile 60° kuzey enlemleri arasındaki kuzey yarım kürenin step bölgelerinde oluşur. Güney Amerika'da 24° ile 25° güney enlemleri arasındaki bölge lös alanları ile kaplıdır (Krieger, 1965).

Masif lös çökelleri, Çinde, Sovyetler Birliğinin güneyinde ve A.B.D'nin büyük düzlüklerinde görülür. Akarsu vadileri, taşkın ovalar ve teraslar tamamıyla lös tarafından örtülmüştür. Lös, dağ aralarında, dağlık bölgelerde deniz seviyesinin 1500 m. üstünde oluşabilmektedir. Sovyetler Birliği'nin Orta Asyadaki dağlarında lösler 4500 m. de bulunmaktadır.

* Editörlüğünü W.R. Dearman, E.M. Sergeev ve V.S. Shiboka'nın yaptığı "Engineering Geology of the Earth" (1989) adlı kitabın 116-120. sayfaları arasında yer alan "Engineering Geological Characteristics of Loess Deposits of the Northern Hemisphere" adlı yazıdan çevrilmiştir.

Lös çökelleri kuzey yarımküredeki Batı Sibirya'da; doğu, orta ve batı Avrupadaki step ve step-ormanlık kuşaklarında izole bantlarla çevrilidir. Farklı ülkelerde gözlenen lös çökellerinin kalınlıkları, çökme ve karasal yıkanma zonu aralıklarına, ayrıca lösleri oluşturan birincil maddelerin birikme ve taşınmasına etki eden bazı paleo-coğrafik ve neotektonik olaylara bağlıdır. Her ayrı tabakanın 50 metre kalınlığı bulduğu en kalın lös çökeli 400 m. kalınlıkta olup Çinde (Obruchev) bulunur. Rusya'da, Orta Asya bölgesindeki dağ arası çöküntülerde maksimum lös kalınlığı 100-130 m; A.B.D. de Great Plains'deki lös tabakası 20-80 m. arasında dizilim gösterir.

Lös çökellerinin bileşimi dünyanın her yanında aynıdır, belli granülometrik ve minerolojik karakterdedirler.

DÖNEMSEL ÇÖKELLER

Pleyistosendeki dönemsel iklimsel gelişimi sonucu löslerdeki litolojik dönemsellik yaygındır (Şekil 1). Lös malzemelerindeki birikim, iklimsel minima esnasında (glacials, stadials) ve toprak oluşturan iklimsel optima (interglacials, interstadials) esnasında oluşur. (Kukla, 1961). Eski interglacial ve interstadial toprakların tabakaları arasına girmesiyle litolojik tekrarlamaya neden olan lös istifini oluşturur. Löslerin içindeki aluvial dönemselliklerin kaynağı kum ve çakıl olabilir. Halbuki proluvial dağ eteği lösü ince silis çimentolu oluşuklar oluşturabilirler. Lösün düzenli litolojik tekrarlanmaları jeolojik ve mühendislik çalışmalarında, özellikle hidro-jeolojik alanların kurulmasında, lös kaynaklarının karşılaştırılmasında, stratigrafik ilişkilerin ve malzeme ile aynı yaştaki (Ananyev, 1964; Mozgovoy, 1978) tabakaların bulunmasını mümkün kılar. Çökeller üzerindeki kayıtlar iklimsel, çevrim ile yakından ilgili olup dünyanın çeşitli kısımlarındaki löslerde aynı yapı ve eş zamanlı formasyonu oluştururlar. Löslerin bölgesel ve kıtalararası değerleri, mühendislik amaçları için uygundur. Birkaç araştırmacı yerel ve bölgesel olarak lösün stratigrafisini batı Avrupa ve Rusya arasında karşılaştırmışlardır. (Ananyev ve Mozgovoy, 1976; Krayev, 1971). A.B.D. ve Çindeki lösler için aynı karşılaştırma geçerlidir.

Löslerin sistematik analizini anlamak ve dünyanın farklı yerlerindeki özellik ve bileşim genel karakteristiklerini kurabilmek için kuzey yarımküredeki iklim ve yer şekli örneğinin temel farklarını içine alan lös kaplı alanları iki kuşağa ayırmak uygundur. Lös çökellerinin güney kuşağı "A Kuşağı", bu kuşak çöl ve kurak steplerdeki iklim ve yer şekli zonunu içine alır. Halihazırda statik su rejimini içinde bulunduran havalanma zonu "ölü kısım" diye adlandırılır. (Balayev ve Tsaryov, 1964). Bu zon lös şekli ve onun özelliği çökme ve katılaşmayı içinde bulundurur. A kuşağı, Çindeki lös bölgesi, Orta Asya bölgesi ve doğu Kafkasya ile Rusya içindeki güney Ukraynayı kapsar. Tablo 1 de görüldüğü gibi A kuşağındaki

lösler kalın olup 30-40 metre derinliğe kadar çökebilir. Malzeme oluşumu, toprağın üst kısımlarında % 56-60 a kadar ulaşan porozite ve plastisite indeksi tedricen azdır. A kuşağı lösler tipik olarak açıksarı renkte ve homojen görünümündedir. Bu lösler killi kumlar ve düşük nemde hafif organik maddeli killi kumlu sert topraklar (loam) şeklinde temsil edilirler.

Bu tip topraklar tanesal yapıda olup kil içeriği olarak hidromika ve kaolinitten oluşur. Yüksek derecede su emici olan lös toprakları erozyona yatkındırlar. Çökemedeki basınç 0.05 Mpa dan azdır ve bazen 0.03-0.02Mpa arasındadır. Nispi çökemenin magnitudü normal şartlarda %9'un altındadır. Basınç 0.03 Mpa iken bu durum % 15-20'ye kadar çıkabilir. Lösün oturması, ona çökme karakteri kazandırır. Lös topraklarının yer çekimine bağlı çökmesi 50-100 santimetrelere ulaşır. Sulama kanalı ve hidrolik yapıların altındaki lös malzemesi 2 veya daha fazla metrelerde çökme deformasyonuna maruz kalır. Buna asıl erozyon ve borulardaki çatlaklar eşlik eder. Orta Asya'daki kanallardaki çökme 3 metre derinliğe kadar ulaşabilmektedir. Step ve ormanlık zonlarda bulunan diğer lös çökelleri alanları "B kuşağı" olarak tanımlanır, ve yüksek çökme oranı ile karakterize edilir. Buradaki toprak nemi içeriği, A kuşağı'na nazaran daha fazladır. Fakat saturasyona ulaşacak kadar yeterli değildir. Bu gerçeğe bağlı olarak lös topraklarının tipik görünüşü ve özellikleri aynı kalır. Böyle topraklar indeksi özelliklerinin bir geniş dizilimi ile karakterize edilirler. Koyu renklerin hakim olduğu loam ve kilin porozite oranı %59-56 ve %35-31 arasında değişir. (geçerli ortalama değer %40-48'dir). Toprak tabakasının genel kalınlığı A kuşağına nazaran daha azdır. Genel bir dizilimde kalınlıklar 10-20 m. ve lokal olarak 30-40m. arasındadır. Nispi çökmede, çökebilir tabakanın kalınlığı ve potansiyel çökme çeşitli olup geniş yayılımdadır, fakat A kuşağındakinden azdır ve 20-30 cm'ye kadar ulaşır, nadiren fazladır. Yerçekimine bağlı çökmeye değer biçilemez. Aşındırma yayılımı farklı olabilir, fakat normalde A kuşağı'ndakinden daha azdır.

A kuşağı lös toprakları 2. sınıf çökme özelliğine sahiptirler, örnek olarak yerçekimi etkisi altında çöken lös malzemesini verebiliriz. B kuşağı topraklar 1. derecede çökme özelliği gösterirler ki bunlar binalar ve yapılardan gelen yük olup yerçekimine ait çökme ya yok yada 5 cm'den azdır.

3-7 metre arasındaki derinlikte oluşan nem içeriğinin mevsimsel değişiklikleri "B kuşağı" löslerinin bir özelliğidir. Nem içeriğinin düzensiz değişimi % 3-9 arasındadır. En düşük nem içeriği yazın Ağustosta, kışın Ocaktadır. Nem içeriğindeki artış ilkbahar ve sonbaharda gözlenmiştir. Mevsimsel değişikliklere bağlı çökme 1, 5-2 kez olabilmekte (Ananyev, 1964) bu da yapıların ve binaların altında bulunan lös topraklarının çökme kapasitesinin saptanmasında önemli hatalar oluşturabilmektedir. B kuşağı löslerin diğer bir özelliği

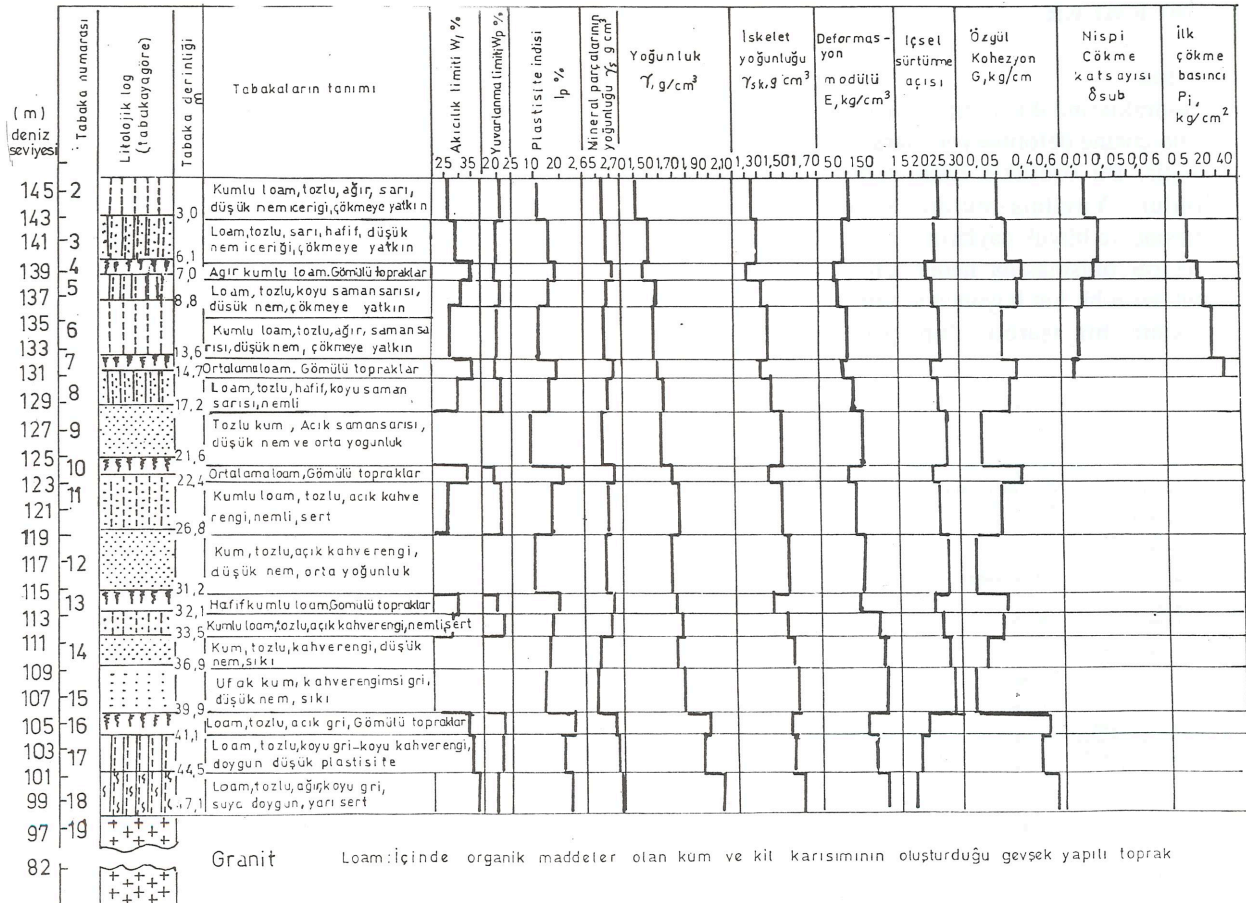
ise iyi bir şekilde gelişen ve düşey bir hattaki bileşim indislerinin tekrarlanması gösteren interglacial topraklar tarafından tanımlanır. Modern ve eski toprakların altında bulunan her ince tabakanın üstü ve eski lös topraklarının tabanı kil ve montmorillonit bakımından zengin olup artan yoğunluk nedeni ile ileri derecede bir agregasyon gösterir. Genel olarak çökmeyen lösler eski ince toprak tabakaları arasında geçirimli bir ortam oluştururlar.

TOPRAK YAPISI

Araştırmalar (Ananyev, 1964, Mozgovoy, 1978; Mozgovoy ve diğ. 1976) toprak oluşum proseslerinin düşey bir hat boyunca, lös topraklarının özelliğine, yapısına, bileşimdeki dağılmaya ve oluşumuna etki ettiklerini göstermiştir. Kuru lös malzemelerinin temas tipine bağlı toprak tanecikleri ile onların agregaları arasında doğal bir ilişki vardır. Böyle temaslar üç şekilde olabilir. 1) Tekrar agregasyon oluşturmayan duraysız bir arada bulunuş. 2) Geçiş, 3) Kristal ve birikme yapılarından oluşan faz şekli. Toprakların diajenetik değişimi ile oluşan son tip, geniş yayılımı olan geçirgen ortamlardaki tuzlu eriyiklerin kristallenmesine bağlıdır.

Lös malzemelerindeki yapısal elemanların bir araya gelmesi ve agregaların oluşma hali kimyasal reaksiyonlara bağlıdır. Tuz kütleleri eriyebilen tuzlar içerebilir (NaCl, KCl, Na₂SO₄) doygunluktan sonra çökme oluşur. Sınırlı çözünebilir durumdaki minerallerin (CaSO₄, CaCO₃, MgCO₃) çökmesi uzun bir zaman periyodunda olur. Buradan, birkaç yazar tarafından yapılan araştırmalar göstermiştir ki kil mineral bağları yapısal elemanlarının karşılıklı hareketinin hakim bir tipidir. Bazen kil minerallerinin yayılımına bağlı çökmeyi önleyen ve lös malzemesinin tabiyetine etki eden killelerin bir arada bulunması agregasyon oluşumuna yardımcı olur. İçinde kil çimentonun bulunduğu lös topraklarının deformasyonu, kil minerallerinin içeriğine ve toprağın yoğunluğuna bağlı kompleks fiziksel ve kimyasal prosesler sonucu oluşur.

Yukarıda bahsedilen lös toprakları çok çabuk suya doygun hale gelirler. Bu işlem iki dakikada olur. Su emme oranı $K_S = t/2$ (buradaki t zamanı, 2 ye 2 cm'lik toprak numunesinin su emme sürecidir), bu oran kilerde 1 den fazla lös topraklarında ise 1 den az olur. Su emme şartları altındaki lös topraklarının dayanıksızlığı çok kolay sıvı hale geçmeleri ile açıklanabilir. $W_L = 0.30$ olduğundaki nem içeriği alınmalıdır, geçiş oranı $W_L/$



Şekil 1 Lös çökellerinin ana fiziko-mekanik indislerinin değişimlerinin dönemseliği

0.03 tür. W_L özgül toprak mumunesinin likit limit değeridir. Bu değer Killerde 1 den fazla lös topraklarında 1 den azdır. Bazı örneklerde bu değer 0.6 ya kadar iner. Hem statik, hemde dinamik düşük yükler lös topraklarını sıvı hale kolayca geçirebilir. Bu durum düşük erozyon direnci, yüksek çökme kapasitesi ve diğer eksojen proseslerin gelişimi ile olur. Beraber borulama ve çökme, maksimum çökme prosesleri eolyen, deluvial-eolyen ve deluvial-proluviyal lös topraklarında gözlenmiştir.

Eolyen ve eolyen-deluvial lös toprakları düşük nem içeriği ve sıkılanmış taneseli yapı ile yüksek porozitede kum silt ve hafif organik madde içeren kumlu kili eşit düzeyde bulundurur ve bunlar kalın çökeller oluştururlar.

Düşey çatlakların çok iyi gelişmesi ayrı horizonlardaki yüksek porozite, tabakalaşma ve taneseli bileşimdeki çok fazla olan uniformsuzlukların sonucu olup bunların hepsi tipik olarak deluvial-proluviyal lös topraklarıdır. Böyle topraklardaki çökme yapıya bağlı ekstra bir yük oluşur.

Yüksek nem içeriğine sahip kil ve organik maddeli kum kil bileşimindeki deluvial lös toprakları çökmeye yatkındır.

LÖSLERDE YAPILAŞMA İLE İLGİLİ PROBLEMLER

Yayılma

Lös topraklarındaki yapılaşma ile ilgili faaliyetler yayılma-çökme deformasyonu tarafından karmaşık hale gelmiştir. Bu özellikle hidroteknik yapılanma için doğrudur. Yayılma-oturma sulama kanallarının çökmesine ve büyük çayların ve hatta tabanı düzensiz çukurların oluşmasına neden olur. Lokalize olmuş çöküntülerin bir hat boyunca uzanması yayılma-çökme prosesinin bir işareti olup çöküntü çukurlarının

oluşmasını sağlar. Bu prosesler bölünmüş yamaçlar, geniş vadiler, çukurluklar ve az çeşitteki lös topraklarında çok yaygındır. Mekanik yayılma, kolay saturasyon, yüksek porozite, çatlakların dikey gelişimi, hayvan barınakları, tabakalaşma ve homojensizlik vasıtasıyla ilerlemektedir.

Mekanik yayılma, üzerinde çakılların bulunduğu lös topraklarında yaygındır. Burada löslerin içinde bulunan çakıl zonunda su infiltrasyonu gözlenmiştir. Bu procese tipik olarak yüzeydeki yayılma çökmesi eklenir. Dik yamaçlarda kuvvetli yayılma ve çökme prosesleri katabolik çöküntüyü oluşturur.

Çukurlaşma

Çukurlaşma çok yaygın olarak deluvial ve deluvial-proluviyal lös topraklarında oluşur. Çok aktif yığanlar dik yamaçların ayrı rölyeflerinde gözlenmiş ve önemli miktarda çökme olmuştur.

Çukurlaşmanın aşamaları 1) Başlama 2) Aktif çukurlaşma 3) Yan erozyonun kuvvetlendirilmesi ve boyuna duraylı profilin oluşmasıdır. Son aşama ise, çukurlaşma aktivitesinin son bulmasıdır.

Yerkaymaları

Yerkaymaları deluvial ve deluvial-proluviyal lös topraklarında çok yaygın oluşur. Yerkaymalarının yoğunluğu, zeminin düşük direncine, tabakalaşmaya ve yapısal bağların duraysızlığına bağlı olup tabaka erozyonu şev dengesindeki burulma yerkaymasını oluşturabilmektedir. Aktif heyelanlar büyük derin çatlaklı tümseğimsi şekiller gösterirler. Duraylı yerkaymaları az önemli tümseğimsi yüzeyler ve çayırık alanlar ile karakterize edilmişlerdir ve tabii dengesi bozulduğunda harekete hazır haldedir. Dik yamaçlar ve yoğun yağmur sonucu oluşan yer kaymaları ve çökme prosesleri aynı zamanda formasyon çatlaklarına neden

Bölge	Kalınlık (cm)	Kil taneselinin içeriği (%)	Doğal nem (%)	Plastisite sayısı	Porozite (%)	Çökme Karakteristikleri		
						Çökme kalınlığı (cm)	Relatif çökme P=0.3 MPa	Çökme magnetüdü (cm)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Çin, lös bölgesi (A kusağı)	17-50 (Her seri) toplam 400'e kadar		8-25	0.06-0.14	45-58	12-17	0.010-0.126	8-100
Rusya Asya kısmı dağ eteği ve dağlık alanlar (A kusağı)	10-100 130'a kadar	3-40 (6-22)	1-30 (5-17)	0.02-0.18 (0.03-0.11)	34-60 (42-52)	4-40	0-0.15 (0.01-0.07)	lokal olarak 300'e kadar değişir
Orta ve güney Kazakistan	1-12 25'e kadar	2-37	2-35 (12-17)	0.03-0.29 (0.07-0.15)	30-59 (41-47)	çesitli (0.02-0.08)	0-0.17	çesitli
Batı Sibirya güney sahası	40'a kadar	4-23 (11)	6-32 (8-15)	0.04-0.19	38-56 (44-48)	3-20	0-0.09 (0.02-0.03)	çesitli
Batı Sibirya merkez sahası	3-15	4-36	5-39 (16-27)	0.04-0.21 (0.13-0.16)	31-59 (40-45)	3-5	0-0.7 (0.02-0.02)	5-15 30
Rusya Avrupa kısmı Transcaucas	1-30	6-26	8-20	0.07-0.17	38-60 (40-50)	çesitli 30'a kadar	0-0.14 (0.02-0.03)	çesitli
Doğu Ciscaucasia (A kusağı)	7-80	6-37 (15-21)	6-15 (8-12)	0.07-0.12 (0.08-0.10)	40-56 (48-52)	5-35	0.21-0.166	yerinde 8-100
Don ovası ve Azov deniz sahil bölgesi	10-30	12-45 (20-32)	9-26 (12-17)	0.10-0.22 (0.12-0.15)	33-45 (38-42)	4-12	0-0.036	150-200'e kadar 2-20
Ukrayna, Güney Rusya lös sahası (A kusağı)	7-50	3-36 (14-27)	4-36 (2-25)	0.02-0.34 (0.13-0.22)	31-58 (39-47)	1-30	0.0197	7-150
Ukrayna, Orta Asya lös sahası	7-15	2-25	3-36	0.02-0.18	33-59	4-7	0-0.044	7-60
Kuzey zonu	0.2-3 10'a kadar	2-36 (8-17)	9-34 (16-22)	0.02-0.33 (0.05-0.13)	31-49 (37-43)	2-3	0-0.01	bazı yerlerde önemsiz
Romanya	3-40	10-35	6-22	0.02-0.27	35-51	2-20	0.01-0.13 (0.02-0.10)	0-100
Polonya	8-10	4-21 (8-13)	5-26 (12-15)		36-40		arazi metodları ile belirlenmiştir	
Cekoslovakya	2-19	14-29	15-18	7-18	39-42	küçük	0.003-0.035	küçük

Tablo 1 Kuzey yarımküre ülkelerindeki lös topraklarının özellikleri ve kalınlıkları

olurlar. Tansiyon çatlakları boyunca çökme gerginliğine bağlı düşey basamak hareketleri, yeni çatlak sisteminin oluşması, yamaç aşağı ayrı blokların kayması ve düşmesine neden olur.

Yeraltısının Etkileri

Deluviyal-proluviyal ve eolyen-deluviyal lös alanlarındaki gözlenen doğal doygunluğun kökeni gömülü toprak tabakaları ve yerdeki yüksek kil içeriği ile yakından ilgilidir. Yeraltısının akışına neden olan istenmeyen şartlardaki fazla sulama, barajlar ve kanallardan yoğun olarak sızan sular, lös formasyonlarına sızması zor olan yüzey sulardır. Bu kurala göre homojen eolyen lös bölgelerinde yeraltısını seli oluşmaz. Şehirlerde, çökme proseslerinin yaygın olduğu alanlarda yeraltısını akışı vardır. Yeraltısını seli, çoğunlukla lokal drenaj hariç (küçük nehir, çukurluklar vs.) rezervuarların dolması hidrotekniksel yapılaşma faaliyetlerinin (Havuzlar, gemi limanları) sonucu, yeraltısının artışı ile olur. Su kanallarından sızan sular asfaltlama çalışmalarının neden olduğu öz-yeraltısının hacmi miktar olarak veya çökme nemini oluşturan akış fazlası ile karşılaştırılabilir. Yeraltısuyundaki değişiklikler yalnız teknojen faktörlere bağlı kalmayıp eksojen ve endojen olayların doğal düzensizliklerine bağlıdır. Bütün bu faktörler yeraltısını seli, öz-yeraltısını seli, doğal değişimler, bağımsız hareket etme veya çok sık eklem oluşması, lös topraklarındaki çökme gerilmelerine sebep olur.

Yeraltısını seviyesi artışı son 10-20 yıl içerisinde yerleşim alanlarında 1m/yıl, büyük endüstriyel yatırım alanlarında 0.5 m./yıl dır. Yeraltı suyu seviyesindeki artış 0.2-0.5 m./yıl oranında olarak ve yeraltısını selinin gelişmesi zirai alanlarda ve ziraate ait faaliyetlerde gözlenmiştir. Yeraltısının gözle görülebilir 1-1.5m./yıl artışı hayvan çiftliklerinin yapımı esnasında gözlenmiştir. Sulama faaliyetleri yeraltısının artışına neden olmaktadır. Sulama rejimindeki düzensizlik ve aşırı sulama sonucu artış 2m./yıl olmaktadır.

Dinamik gelişme çalışmaları göstermiştir ki lös topraklarında asılı yeraltı suyu mercikleri kalın tabakalar üzerinde bulunur. Mercikler su kaynaklarının bulunduğu yerde tedricen büyür, birleşir ve yeraltısını seviyesinin üzerinde dom şeklini alırlar. Bu kaynaklar su teknolojisi proseslerini, hatalı yeraltı boru hatlarını, sulama yapılarını içermektedir. Sonuçta domlar çeşitli şekilde kırılmayan yüzeyde birleşip yeraltısını tablasını oluşturur. (Ananyev ve Mozgovoy, 1976). Lös toprakları alanlarında olduğu gibi, etkilenmesi zor olan ve suya dirençli tabakaların yanında bulunan organik maddece zengin killi kum ve killer yeraltısını seline maruz kalırlar. Çukurluklarla kesilen lös alanları doğal drenaj sistemi oluştururlar. Kum üzerinde bulunan löslerde yeraltısını seli oluşmaz.

LÖS ALANLARINDAKİ İNŞAAT YÖNTEMLERİ

Dünyanın pek çok bölgesinde en bereketli topraklar lös üzerinde oluşur. Bu alanlarda çok yaygın olarak büyük zirai tesisler, endüstriyel yatırımlar ve kültür merkezleri vardır. On yıldır çeşitli ülkelerde yapılan inşaat deneyimlerinde lösler üzerindeki yapılarda bazı metodlar geliştirilmiştir.

Lös toprakları üzerindeki yapılaşma işi esnasında ortaya çıkan prosesleri kontrol için ve kullanımda yapıların sağlamlığının gerçekliğini temin için iki yaklaşım vardır. Birincisi, yapının sağlamlığını öyle bir şekilde geliştirmelidir ki daha sonradan oluşacak beklenmeyen kuvvetlerin etkileri yapının sağlamlığını bozmayacak şekilde olmalıdır. İkincisi, yapının çökmeden doğacak etkilerini azaltmak veya yoketmeyi amaçlayan önlemlerdir.

Yapısal metodlar ve çevresel koşullar altında inşa edilen yapıların çok çeşitli oluşu, diğer yapısal şartların incelenmemesini gözardı etmemektedir.

Temel tipini bulmak ve yapı duraylılığını anlamak için üç tipik faktör vardır (Tablo 2). 1) Temel toprağının iyiliği; 2) Temel toprağının geliştirilmesindeki teknolojik önlemler; 3) Temel takviyesi için yapılaşma ölçümleri.

İnşa çalışmasındaki ölçülen verilere dayanarak bulunan dizayn safhası ile temelin tipi tayin edilir. Nemyoğunluk değişmesi ile zemin sıkışmasını sağlayan yapının duraylılığına minimum teknoloji önlemleri yeterli gelecektir. Zemin bileşimini değiştiren veya binaların suni temellerini duraylı hale getiren önlemler, yapılaşma ile ilgili önlemler olarak anılacaktır.

Yapı ve temel için duraylı önlemler, yapı ve onun ölçeği ile gelen yük tipine bağlıdır. Birinci ve ikinci tip yapısal temeller genellikle az ve orta ağırlıktaki binalara yeterli olacaktır. Özellikle çöken zemin üzerine inşa edilen yapılar için üçüncü tip temel kullanılır.

İnşa metodları yapılara geçen yüklerin tabiyetine bağlı olan üç türlü plan ayırt edilmiştir. a) Temel zeminde ıslanma olmaksızın statik yüklerin geçişi; b) temel zeminde muhtemel ıslanmalı statik yükler; c) önemli dinamik yüklere geçiş.

ÇÖKMEYE KARŞI ÖNLEMLER

Tablo 2 deki detaylı önlemler, temelin üzerindeki yapının duraylılığını garanti etmiyorsa yapının dizaynını değiştirmek gerekir. Elemanlarının bazıları çökme eklemelerini kullanarak veya diğer yapısal tedbirleri alarak beklenmeyen gerilmeleri yok edebilir ve yapının çatısındaki kuşakları kuvvetlendirebilir.

Çökme öncesi tedbirler ile birlikte temeli iyileştirmenin ekonomik gelişmesinin etkinliği, bir m3 toprağın tehlikeli olması veya yapısının kısmen bozul-

Temel Tipi	Sınıflandırma		
	a	b	c
1			Altere olmuş yapısal dizaynlar
2	Islanma Şahmerdanla sıkıştırma	Patlama ile sıkışma Titreşim sıkışması Dinamik sıkışma Buhar uygulaması	" "
3	Kum Örtüleri Yer örtüleri Termal oturma Yer kazıkları	Silisli jel Enjeksiyonu Gazlar ve çözeltilerle Oturma	Daha derin çöken tabakalar üzerindeki temellerin yapısı

Tablo 2: Temel-yapı sistemi duraylılığını amaçlayan önlemlerin seçimi

Havalandırma zonu rejimi su tipine bağlı karasal alan gruplaması 1	Doğal şartlar altında oluşan prosesler 2	Teknolojik faktörlerin etkilerinin sebep olduğu prosesler 3
A Kuşağı Havalandırma zonunun süzülme rejim alanı	Lös topraklarının korunması: yüksek çökme özellikleri, yapı, ana bileşimin korunması	Lös topraklarında azalma: sulama alanlarındaki su filtrasyonunun artması; su taşıyan kanallardan sızan suyun neden olduğu sulanma ve ıslanma; artıklar ve endüstri infiltrasyonu; su kütlelerinden süzülme; yeraltı suyunun artması; yeraltı suyu seli
B kuşağı Havalandırma zonunun süzülen rejim alanı	a) Üst seviyedeki lös tabakalarındaki nemde mevsimsel değişiklikler ve çökmede değişiklikler b) Lös topraklarının azalması; Yayılmış taneciklerin içeriğinde tedrici artış, hidromika-montmorillonit ve montmorillonit gibi karışık mineral tabakalı, agrega yapısındaki artış; çökmede kaybolana kadar azalış. Tabakaların en üst kısımlarında (toprağın altında) ve tabakaların alt kısımlarında (gömülü toprağın üstünde) ki prosesler, üstten alt tabakaya doğru karakter artışı.	Lös topraklarının azalması sonucu; yüksek killilik; hidrofilite; kil minerallerinin dönüşümü (karışık tabakaların oluşumu hidromika-montmorillonit, montmorillonit); agrega yapısının artışı; yüksek nem içeriği ve hacim ağırlığı: çökmede kaybolana kadar azalış.

Tablo 3: Modern Çağda lös topraklarının özellikleri ve bileşimsel gelişmelerin trend ve dinamikleri

masını düşünmeksizin sıkıştırma ve tespit maliyeti ile diğer maliyetlerin birlikte değerlendirilmesi ile bulunur. Hasarın tahmini karmaşık bir problem olup çözümü özel hesaplama metodlarını gerektirir.

Genel durumlarda çökmeye karşı önlemlerin etkisi, yapıların maliyeti, hizmet süresi ve kazançlılığı ile anlaşılır. Her oranda çökmeye karşı olan önlemlerin maliyeti tespit edilmiş kazançlılık ile orantılıdır. İnşa alanındaki çökme prosesleri komşu alanlar, ekonomiler ve ekoloji terimlerine olumsuz etki ederler.

Çökmeye karşı alınan önlemlerin etkisi, alanın planlama ve gelişme sahalarının düşünülmesi ile geniş ölçüde arttırılabilir. Lös üzerinde şehir ve diğer bölgelerde, yeraltı sularının sellenmesinin kontrolü sadece tek tek yapılara bağlı olmayıp bütün alanın bu kapsamda düşünülmesi ile orantılıdır. (Drenaj aktiviteleri, alanın seviyelendirilmesi, su taşıyan boruların izole edilmesi.)

Çökmeye karşı önlemlerin planlanmasının esas gayesi, olası neticeleri yok etmek değil, lös üzerindeki yapılarda beklenmeyen kuvvet gelişmelerini yok etmektir. Böyle bir yaklaşım, geliştirme safhası başlangıcında büyük harcamalar gerektirir. Fakat büyük üretim kayıplarına engel olur.

Çökmeye karşı önlemlerin etkinliği, yapıların analizi ile lös topraklarının bileşimleri ve durumuna dayanmalıdır.

ÖZET

Lös toprakları sıcak, ılıman iklimlerin sürdüğü Avrupa, Asya, Güney Amerika'da, çok az olarak Afrika ve Avustralya'da bölgesel formasyon karakteristiğindedir. Arid step ve yarı step bölgelerinde gravite oluşumuna bağlı önemli çökme prosesleri kalın lös çökellerini oluşturur. Lös toprakları yoğun nüfusun bulunduğu endüstri, zirai ve inşaat alanlarında oluşurlar.

Lös ardalımları ile karakterize edilen lös tabakalarının tekrarlanan yapısı ve özellikleri, mühendislik ve jeolojik amaçlı lös çökellerinin stratigrafik analizine temel teşkil eder.

Lös toprakları ıslandığında çok kolay büzülüp, yapılar için çok tehlikeli durum gösterirler. Çökmenin etkisi altında kalan lös toprakları üzerindeki yapılaşma işi, mühendislik veya yapısal önlemleri birarada bulundurabilmekle mümkündür.

Vados veya yeraltı suyunun artışı ile oluşan yeraltı suyu selini önleme ile lös sahalarının artışı planlanmalıdır. Günümüzde lös topraklarında havalanma zonunda nem rejiminde farklılık, yavaş sübidansta azalma killeşme, kil minerallerinin tedrici dönüşümü zayıf bir

çökme ile sonuçlanan lös özelliklerinin değişimi gözlenmektedir (Tablo 3). Sahaların ekonomik gelişmesi ve mühendislik faktörlerindeki teknolojik artışlar lös topraklarının azalmasına neden olmaktadır.

KAYNAKLAR:

- Ananyev V.P. Loessial Soils. mineral Composition and Properties of Rostov- on-Don. Rostov University Press, 1964.
- Ananyev V.P., Mozgovoy O.I. Stratigraphy of Loessial Deposits in Dagestan Foothill Valley. Report, Academy of Sciences of USSR, 1971, Vol. 196, No: 5.
- Ananyev V.P., Technical Melioration of Loessial Soils. Rostov-on-Don. Rostov University Press, 1976.
- Ananyev V.P. Mozgovoy O.I. Stratigraphy of Loessial Deposits. Problems of Loessial Soils, Footings and Foundations, Issue 6, Rostov-on-Don. Rostov Civil Engineering Institute, 1976.
- Balayev L.G., Tsaryov, P.V. Loessial Soils of Central and Eastern Fore-Part of Caucasus, M., Nauka Publishers, 1964.
- Krayev V.F. Engineering-Geologic Characteristics of Ukrainian Loessial Soils. Kiev, Naukova dumka, 1971
- Krieger N.I. Loess, Its Properties and Connection with Geographic Environment. Moscow, Nauka Publishers, 1965.
- Kukla J. Survey of Czechoslovak Quaternary: Quaternary Sedimentation Cycle. Czwartorzęd Europy Srodkowey i Wschodniej c. I. Warszawa, 1961.
- Lugn A.L. The Origin and Sources of Loess. Univ. Nebraska Studies, N.S., No.26.
- Mozgovoy O.I. Prediction of Alterations in Mineral Composition of Loessial Soils, due to Anthropogenic Water Saturation. Problems of Loessial Soils, Footings and Foundations Investigations (Interinstitute, Collection of Articles). Rostov Civil Engineering Institute, 1978.
- Mozgovoy, O.I. Ananyev V.P. Alterations in Clay Minerals of the Rostov Region Loessial Deposits, Caused by Infiltration Soil Solutions. Problems of Loessial Soils, Footings and Foundations Investigations Issue 6. Rostov-on-Don, Rostov Civil Engineering Institute, 1976.
- Obruchev V.A. Selected Geographical Investigations of Asia. Vol. 3, Moscow, Geograpgyz, 1951.
- Sergeev E.M., Golodkovskaja G.A. Ziangiurov R.S., Osipov V.I., Trophymov V.T. Soil Science. Moscow University Press, 1983.