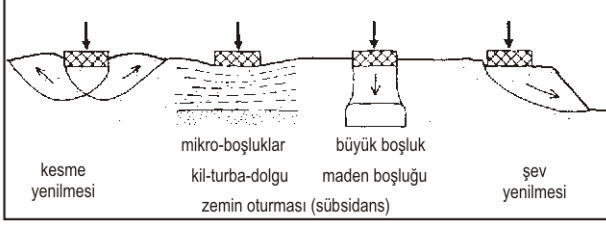


Sübsidans

Sübsidans sadece yer malzemesinin bir çeşit yeraltı boşlukları içine doğru yerdeğiştirdiği yerlerde mümkündür; sadece belirli kaya türlerinde gelişir.

Büyük boşluklar: Kireçtaşlarındaki erime mağaralarıdır (Bölüm 29); büyük boşluklar tuz ve bazalt da dahil olmak üzere diğer çeşit kayalarda nadiren oluşur. Ekonomik değere sahip kayalarda yapılan işletmelerden geriye kalan boşluklar da bu türdendir (Bölüm 30, 31).

Mikro-boşluklar: Çok gözenekli, deforme olabilir kayalardaki boşluklardır. Kilerde çok önemlidir (Bölüm 28). Turba, bazı siltler ve bazı kumlarda ve yapay zeminlerde de söz konusudur (Bölüm 30).



Sübsidans sağlam, madencilik yapılmayan kayada (kumtaşı, granit, çamurtaşı, sleyt) gelişmez. Kesme yenilmesi ve aşırı yük altında yüzeyde rotasyonel yerdeğiştirme veya yamaç profilinin izin verdiği durumlarda gelişen heyelanlar (Bölüm 32) bu kategoriye girmez.

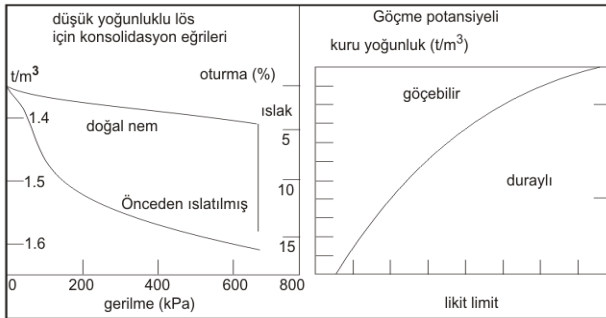
Bu nedenle, potansiyel sübsidans tehlikesi jeolojik haritalar üzerindeki kaya çeşitlerinden hareketle teşhis edilebilir. Yük altında tüm kayalar sıkışırlar. Zayıf çamurtaşı ve kumtaşı yapıların oturmasına yol açacak kadar sıkışabilse de, bu sıkışmalar genellikle kabul edilebilir sınırlar arasında kalır.

GÖÇEBİLİR ZEMİNDE HİDROKOMPAKSİYON

Bazı ince zeminler ilk kez doyduklarında yeniden yapılanmadan dolayı göçerler; bu hidrokompaksiyon zemin kalınlığının %15'i kadar sübsidansa neden olabilir. Göçme, kırılğan kil bağlarının örselenmesinden veya çözünebilir çimentonun erimesinden sonra kohezyonun tamamen kaybolmasından ileri gelir.

Lösler yaklaşık %20 kil içerdiklerinde kolaylıkla göçerler; daha az veya daha çok kil içerdiklerinde duraysızlık daha azdır. Yarı kurak havzalarda taşkın olayları ile çökelen alüvyial siltler, bazı tropikal zeminler ve bazı yapay dolgular doyma durumunda göçme karakteri sergilerler.

Göçme potansiyelinin en yüksek olduğu koşullar kuru iklim kuşaklarında kuru yoğunluğun $1,5 \text{ t/m}^3$ 'den küçük, likit limitin 30'dan küçük ve su içeriğinin %15'den az olduğu durumlardır. Potansiyel, konsolidasyon deneyinde yükleme döngüsünün doygun kısmından bulunabilir.

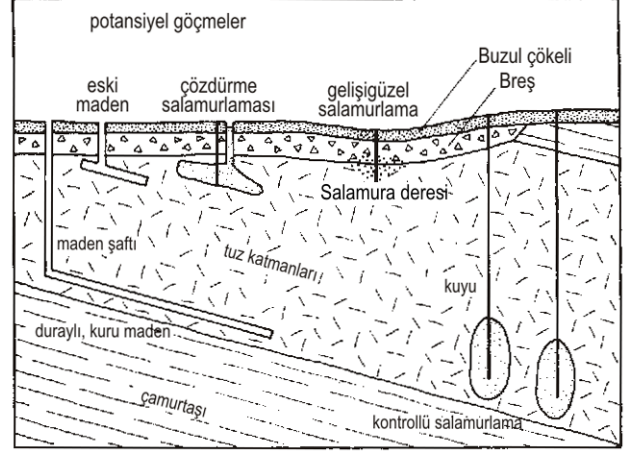


Bazı göçebilir zeminler sadece yük altında hidrokompaksiyon gösterirler. Sübsidans tehlikesinin en yüksek olduğu yerler, sulanan kurak bölgelerdir (örnek: California'da Central Valley). Zemin göçmesi inşaat öncesinde ön ıslatma ile sağlanabilir; ince zeminler dinamik konsolidasyona veya vibro-flotasyona tepki verirler.

TUZDA SÜBSİDANS

Kayatazu sedimentler istifler içinde geniş alanlara yayılmış olarak bulunabilir. Deveran eden yeraltı suyu ile çabucak çözünmek suretiyle yavaş, doğal sübsidansa neden olur. Çözünmenin çoğu, geçirgen zemin altındaki temel kaya profilinde olur. Bu nedenle, göçen çamurtaşı ile aratabakalı bir rezidüel breş oluşturur; boşluklar henüz genişlemeden çökerler.

Çizgisel sübsidanslar 'salamura dereleri' üzerinde yoğunlaşır. Bu dereler, temel kaya üzerinde yaygın olarak tuz bandı mostralarını takip eden yeraltı suyu akışı yoğunlaşma kuşaklarıdır. Tipik sübsidanslarının derinliği 5 m, genişliği 100 m ve uzunluğu da 5 km'dir.



Gelişigüzel salamurlama salamura derelerinden yapılan kontrolsüz pompajdır. Çizgisel sübsidansı önemli ölçüde hızlandırır.

Kuru tuzdaki derin çözdürme madenciligi (kontrollü salamurlama) ve güncel derin madenlerin ikisi de duraylı olup, sübsidans gelişmez. Eski sıg madenlerden salamura çekimi (çözdürme salamurlaması) önemli göçmelere neden olur; İngiltere'de yasaklanmıştır.

Çoğu yüzey hareketleri küçük ve yavaştır. Mühendislik önlemleri uzun ayak madenciligindeki gibidir (Bölüm 31).

Cheshire İngiltere'deki en kötü tuz sübsidansının geliştiği yerdir. Northwich'deki evlerin ve yapıların tamamı ahşap ve çelik çerçeveden ya da hidrolik olarak yükseltilebilir beton hasırlardan oluşmaktadır. Gelişigüzel salamurlama artık yapılmadığından, doğal çözünmeden dolayı sübsidans çok yavaş olsa da halen devam etmektedir.

JİPS ÇÖZÜNMESİ

Jips doğal erimeyle kaybolabilir. Çözünme kayatuzundan yavaş, kireçtaşından hızlıdır. Kaya çözünmesi bir yapının ömrü içinde gerçekleşebilir. Temel kayasındaki iğnemi çıkıntılar yeraltı suyu tarafından çözünebilir; uzun vadede temeller için güvenli olmayabilir.

Mağaralar sağlam kireçtaşındakinden daha küçük ve daha az yaygın olmakla birlikte, zayıf tavan kayasının kolayca göçerek obruk oluşturduğu yerlerde önemli tehlike oluşturabilir. Yolu değişen yeraltı suyu yenilerini kolayca oluşturacağından, jipsteki boşlukların tıkanması veya doldurulması dikkat ister.

DOĞAL MAĞARALAR

Kireçtaşı ve jipste yaygındır; diğer kayalarda seyrekir.

Bazaltlar kalkan volkanlarda lav tüpleri içerebilir.

Yamaç hareketiyle zemin örtüsü altında gizlenmiş açık yarıklar gelişebilir (heyelanların yuvarlak taç kısımları ve kemer kıvrımlarındaki derin yarıklar).

Zemin boruları, deniz mağaraları ve kaya kemerlerinin hepsinin de yayılımı sınırlıdır. Sonucusu, her yerde belirgin yüzey özellikleridir.

TURBADA SÜBSİDANS

Turbalar kendi ağırlıklarının on katı kadar su içerebilir; yük altında %10-75 arasında büzülebilirler.

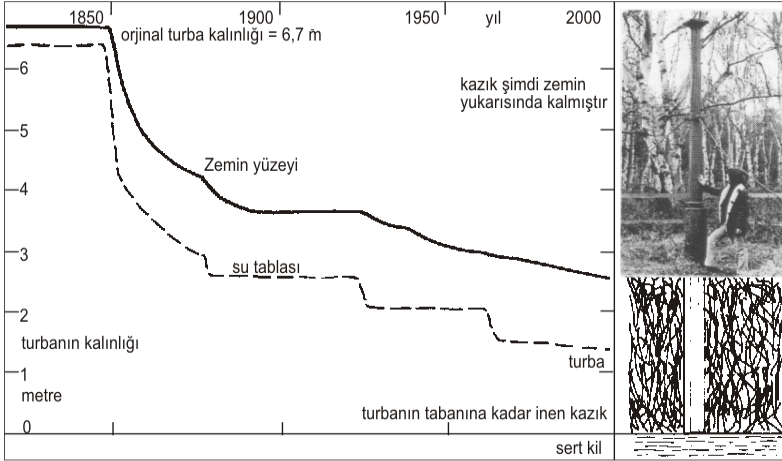
Çok düşük olan kesme dayanımı aşılacak derecede yüklendiklerinde kripi davranışı gösterirler ve yayılırlar. Bu nedenle, çok yüksek oturma miktarları normaldir. Sıkışabilirlik katsayısı $m_v > 1,5 \text{ m}^2/\text{MN}$ 'dir.

Turbaların **drenajı** yer yüzeyinde yeraltı suyundaki alçalımın %60'ı kadar sübsidansa neden olur; sonraki yeniden drenajda daha düşüktür.

Su tablası yukarıdaki biyolojik kütlede oksitlenme ile azalımı (wastage) iklime bağlı olarak düşük hızda devam eder. Yüzeyde alçalmaya ve tarım alanlarında büyük kayıplara neden olur. Su tablasını yüksek tutmak suretiyle azaltılabilir.

Drenajsız turbanın **dayanımı** çok küçüktür. Drenajlı turbada UCS = 20-30 kPa ve E = 100-140 kPa olabilir.

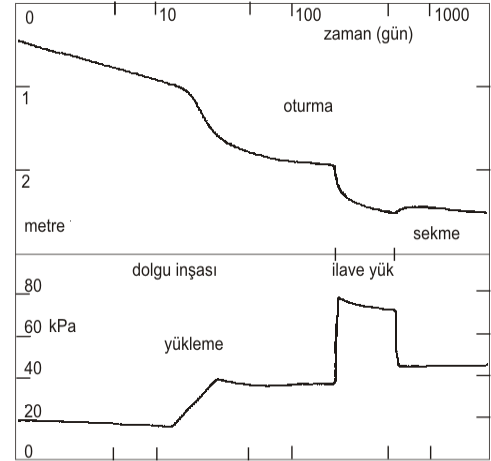
Yapısal yük ile konsolide olan turbanın dayanımı artar; SBP değeri 50-70 kPa'ya kadar çıkabilir. Birincil konsolidasyon sadece birkaç gün içinde gelişebilirken, ikinci aşama yıllar sürebilir. Turbadaki değişkenlik ve numune alımının zor olması laboratuvar deneyi ve konsolidasyon tahminini engeller. Önemli projelerde tam ölçekli arazi deneyleri gerekir.



English Fenlands'de turba içindeki Holme Direği'nde 150 yılda kaydedilen ve pompajlı drenajdan kaynaklanan zemin oturmaşı

TURBA ÜZERİNDE İNŞAAT

Turba kalınlığı 3 m'den az olduğu zaman sıyırma ekonomik olabilir. Daha kalın turbaların oturtulması, zerlerine kum yığmak suretiyle sadece yerçekimiyle veya 6 m derinliğe kadar jetleme yapmak suretiyle ya da 9 m derinliğe kadar turba patlatmasıyla sağlanabilir. Turbalara çakılan **kazıklar** çoğu zaman ekonomik olup, A.B.D.'nin bazı kısımlarında yasa ile zorunlu kılınmıştır. Drenajlı azalmanın devam ettiği durumlarda ev temelleri zemin yüzeyinden yukarıda olabilir. 1-3 m kalınlığında kum veya dolgu şeklindeki sürşarjın 1-12 ay süreyle uygulandığı **ön-yükleme** başarılı olmaktadır. Sekme miktarı yaklaşık %5'dir. Turba geçirgenliği yüksek olduğundan, **kum drenlerinin** kullanımı sınırlıdır. İngiltere'deki Fenlands'de konsolidasyonu hızlandırmada fitil drenler kullanılmaktadır. Turbalarda üzerindeki **dolgular** yüksekliklerinden daha fazla oturmaya neden olabilirler. Bu nedenle, ağırlığı düşük dolgular uygulanır; en iyisi poli-stiren bloklardır. Kanada ve İrlanda'da kullanılan talaş, çırpı ve turba balyaları su altında kaldıklarında duraylı kalmaktadırlar. Hafif, merkezî olarak yüklenmiş yapılar için turba yayılmasını önleyen alttan çıkıntılı **hasırlar** kullanılabilir. Kuzey İngiltere'de 2,5 m kalınlıktaki turbalarda hasırlar üzerine oturan evlerde 15 kPa yükten dolayı 800 mm kadar oturmalar gözlenmiştir.



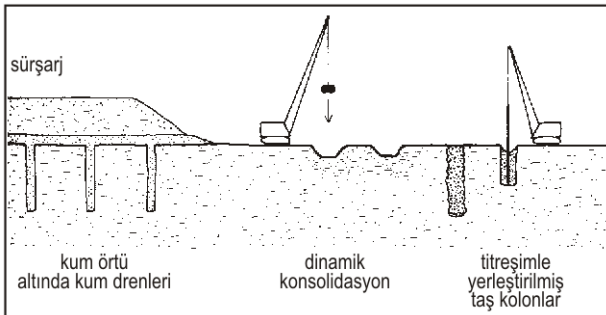
Kanada'da turba üzerinde bir yol dolgusuna ait yüklenme ve oturma ilişkisi

DEPREMDE SIVILAŞMA

Kumlar, aşağıdaki şartlarda deprem sırasında efektif gerilmenin geçici olarak kaybolmasıyla sıvılaşabilir:

- üniform derecelenme, tane boyu $< 0,7 \text{ mm}$
- Düşük rölatif sıklıkta kötü paketlenme
- Sığ derinlikte su altında.

Tehlike zonları özellikle 10 m'den sığ derinlikte $N < 20$ olduğu yerlerde SPT ile belirlenebilir. Sıvılaşma, 1964 Niigata (Japonya) depreminde olduğu gibi, titreşim sırasında dayanımın tamamen kaybolmasına neden olur. Bu depremde yapılar doymuş alüvyal kumlar içine kısa sürede batmışlardır. Dinamik konsolidasyon, drenaj ve su tablasının alçaltılması veya sürşarj uygulayarak iç gerilmelerin artırılması suretiyle kumdaki sıvılaşma tehlikesi azaltılabilir.



YER İYİLEŞTİRMESİ

Sürşarj: Birkaç m'lik ilave yük altında konsolidasyon hızlanır; yük kalkar kalkmaz durur. İnşaat öncesinde genellikle bir yıl süreyle uygulanır.

Drenaj: Suyu dışarı atarak konsolidasyonu hızlandırır. İnşaat bitene kadar dolgu altında oturma tamamlanmasına olanak verir. En etkili olanlar, 15 m'den sığ derinliklerde 1-3 m aralıklı kum veya lif drenlerdir.

Enjeksiyon: Killere nüfuz edemez. LL < 45 olan killere %10 çimento karıştırılması dayanımı artırır.

Kireçleme: Kil zeminlere %5 kireç eklenmesi dayanımı artırır, plastisiteyi ve büzülme azaltır; sodyumun yerini kalsiyum almasıyla montmorillonit stabilize eder.

Vibro-kompaksiyon: Vinç destekli bir titreşim çubuğuyla kumlu, kohezyonsuz zeminleri sıkılaştırır.

Titreşimle yer değiştirme: Kohezyonlu zemin veya dolguda duraylı taş kolonlar inşa etmek için, titreşim çubuğuna ek olarak kırmataş ile besleme.

Dinamik konsolidasyon: 15 t ağırlığında bir vinç yardımıyla 20 m yüksekten 5-10 m aralıklı noktaların herbirine birkaç kez düşürülerek kumlu zeminin sıkılaştırılmasıdır. Drenajlı konsolidasyonu kolaylaştırmak için kili çatlatılabilir.

Yerin dondurulması: Kazıda geçici ve pahalı bir yöntem.

Jeotekstiller: Daha iri jeogridler ile birlikte kesme dayanımını artırırsa da, sadece dolgu zeminlerde kullanılabilir; örselenmemiş zeminlerde kullanılamaz.

