

ZEMİN ETÜDÜNÜN ÖNEMİ VE ZEMİN-YAPI ETKİLEŞİMİ ÜZERİNE BİR ÖN ARAŞTIRMA

Ertuğ, AYDIN* ve Eriş, UYGAR*

*Doğu Akdeniz Üniv, İnşaat Müh. Böl., KKTC

ÖZET

Günümüzde sıkça karşılaşılan zemin sorunları arasında şişme, çökme ve dispersif özelliği gösteren zeminler bulunmaktadır. Bu zeminler yapılarda çok ciddi hasarlara neden olmakta ve ekonomik yönden maddi kayıplara yol açmaktadırlar. Zemin etüdü yapılmamış yapılarda zemin-yapı etkileşimide bilinmediğinden daha sonra oluşacak olan hasarlarda önceden kestirilememektedir. İnşaat firmaları kendilerine ek maliyet getirdiğinden dolayı zemin etüdünden kaçmaktadırlar. Ancak bilinmesi gereken bir noktada yapılarda kullanılan demir donatı kadar zemin etüdünün önemli olduğu olgusudur ve halkımıza bu bilinci aşılamamız gerekmektedir. Bu çalışmada, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (KKTC) 'nin değişik zemin özelliklerine sahip bölgelerinden alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde fiziksel ve mekanik deneyler yapılmış ve çıkan deney sonuçlarına göre bölgede bulunan yapılarda oluşabilecek sorunlar araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Zemin etüdü, Şişme, Çökme

IMPORTANCE OF SOIL INVESTIGATION AND SOIL-STRUCTURE INTERACTION

ABSTRACT

Swell, collapse and dispersive type of soil problems are commonly encountered all over the world. Those types of soils can cause serious damages to the structures. In order to monitor the soil-structure interaction, soil investigations should be done before the construction had begun. The engineering community is becoming more aware of the soil problems. As a result, more problems are diagnosed correctly. In this study, disturbed and undisturbed soils were collected from different parts of Turkish Republic of Northern Cyprus (TRNC) and tested at the laboratory to investigate their physical and engineering properties.

Keywords: Soil investigation, Swell, Collapse

1. GİRİŞ

Toprak insanoğlunun tarihi boyunca sık kullandığı ve belkide en karmaşık yapı malzemesidir. Üzerinde bulunan tüm yapıların taşıyacakları yükler, o yapılar üzerinde oluşacak çatlamlar, çökmeler ve gerilmeler zeminin fiziksel ve mühendislik özellikleri tarafından belirlenir. Bu karmaşıklığın çözümlenmesinde zeminin davranışının önceden bilinmesi ve gerekli tüm önlemlerin alınabilmesi için zemin mekaniği ile yapı mekaniği mühendislik branşları birlikte çalışmalıdır.

Oturmakta olduğumuz evler, kullandığımız yollar ve barajlar zemin üzerine inşa edildiğinden bir yapı tasarım ve inşaatından önce zemin koşullarının bilinmesi, oturma şartı, taşıma gücü şartı ve güvenlikle beraber ekonomik çözümlere gidilmesi çok önemlidir.

Günümüzde sık karşılaşılan zemin sorunları arasında şişme, çökme ve dispersif özelliği taşıyan zeminler bulunmaktadır. Bu zeminler yapılarda çok ciddi hasarlara neden olmakta ve ekonomik yönden maddi kayıplara yol açmaktadırlar. Zemin etüdü yapılmamış yapılarda zemin-yapı etkileşimide bilinmediğinden daha sonra oluşacak olan hasarlarda önceden kestirilememektedir [1,2].

Zemin etüdünün önemi yaşanan birçok talihsiz olaydan sonra daha iyi algılanmaya başlandı. 1999 Gölcük depreminin acı bilançosu tüm yurttaki bir seferberliğin yaşanmasına, mevcut deprem yöneltmeliklerinin ivedilikle gözden geçirilmesi hazırlanmasına ve zemin etüdünün iskan izinlerinden önce sonuçlandırılması gerekliliğini bir kez daha ortaya çıkarttı.

Eğer ciddi bir bilimsel çalışma yapılmış olsaydı, inşaat firmalarının kendilerine ek maliyet getirdiğinden dolayı yapmak istemedikleri zemin etüdü, daha sonra yapılarda oluşacak olan hasarların tamirinden ve yapı güçlendirilmesi için harcanacak zaman ve ekonomiden daha az olduğu ortaya çıkacak ve ilgili firma zemin etüdü yapmadığından dolayı oluşan bu hasarlardan kaynaklanan prestij kaybına uğramamış olacaktır.

Zemin etüdü sanıldığı kadar zor ve masraflı olmadığı gibi elde edilen bulgular sayesinde kalıcı bir çözüme ulaşılabilmektedir. Zemin etüdünde üzerinde durulan iki ana olgu vardır. Birincisi üzerine yapıları oturttuğumuz zeminin fiziksel diğeri ise mühendislik özellikleridir. Bu iki bilimsel parametrenin biraraya gelerek değerlendirilmesi sonucunda çok değerli bilgiler elde edilmektedir. Fiziksel özellikler arasında o zeminin dane boyu dağılımı, aktivitesi, plastisitesi, likit limit, büzülme limiti ve sıkıştırma değerleri bulunmakta, mühendislik özellikleri arasında ise zemin geçirgenliği, şişen basınç, serbest şişme, şişme indisi, tek ve üç eksenli basınç dayanımı, zemin oturma değerleri, zemin taşıma kapasitesi, zemin emniyet gerilmesi ve baraj veya gölet inşaatlarında ise ek olarak dispersif zemin özelliklerinin saptanması bulunmaktadır. Tüm bu değerlerin laboratuarda saptanması fiziksel özelliklerde projenin büyüklüğüne göre 2-3 gün, mühendislik özelliklerinde ise 2-3 haftayı aşmamaktadır. Günümüz laboratuvar koşullarında bu 1 haftaya kadar inebilmektedir. Yapılması gereken inşaat, yapılacak alan üzerinde gerekli yerlerden örselenmiş (doğal olmayan) ve örselenmemiş numuneler almaktır. 2-3 değişik yerden alınmış sondaj numuneleri sayesinde tüm fiziksel ve mühendislik özellikleri tayin edilebilmektedir [1-2].

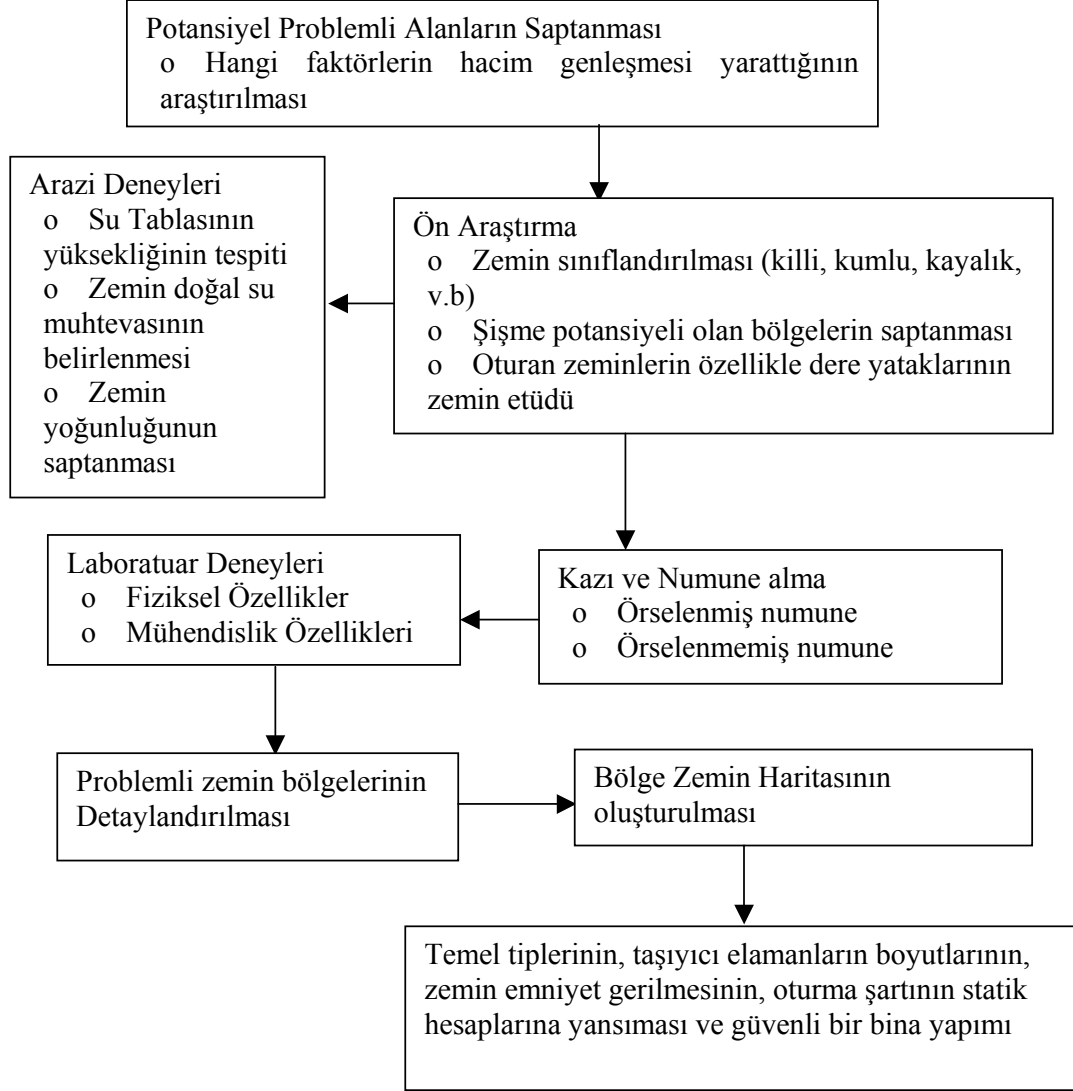
Zemin türüne göre müteahhit firmaları temel tipini seçebilmekte ve bina üzerinde oluşacak zemin gerilmeleri minimum düzeye çekilebilmektedir. Yukarıda sayılan nedenlerden dolayı zemin etüdünün yapılarda kullanılan demir donatı kadar hayati önemi olduğu olgusudur ve akademisyenlere düşen önemli bir görev ise halkımıza bu bilinci aşılammamız gerektiğidir. Eğer kişi ileride karşılaşacağı sorunları net bir şekilde algılasa zemin etüdünün bir ön maliyetinden kaçınılmasını önleyecek ve bunu müteahhit firmalarından kendisi talep edecektir.

İklim koşullarına ve içerdikleri mineral kombinasyonlarına bağlı olarak zeminler bazen şişip bazen büzülebilirler. Bu özellikleri binalarda kalıcı çatlaklara bazen ise yapının taşıma gücünü zayıflatıp zamanla oturmasına neden olmakta sonrasında ise binayı güçlendirmek ve oturmasını azamiye çekmek için milyarlarca para harcamak gerekmektedir. Yeni bulunan bir çok yöntemle önceden saptanması durumunda zemin bazı kimyasallarla güçlendirilmekte ve gerek şişme gerekse büzülme ve oturma değerleri sınırların içine çekilebilmektedir. Şişen zeminler özellikle zayıf binalarda, yollarda ve en önemlisi dolgu barajlarda çok ciddi bozulmalara neden olmakta ve bazen de yapıların tamamen yıkılmasına neden olabilmektedir. Şişen zeminlerden kaynaklanan ekonomik kayıplar genellikle $1000 \cdot 10^6$ \$'ı bulmaktadır, oysa öncesinde yapılacak zemin ıslahı yöntemleri ile bunu azamiye çekmek mümkündür. Özellikle deprem bölgelerinde yanal yüklerinde önem kazandığı düşünüldüğünde yapılar üzerinde artacak olan gerilmelere bir de zemin gerilmeleri eklendiğinde telafisi mümkün olamayacak maddi ve manevi kayıpların söz konusu olduğu görülebilir. Diğer bir sorunlu zemin türü de dispersif zemin türüdür. Dünyanın birçok ülkesinde dispersif killerle karşılaşmıştır. Bu tür killerin göletler, kanallar ve diğer hidrolik yapılarda içsel erozyona bağlı zararlı etkileri saptanmış ve bu tür zeminlerin ıslahı için değişik yöntemler bilimsel çalışmalarda yer almıştır [1-3].

Sorunlar genellikle yüksek toprak geçirgenliği, zemin çökmesi ve oturması (turba, bataklık), geçirimsiz tabakaların bulunmaması, düşük derinlikteki yeraltı sularının negatif bir (eğime) gradyana sahip olması (sızıntı) ve doğal su toplama havzaları (yeraltı sularının önemli akiferlere boşalması) olarak özetlenebilir. Genel olarak, doğal zeminin geçirimsizlik katsayısının $10 \cdot 10^{-6}$ cm/s'den düşük olması tercih edilir. Geçirimsiz zemin tabakaları, yer altı suyunun kirlenme riskini minimize eder. Özellikle kil tabakaları düşük geçirgenliğe sahiptir. Mineralojik yapılarından dolayı şişme potansiyeli yüksek ve çok yüksek dereceli olan killi katmanlar kuru halde veya çok düşük su muhtevalarında sağlam bir yapı görünümünde iken, su ile temasta büyük bir hacimsel ve kıvam değişimine uğrarlar. Zemin daneleri arasındaki bu güçlü bağsal yapı zamanla bozulmaya ve sonrasında doğal yapının bozulmasına neden olmaktadır. Zeminlerde oluşan yapısal değişiklik önemli mühendislik özelliklerini de etkilemekte ve hafif yükler altında şişme potansiyelinde, ağır yükler altında ise zemin oturma değerlerinde belirgin bir artışa neden olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı iyi bir zemin etüdünün yapılması gerekmektedir [1-3].

Arazi karakterizasyonu çalışması yürütmek hatta bunu zamana yayarak tüm bölgeleri içeren bir zemin haritası çıkarmanın önemini vurgulamak gerekir. Dünyada mevcut durumlar gözönünde bulundurularak Amerika Birleşik Devletlerinde (ABD) bir bilimsel çalışma başlatılmış ve her eyaleti kapsayacak şekilde zemin haritaları hazırlanıp halkın kullanımına sunulmuştur. Bu durumda bölge üniversitelerine çok büyük bir iş düşmektedir. ABD'de her eyalet üniversitesi bir çalışma gurubu kurarak gerek yüksek lisans gerekse mühendislik şirketleri ile koordineli bir şekilde çalışarak bunu yapmayı başarmıştır. Türkiyede de aslında böyle bir çalışma gurubu oluşturulabilir, TÜBİTAK ile ortak bir proje hazırlanıp öncelikli olarak riskli bölgeler üzerinde çalışmalar yapıp araştırmaların

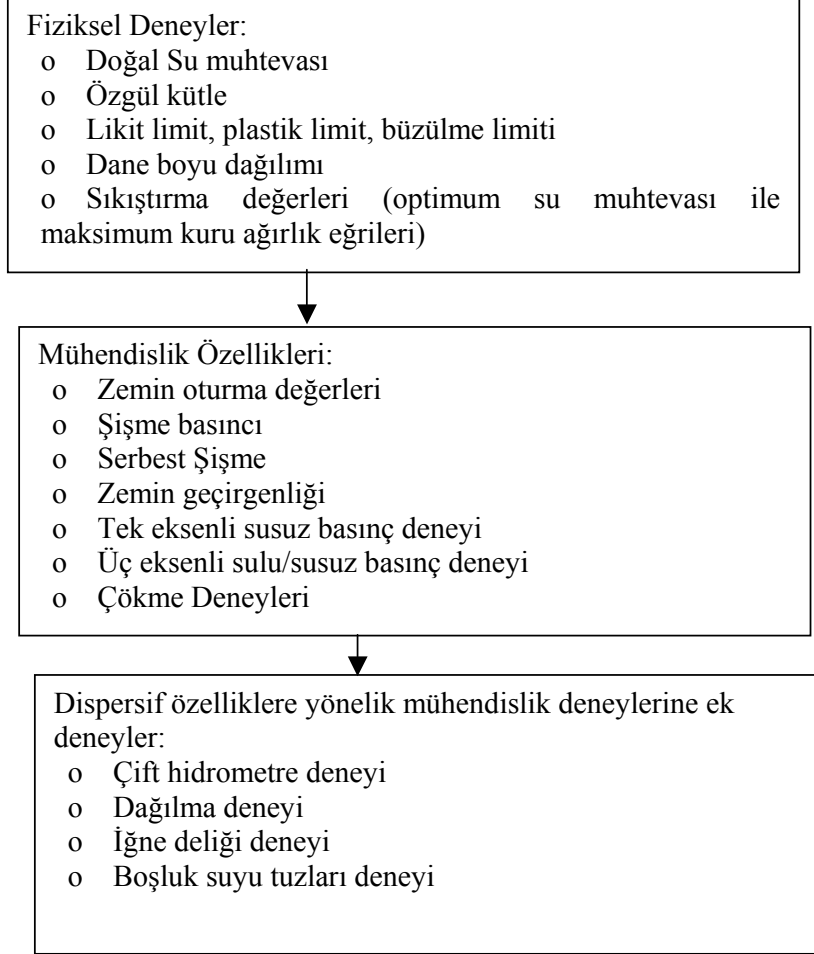
sonuçları alındıktan sonra ise geriye kalan bölgelerin zemin haritaları hazırlanıp halkımızın hizmetine sunulabilir. Şekil 1 de basit bir zemin haritasının nasıl hazırlanması gerektiği anlatılmaktadır. Şekil 2 de ise laboratuarlarda yapılması gereken fiziksel ve mühendislik özellikleri ve dispersif özelliklerini bulmaya yönelik mühendislik deneylerine ek deneyler hakkında kısa bilgiler bulunmaktadır. Bu deneylerin yapılması basit ve her zemin mekaniği laboratuvarında kolayca bulunabilececek ekipmanlardan seçilmiştir [2,3].



Şekil 1. Zemin haritasının oluşturulması şeması [3]

Bu çalışmada, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyetinin (KKTC'nin) değişik zemin özelliklerine sahip bölgelerinden alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde fiziksel ve mekanik deneyler yapılmış ve çıkan sonuçlara göre bölgede bulunan yapılarda oluşabilecek sorunlar araştırılmıştır. Bu bölgeler sırasıyla Değirmenlik, Gönyeli, Aslanköydür. Ayrıca KKTC'de bulunan değişik göletlerin yapımında kullanılan toprak numuneleri de alınıp dispersif özellikleri araştırılmıştır. Bu bölgeler ise sırasıyla Dağyolu,

Yılmazköy, Hamitköy, Gemikonağı ve Akdeniz dir. Sonuçlara göre Değirmenlik zeminin şişen basınç, serbest şişme ve şişme indisi değerlerine göre, şişen bir özellik gösterdiği bulunmuştur. Aslanköy zeminin ise çökme deneyleri sonucunda çökme özelliğinin fazlalığı dikkati çekmektedir. Gönyeli bölgesinde ise yollar üzerinde karşılaşılan çökme ve çatlamların bölge zeminin düşük plastisite özelliğinden kaynaklandığı sanılmaktadır. Akdeniz göleti toprak alım sahasının dispersif, Hamitköy ve Gemikonağı göletlerinin orta dispersif, Dağyolu ve Yılmazköy göletlerinin ise dispersif olmayan kil içermekte olduğu bulunmuştur.



Şekil 2. Laboratuarlarda yapılması gereken deneylerin özeti [1,2]

2. BULGULAR

İncelen fiziksel, mühendislik ve dispersif özellikler şekil 2’de belirtilenlerle benzerlik göstermektedir. Örselenmiş ve örselenmemiş numuneler yaklaşık 1.5 ile 2 metre derinliklerinden alınmış ve değişik deneyler yapılmıştır. Örselenmemiş numuneler 100 mm çapında 130 mm yüksekliğindeki galvaniz silindir kalıplar kullanılarak alınmış ve arazide doğal durumlarını kaybetmemesi için parafin koruyucuya daldırılmış ve bu şekilde laboratuara getirilmiştir. Bu proje sırasında Devlet Karayolları ve Devlet Su İşleri Müdürlüklerinden sondaj numuneleri alımı için yardım alınmış ve bölge zemin haritası hakkında önemli bulgulara ulaşılmıştır. Çizelge 1 de Değirmenlik, Aslanköy ve Gönyeli

bölgelerinin fiziksel özellikleri belirtilmiştir. Çizelge 2 de bu bölgelerin mühendislik özellikleri verilmiştir. Çizelge 3 de ise çökme sonuçları verilmiştir.

Çizelge 1. Değirmenlik, Aslanköy ve Gönyeli bölgelerinin fiziksel özellikleri

Özellikler	Değirmenlik		Aslanköy	Gönyeli
Derinlik (cm)	150	200	150	200
Doğal Su Muhtevası (%)	17.52	17.08	16.78	18.14
Özgül Ağırlık	2.69	2.70	2.67	2.73
Likit Limit (%)	41.5	39.4	40.1	37.4
Plastik Limit (%)	21.5	20.5	22.0	22.6
Büzülme Limiti (%)	18.0	18.5	21.2	20.6
Kum Muhtevası (%)	8.0	3.3	15.0	10.0
Silt Muhtevası (%)	67.0	68.4	54.0	62.9
Kil Muhtevası (%)	25.0	28.3	31.0	27.1
Maksimum Kuru Ağırlık, g/cm ³	1.75	1.82	1.80	1.82
Optimum Su Muhtevası (%)	19.11	15.23	15.35	15.50

Çizelge 2. Değirmenlik, Aslanköy ve Gönyeli bölgelerinin mühendislik özellikleri

Özellikler	Değirmenlik		Aslanköy	Gönyeli
Derinlik (cm)	150	200	150	200
Kompresibilite İndisi, C _c	0.35	0.23	0.28	0.26
Şişme İndisi, C _r	0.15	0.11	0.06	0.07
Serbest Şişme (%)	7.84	7.92	0.03	1.36
Şişme Basıncı (KPa)	168.00	198.00	0.15	4.00
Tek Eksenli Basınç Dayanımı, q _u (KPa)	144.60	78.78	195.95	193.57

Çizelge 3. Değirmenlik, Aslanköy ve Gönyeli bölgelerinin çökme sonuçları

Özellikler	Değirmenlik		Aslanköy	Gönyeli
Derinlik (cm)	150	200	150	200
Yükleme Basıncı (KPa)	196	196	196	196
Çökme (mm)	0.04	0.03	0.5	0.05
% Çökme	0.21	0.83	2.74	0.29

Dane boyu dağılımına göre zeminler ince daneli olarak sınıflandırılmışlardır. Hacim genişleme özelliklerinden dolayı fazla kil muhtevası içeren numunelerin aktiviteleri ve mineralojik yapılarında gözönünde bulundurulmasında fayda vardır. Aktivite değeri yüksek killer risk gurubundadırlar. Değirmenlik bölgesinin mineralojik yapısı düşünüldüğünde içerisinde yüksek miktarda şişme potansiyeline sahip olan kil gurubu bulunmaktadır. Bu tür zeminler değişik kimyasal karışımlarla bu özelliklerini sınır değerlerinin içine çekebilmemizi sağlamaktadırlar. Kireç yaygın olarak kullanılan kimyasalların başında gelmektedir. Böylece zararlı şişme potansiyeli düşürülmektedir. Likit limiti % 40'ın üstünde olan zeminlerde şişme potansiyeli çok yüksektir. Büzülme indisi % 12 in üstünde olan zeminlerde büzülme riski yok denecek kadar azdır. Fakat bu durumda da boşluk

yapısı incelenmesi gerekmektedir. Boşluk içinde bulunan serbest tuzlar suyla zamanla girdikleri reaksiyonlar sonrasında hacim genişlemelerine neden olabilmektedirler. Çizelge 4’te Chen ve Altmeyer’in sınıflandırılmasına bakılarak Değirmenlik, Aslanköy ve Gönyeli zeminlerinin şişme dereceleri mukayese edilmiştir. Çizelge 5’de gölet yapımında kullanılan zeminlerin fiziksel özellikleri, Çizelge 6’da ise dispersiyon deney sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4. Chen ve Altmeyer’a göre Değirmenlik, Aslanköy ve Gönyeli zeminlerinin şişme profili

Bölge	Derinlik (cm)	Kil oranına göre	Likit limite göre	Şişme basıncına göre	Büzülme indisine göre
Değirmenlik	150	Düşük	Yüksek	Orta	Kritik Değil
Değirmenlik	200	Düşük	Orta	Orta	Kritik Değil
Aslanköy	150	Düşük	Yüksek	Düşük	Kritik Değil
Gönyeli	200	Düşük	Orta	Düşük	Kritik Değil

Kireç ekleme, ön yükleme ve sıkıştırma metodları dünyada yaygın olarak kullanılan bilimsel yöntemlerdir. Bu yöntemlerin ana amacı yüksek şişme basıncını düşürmek ve ayrıca düzenli boşluk yapısının oluşumunu sağlamaktır. Ayrıca bazı durumlarda ağaçlandırma çalışmalarında şişme özellikleri üzerinde etkili olduğu saptanmıştır [3].

Çökme deneyleri incelendiğinde ise Aslanköy zeminin diğer 2 zemin türüne göre daha fazla çökme eğilimi gösterdiği görülmüştür. Bu tür zeminlerde kil ile kum muhtevası birlikte değerlendirilmelidir. Ayrıca düşük plastisite özelliği gösteren bu zeminler suyla reaksiyona girdiklerinde mekanik bağları zayıflamakta ve daha önce belirtildiği gibi binalarda çökmelere neden olabilmektedirler. Aslanköy zeminini en yüksek kil ve kum muhtevasına sahip olduğu için bu bölgede çökme riski diğerlerine göre daha fazladır. Bunu azaltmak için sıkıştırmanın çok iyi yapılması gerekmektedir. Buna ek olarak drenaj sisteminin çok iyi olması gerekmektedir. Çökme eğilimi gösteren zeminler kuru durumda iken kum tanecikleri arasında güçlü bir mekanik bağa sahipken ani bir suya maruz kaldığında bu bağ aniden bozulmakta ve ayrışmalara neden olmaktadır. Üzerinde bulunan yapılarda beklenmeyen oturmalar ve çatlamalara neden olmaktadır. Poliüretan dünyada yaygın olarak kullanılmasa da, gerek şişen gerekse çöken zeminlerin ıslahında uygulanan pahalı bir yoldur. Ayrıca erozyon kontrolünde de kullanılabilen bir yöntemdir. Dünyada yaygın olarak kullanılan yöntemlerin başında püskürtme gelir. Tespit edilen sorunlu zemine değişik kanallardan ya su yada kireç püskürtülür. Böylece, yapı inşaatından önce zemin suya doygun hale getirilerek hacim genişleme sorununu da ortadan kaldırmış olunur. Şekil 3’ te bu yöntem basitçe gösterilmektedir [7].



Şekil 3. Sorunlu zemine uygulanan püskürtme metodu

Çizelge 5. Gölet yapımında kullanılan zemin numunelerinin fiziksel özellikleri

Özellik	Dağyolu	Yılmazköy	Hamitköy	Gemikonağı	Akdeniz
Doğal Su Muhtevası (%)	12.0	4.8	8.7	14.5	3.6
Özgül Ağırlık	2.67	2.67	2.66	2.65	2.69
Likit Limit (%)	48	53	40	58	32
Plastik Limit (%)	22	28	24	31	20
Kum Muhtevası (%)	14	10	13	14	31
Silt Muhtevası (%)	51	56	55	49	41
Kil Muhtevası (%)	35	34	32	37	28
Maksimum Kuru Ağırlık, g/cm ³	1.70	1.66	1.76	1.58	1.93
Optimum Su Muhtevası (%)	18.5	20.5	17.1	23.9	14.8

Çizelge 6. Dispersiyon deney sonuçlarının değerlendirilmesi

Deneyler	Dağyolu	Yılmazköy	Hamitköy	Gemikonağı	Akdeniz
Dağılma Deneyi	Dispersif Değil	Dispersif Değil	Dispersif Değil	Dispersif Değil	Dispersif
Çift Hidrometre Deneyi	Orta Dispersif	Dispersif Değil	Dispersif	Dispersif	Dispersif
İğne Deliği Deneyi	Dispersif Değil	Dispersif Değil	Dispersif Değil	Dispersif Değil	Orta Dispersif
Boşluk suyu tuzları deneyi	Orta Dispersif	Orta Dispersif	Orta Dispersif	Orta Dispersif	Dispersif
Genel Karar	Dispersif Değil	Dispersif Değil	Orta Dispersif	Orta Dispersif	Dispersif

Dağılma deneyi sodyum sülfat solüsyonu içerisine daldırılan numunenin belirli bir zaman aralığında gösterdiği direnci ölçerek elde edilir. Sadece Akdeniz bölgesindeki gölet inşasında kullanılan zemin numunelerinde bu sorun saptanmıştır. İçsel erozyona bağlı olarak gelişen çatlaklar bu hidrolik yapılar üzerinde bozulmalara neden olmaktadır. Ancak yapılan uzun gözlemler sonucunda Akdeniz bölgesindeki gölette büyük çaplı bir sorun olduğu saptanmadı. Buda göstermektedir ki kullanılan dolgu malzemesi çok iyi bir şekilde sıkıştırılmıştır. Ayrıca çelik destek yapılarının da bunda bayağı etkisinin olduğu düşünülmektedir. Bölgede yaygın olarak bir ağaçlandırma yapılmış, doğal oluşan erozyonda böylece azamiye indirilmiştir. Kireç ekleme yine yaygın olarak kullanılacak bir yöntemdir. Dağyolu, Hamitköy ve Akdeniz zeminleri düşük plastisiteli olup likit limitleri % 50'nin altındadır. Diğer 2 zemin ise yüksek plastisiteye sahip olup likit limitleri % 50'nin üzerindedir. Bu iki zemin şişme bakımından da sorun teşkil etmektedir. İğne deliği deneyi erozyon mekanizmasını küçük ölçekte de olsa deneysel olarak yapabilmemize olanak sağladığından güvenilir bir yöntemdir. Bu sonuçlara göre bilimsel olarak dispersif özellikler kolayca temin edilebilmektedir. Dispersif sorunu saptanmış

bölgelerde inşa öncesi bazı kimyasallar katılarak zemin ıslahı sağlanabilmektedir. Jips, alüminyum sülfat ve kireç yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir [1,8].

2.1. Sorunlu Zeminlerden Kayıplar, Örnekler ve Bilimsel Veriler:

Daha önce belirtildiği gibi sorunlu zeminler önceden tespit edildiği takdirde maddi ve manevi kayıplar en aza indirilebilir. Çizelge 7 de şişen zeminlerden dolayı oluşan maddi kayıplar özetlenmiştir. Şekil 4-7' da şişen zeminlerin yarattığı daha önceden bahsedilen sorunlar yer almaktadır [1-4].

Çizelge 7. Şişen zeminlerin yaratmış olduğu maddi kayıplar [5]

İnşa kategorisi	Yıllık maddi kayıp (milyon dolar)
Tek katlı evler	300
Ticari binalar	360
Çok katlı binalar	80
Kaldırımlar, park alanları, yürüme yolları	110
Otobanlar, caddeler	1140
Yeraltı yapıları ve bağlantıları	100
Havayolları	40
Kırsal bölgeler	25
Diğer	100

Şişme potansiyeli yüksek, oturma/çökme sorunu olan bölgelerde dünyaca kabul gören yöntemleri uygulamak gereklidir. Yukarıda belirtilmiş çizelge'de ekonomik kayıplar göz önünde tutularak başta zemin etüdü yapılmalı ve sonrasında uygun zemin ıslahı metodu seçilmelidir. Yapılarda oluşması muhtemel hasarlar şekillerde özet olarak gösterilmiş ve bu sorunların tespiti için yapılması gereken zaruri deneyler çizelgelerde özetlenmiştir. Görüldüğü gibi zemin etüdü o kadarda korkulacak kadar zor değil aksine sonrasında oluşacak hasarlardaki maddi ve manevi kayıpların telafisinin olamayacağı gayet açıktır [3].



Şekil 4. Şişen bir zeminden kaynaklanan garaj yolu çatlakları



Şekil 5. Kolon üzerinde oluşan şişen bir zemin sorunu



Şekil 6. Duvarda şişen zemin ve gerilmelerinden oluşan çatlaklar



Şekil 7. Zemin gerilmesinden/şişmesinden kaynaklanan bina oturmasına bir örnek

Şişme potansiyelini ayırt etmek laboratuvarında yapılmış deneylerden sonra fazla bir bilgi birikimine gerek duyulmadan herkesin kolayca saptayabileceği özet tabloların yardımıyla mümkün olabilmektedir. Çizelge 8-9' da bu tablolara yer verilmektedir.

Çizelge 8. Chen'e göre şişme potansiyeli [3]

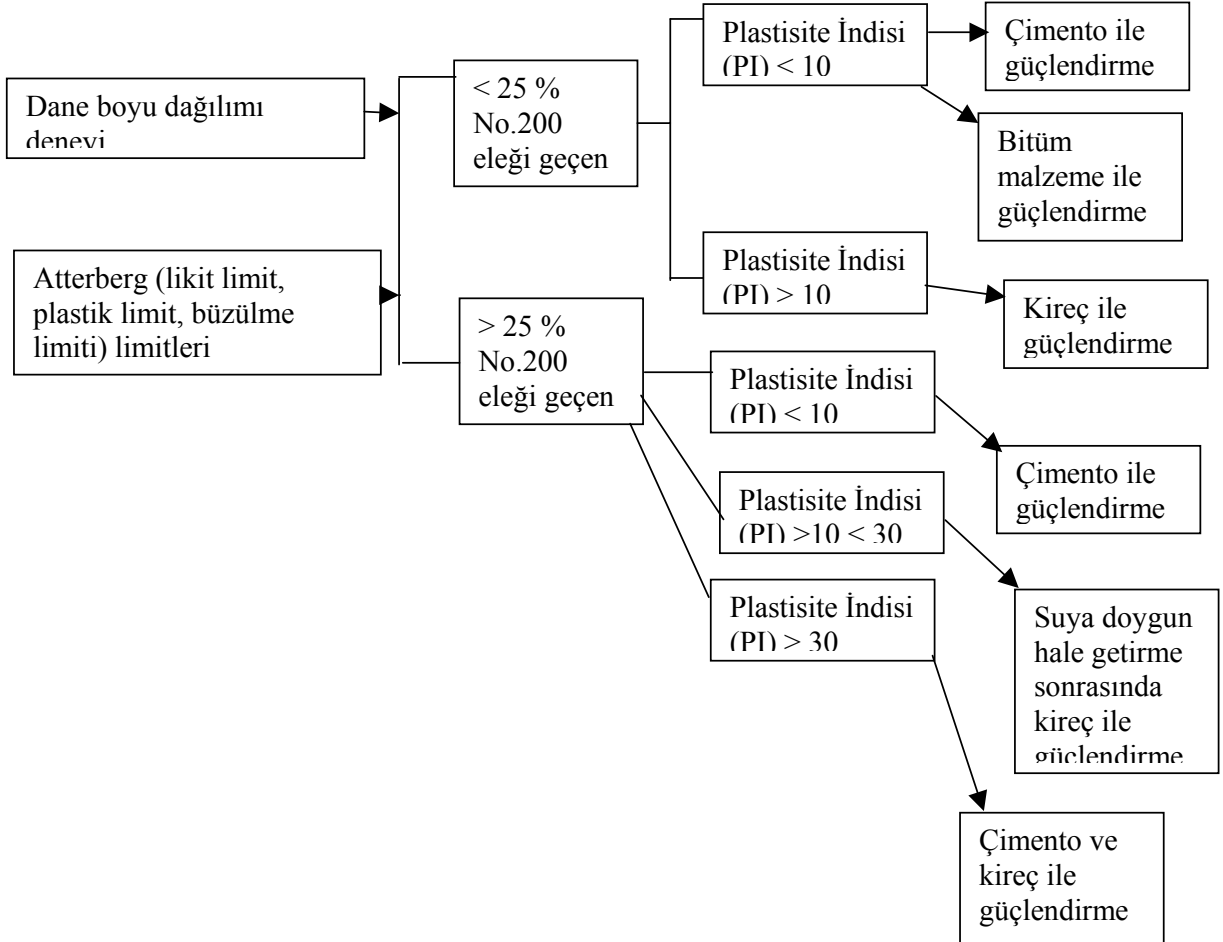
Kil muhtevası (%)	Likit limit (%)	Şişme Basıncı (KPa)	Şişme potansiyeli
> 95	> 60	> 1000	Çok yüksek
60-95	40-60	250-1000	Yüksek
32-60	30-40	150-250	Orta
< 32	< 30	< 50	Düşük

Çizelge 9. Altmeyer'a göre şişme potansiyeli [4]

Büzülme limiti (%)	Şişme potansiyeli
> 12	Kiritik değil
10-12	Orta
< 10	kiritik

3. ÖNERİLER:

Sorunlu zeminlerle karşılaşıldığında hangi metodu kullanarak zemin ıslahı yapılması gerektiği yapılan bilimsel çalışmalarla **Şekil 8**'de özetlenmiştir [7].



Şekil 8. Dünyada kabul görmüş zemin ıslahı yöntemleri

4. SONUÇLAR

Yapılan fiziksel, mekanik ve dispersiyon deneyleri sonucunda aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

- o Değirmenlik bölgesinin şişme potansiyelinin yüksek olduğu ve bölge yapılarında çatlaklar ve oturmaların tespit edildiği, ayrıca iklim koşullarına bağlı olarak bölge yapısının değiştiği saptanmıştır.
- o Aslanköy zeminin düşük basınçlar altında bile çökme eğilimi gösterdiğinin ve yollarda sürekli deformasyonlara ve evlerde ise küçük çaplı kaymalara neden olduğunun saptanmasıdır.
- o Gönyeli bölgesinde önemsenecek pek ciddi hasarlar olmamasına karşın yollarda şişmeden kaynaklandığı düşünülen çatlaklar tespit edilmiştir. Ancak zemin değerleri incelendiğinde sınır üzerinde bir parametreye ulaşamamıştır. Buda bölge zeminin daha detaylı araştırılması gerektiğinin bir göstergesidir. Daha derinden numune alınıp su tablasının zemin üzerine yarattığı etki araştırılmalıdır.
- o Sadece Akdeniz bölgesindeki gölet inşasında kullanılan zemin numunelerinde dispersif kil özelliği taşıyan zemin saptanmıştır. Ancak yapılan uzun çalışmalar sonucunda bölge göletinde sorun saptanmamıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Uygur, E. 1999, "An Investigation on Internal Erosion Characteristics of Various Earth Dams in Turkish Republic of Northern Cyprus", MS Thesis, Eastern Mediterranean University, Civil Engineering Department, TRNC.
- [2] Aydın, E. 1999, "A preliminary Investigation of Some Selected Soils Causing Geotechnical Problems on Highways of TRNC", MS Thesis, Eastern Mediterranean University, Civil Engineering Department, TRNC.
- [3] Chen, F.H. 1988, "Foundations on Expansive Soils", Development in Geotechnical Engineering, No. 12, Elsevier, Amsterdam, 280 pp.
- [4] Altmeyer, W.T. 1955, "Discussion of Engineering Properties of Expansive Clays", Proc. ASCE Journal of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 1, pp. 531-533.
- [5] Jones, D. E J., and Holtz, W. G, 1973, "Expansive Soils – The Hidden Disaster", Civil Engineering, Aug., Vol. 43, Nov. 8.
- [6] Nelson, J.D ve Miller, D.J, 1992, "Expansive Soils: Problems and Practice in Foundation and Pavement Engineering", John Wiley and Sons, Inc, pp. 259.
- [7] Aydın, E. 2000, "A Laboratory Investigation on Collapsible Soils", Advances in Civil Engineering, 4th International Congress, Vol.2, pp. 827-834.
- [8] Uygur, E. 2000, "An Investigation internal Erosion Characteristics of Various Earth Dams in Turkish Republic of Northern Cyprus", Advances in Civil Engineering, 4th International Congress, Vol.2, pp. 835-844.