



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Kırıkkale ili Çelebi ilçesi Karabucak köyünde yapılar da oluş an deformasyonların zemin malzeme parametreleriyle incelenmesi

Kırıkkale province Çelebi district Karabucak village deformations in structures investigation with soil material parameters

Yazar(lar) (Author(s)): Bünyamin ÜNAL¹, Osman ŞİMŞEK², Muhammed Talha ÜNAL³

ORCID¹: 0000-0002-4274-007x

ORCID²: 0000-0003-3842-5541

ORCID³: 0000-0001-6971-5838

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Ünal B., Şimşek O. ve Ünal M. T., “Kırıkkale ili Çelebi ilçesi Karabucak köyünde yapılar da oluş an deformasyonların zemin malzeme parametreleriyle incelenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 24(4):1511-1524,(2021).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.716948

Kırıkkale İli Çelebi İlçesi Karabucak Köyünde Yapılarda Oluşan Deformasyonların Zemin Malzeme Parametreleriyle İncelenmesi

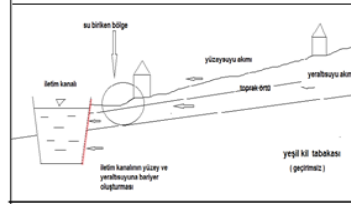
Kırıkkale Province Çelebi District Karabucak Village Deformations in Structures Investigation With Soil Material Parameters

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Hidroelektrik Enerji Santraline ait iletim kanalının inşa edilmiştir./ The transmission channel of the Hydroelectric Power Plant was built
- ❖ Bu bölgedeki binalar plastik özellikteki zemin nedeniyle duraylılığını kaybetmiştir./ The buildings in this region have lost their stability due to the plastic floor.

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Arazi koşullarında zemin laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Bununla birlikte, zemini tanımlayan deneyler yapılarak yapılarda oluşan deformasyonların mekanizması analiz edilmiştir. / Soil laboratory experiments were performed in accordance with the land conditions. In addition, the mechanism of deformations occurring in the structures was analyzed by conducting experiments defining the ground.



Şekil. Karabucak köyü ve İletim kanalı arasındaki jeolojik-hidrojeolojik kesit / **Figure.** Geological-hydrogeological section between Karabucak village and transmission channel.

Amaç (Aim)

Suya doymun ince taneli zeminlerin drenaj koşulları gerçekleşmediğinde temel mühendisliği kriterlerine uymayan yapılarda meydana getirdiği deformasyonların anlaşılması amaçlanmıştır./ It is aimed to understand the deformations caused by water-filled fine-grained soils in structures that do not meet the basic engineering criteria when the drainage conditions are not realized.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Arazi koşullarına uygun laboratuvar çalışmaları tasarlandı ve buna uygun laboratuvar çalışmaları uygulandı. / Laboratory studies were designed in accordance with the field conditions and laboratory studies were performed accordingly.

Özgünlük (Originality)

Bu çalışmada daha çok Kızılırmak nehri havazındaki hafif yapılarda meydana gelen deformasyonlar incelenmiştir. / In this study, deformations occurring in light structures in Kızılırmak river basin were investigated.

Bulgular (Findings)

İnce taneli zeminlerde drenaj koşulları gerçekleştirilmemiştir ve bölgedeki hafif yapılar temel mühendislik kriterlerine uygun olarak inşa edilmemiştir. Zeminlerde meydana gelen fiziksel değişiklikler yapıların duraylılığını doğrudan etkilemiştir. Drainage conditions were not realized on fine grained soils and light structures in the region were not built in accordance with the basic engineering criteria. Physical changes in the floors directly affected the stability of the structures.

Sonuç (Conclusion)

Jeolojik yapıdan ve su zemin ilişkisinden meydana gelen etkiler, mevcut binalar üzerinde duraysızlığa sebep olan deformasyonlar meydana getirmiştir./ The negativities arising from the geological structure, the effects caused by precipitation and drainage conditions, caused deformations causing instability on the ground and the buildings above it.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Kırıkkale İli Çelebi İlçesi Karabucak Köyünde Yapılarda Oluşan Deformasyonların Zemin Malzeme Parametreleriyle İncelenmesi

Araştırma Makalesi/Research Article

Bünyamin ÜNAL^{1*}, Osman ŞİMŞEK², Muhammed Talha ÜNAL²

¹Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

²Teknoloji Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 09.04.2020 ; Kabul/Accepted : 10.07.2020 ; Erken Görünüm/Early View : 16.07.2020)

ÖZ

Kızılırmak Nehrinin düşük hidrolik eğimi nedeniyle su akış hızı yavaştır. Bu sebepten kaynaklı daha çok ince taneli malzemelerin taşınmış ve depolanmıştır. Temel kayanın daha alt kotlarda olması nedeniyle Kızılırmak Nehri yakınındaki yapı temelleri de daha çok ince taneli malzeme üzerine inşa edilmiştir. Çoğunlukla Temel Mühendisliği kriterlerine göre inşa edilmeyen yapı temelleri, yağışlar ve nehir yatağının feyzanı vs. gibi olaylarda aşırı miktarda su etkisine maruz kalması durumunda bu temeller, katı-rijit bir davranış gösterememektedir. Drenaj koşullarının da sağlanamaması durumunda olumsuzluk daha da artmaktadır. Bu durumda suya doygun ince taneli temel malzemesi daha çok plastik davranış göstermektedir. Plastik davranış nedeniyle yapı temel ve duvarları ilksel özelliğini kaybederek çatlaklara, ayrışmalara ve daha sonra da deformasyonlara sebep olur. Bu çalışmada, Kızılırmak nehri yakınındaki Karabucak köyündeki yapılarda oluşan deformasyonlar, laboratuvarında zemin malzeme parametreleri ve drenaj koşulları araştırılarak açıklanmaya çalışılmıştır. İnce taneli kohezyonlu malzemelerin su ile etkileşimi ve drenaj koşullarının sağlanamaması durumunda likit limitin %50'yi aştığı durumlarda boşluksuyu basıncının arttığı, likit limitin %60'ı ve plastisite indisinin %20 yi aştığı durumlarda ise şişme ve sıkışma potansiyelinin arttığı gözlemlenmiştir. Artan şişme basınçları ile %13'e kadar artan hacim değişikliği nedeniyle bu tip yapılarda yüksek oranda hasar meydana geldiği gözlemlenmiştir. Aynı şekilde kesme dayanımı anlamında 20 kpa değerinin altındaki kohezyon ve 30° altındaki içsel sürtünme açısı durumlarında da duraylılık kaybı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kızılırmak, Karabucak köyü, zeminlerde deformasyonlar.

Kırıkkale Province Çelebi District Karabucak Village Deformations in Structures Investigation with Soil Material Parameters

ABSTRACT

Due to the low hydraulic slope of the Kızılırmak River, the water flow rate is slow. For this reason, mostly fine-grained materials are transported and stored. Since the foundation rock is at lower altitudes, the building foundations near Kızılırmak River are mostly built on fine-grained material. Structural foundations that are not constructed mostly according to the Basic Engineering criteria, cannot exhibit solid-rigid behavior if exposed to excessive water effects in events such as precipitations and riverbed flood. If the drainage conditions are not provided, the negativity increases even more. In this case, the fine-grained base material saturated with water shows more plastic behavior. Due to the plastic behavior, the building's foundation and walls lose their primary feature and are caused to cracks, decomposition and then deformations. In this study, soil material parameters and drainage conditions are tried to be explained in laboratory conditions for the deformations on the structures in the village of Karabucak near the Kızılırmak river. In case of interaction of fine-grained cohesion materials with water and drainage conditions are not met, it was observed that the pore pressure increased when the liquid limit exceeded 50%. In cases where the liquid limit exceeds 60% and the plasticity index exceeds 20%, the potential for swelling and compression increases. It has been observed that a high rate of damage occurs in these types of structures due to increasing volume changes up to 13% with increasing swelling pressures. Similarly, in terms of shear strength, it has been determined that there is a loss of stability in cohesion below 20 kpa and internal friction angle below 30

Keywords: Kızılırmak, Karabucak village, deformations on the ground.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kızılırmak Nehri Türkiye topraklarından doğarak yine, Türkiye topraklarından denize dökülen en uzun

akarsudur. Uzunluğu 1.355 km'dir. Türkiye toplam alanının 1/10' unu drene eder. Havza alanı 78.180 km² dir [1]. Sivas doğusundan kaynağını alan nehir, İç Anadolu Bölgesi'nin platoları içerisinde geniş bir yay çizdikten sonra kuzeye yönelir ve Karadeniz'e dökülür. Nehrin izlediği bu yol neotektonik dönemde oluşmuş aktif fay kuşakları tarafından çizilmiştir [2].

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : b.unal.64@gmail.com

Kil ve silt gibi ince taneli zeminler, iri taneli zeminlerin aksine ortamda suyun varlığına bağlı olarak şişme veya büzülme eğilimi gösterdikleri için, mühendislik açısından, genellikle sorunlu malzemeler olarak bilinmektedir. Ayrıca ince taneli zeminlerin belirli bir yük altında sıkışma süreçlerinin uzun zaman alması, yapının inşası ile başlayan oturma süreçlerinin önceden analiz edilmesini zorunlu kılmaktadır [3]. Killer, yapı itibarıyla su tutabilen bir yapıya sahiptir. Killerin bir kısmı suyla karşılaştıklarında suyu üzerlerinde tutarlar (bünyelerine alırlar), dolayısıyla hacimleri artar. Kilin özelliklerine göre içlerinde su tutma miktarları farklıdır. Bahsettiğim bu killerin hacimleri su ile karşılaşmadıkları müddetçe değişmez ve sorun çıkarmaz. Şişen killerin su alma kapasitesi ne kadar büyükse hacimleri de o derece fazla artar. Hacim ne kadar artarsa da etrafındaki malzemelere o denli büyük şişme basıncı uygularlar [4]. Yeraltı su seviyesi altındaki temellerde, depremde tasarım sürtünme direnci zeminin drenajsız kayma dayanımı esas alınarak hesaplanmalıdır [5] Yüzeysel temeller, yumuşak kil birimler üzerine inşaa edildiğinde düşük taşıma gücü ve büyük oturma değerleri vermektedir. Gevsek veya yumuşak zemin koşullarında yapılaşma, genelde uygun bir zemin iyileştirme tekniği kullanmadan mümkün olmamaktadır. Yumuşak kil davranışı, zayıf olan yumuşak kil zeminin yerine sıkıştırılmış granüler dolgu yerleştirilmesi ile kısmen yada tamamen geliştirilebilir [6] Aşırı oturmaların yapısal olumsuzlukların yanısıra yapı kullanımında aksamalara yol açması beklenebilir [7]. Yumuşak kil ve silt formasyonlarında düşük taşıma gücü ve yüksek oturma beklenir [8].

Bu çalışma ile Kızılırmak Nehrinin drenaj alanından taşıdığı ince taneli malzemenin daha çok şeyl, jips, çamurtaşı, kiltası kökenli olduğu, bu nedenle de su ile etkileşimde eriyebilen, şişebilen özellikte olduğu görülmüştür. Anadolunun doğu kesimlerinden doğarak iç kesimlere oradan da kuzeye yönelerek Karadenize dökülen Kızılırmak Nehrinin, milyonlarca yılda taşıdığı ince taneli malzeme, düşük hidrolik eğim ve yayvan topoğrafyanın hakim olduğu geniş alanlarda kalın istifler halinde çökelmiştir. Kızılırmak Nehri boyunca izlenen bu özellik, ana kaya üzerine oturamayan sığ

temelli yapılarda kısa ve orta sürede yapılarda ciddi duraylılık problemlerine yol açtığı görülmüştür.

Karabucak köyü Kırıkkale İline 45 km, Çelebi İlçesine ise 13 km uzaklıktadır (Şekil 1). Kızılırmak Nehri Karabucak köyü yakınından geçmektedir Kızılırmak Nehrinin hidroelektrik enerji potansiyelinden faydalanmak üzere 16 adet hidroelektrik enerji santrali (HES) inşa edilmiştir. Bu kapsamda, bir hidroelektrik enerji santral projesine ait iletim kanalı, Karabucak köyü ile Kızılırmak Nehri arasına yerleştirilmiştir (Şekil 2).

İletim kanalının inşa edilmesinden sonra Karabucak köyündeki binaların duvarları ve temellerinde deformasyonların olduğu şikayetlerinin gündeme gelmesi ile yerinde incelemeler yapıldıktan sonra kepçe ile örülen zemin örnekleri alınarak, laboratuvarında testler yapılmıştır

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

2.1 Binalarda Oluşan Deformasyonlar (Deformations In Buildings)

Temellerin duraylılığı, büyük ölçüde inşa edilecekleri zemin koşullarına bağlıdır. Bazı zeminler sert, bazıları yumuşaktır. İnce taneli ve sert zeminler ıslanınca yumuşayabilir, bir kısmı şişer ve yüzeysel temelleri kaldırabilir, bazıları ise ıslanma etkisiyle oturma meydana getirebilir. İyi temel tasarımı tüm olumsuz koşul ve değişimlerde kendisinden beklenen fonksiyonu yerine getirecek şekilde yapılan tasarımdır. Önemli bir yapının temel sisteminin tasarımında yapılan hatalar veya yanlış uygulamalar günün birinde bir şekilde ortaya çıkabilir. Bir yapı ve temeli çeşitli afetlere karşın başarıyla ayakta durabiliyorsa, ancak o zaman başarılı bir tasarım ve uygulama yapıldığı düşünülebilir [9].

İletim kanalının inşa edilmesinden sonra Karabucak köyünün alt ve üst kotlarında birçok binanın temel ve duvarlarında çatlaklar meydana gelmiştir. İletim kanalının yakınındaki binaların iç ve dış kısımlarında yapılan incelemelerde; binaların taban ve duvarlarında çatlaklar izlenmiştir. Çatlaklar nedeniyle oluşan deformasyonların hareket yönünün İletim kanalına doğru olduğu gözlenmiştir (Şekil 3, 4).



Şekil 1. İnceleme alanı ve çevresinin haritası (Map of the study area and its surroundings).

2.2. Araştırma Çukurlarına Ait Çalışmalar (Studies of The Research Pits)

Karabucak köyü içerisinde 1 adet (AÇ-1), HES iletim kanalı yakınında ise 2 adet (AÇ-2 ve 3) olmak üzere toplam 3 adet araştırma çukuru kepçe ile açılmıştır. Her 3 araştırma çukurundan laboratuvar testleri yapmak üzere örselenmiş zemin örnekleri alınmıştır (Şekil 5, 6).

3 adet araştırma çukuruna ait bilgiler Çizelge-1'de verilmektedir.

Çizelge 1. Karabucak köyü içerisinde ve İletim kanalı boyunca açılan araştırma çukurlarına ait bilgiler (Information on the research pits opened in Karabucak village and along the transmission channel).

	AÇ-1	AÇ-2	AÇ-3
Km	9+600	9+600	9+500
X koordinatı	4380501. 40	4380502. 88	4380417. 36
Y koordinatı	793628. 50	7936036. 88	793564. 20
Araştırma çukuru yüzey kotu (m)	744.93	741.80	741.60
Araştırma çukuru taban kotu (m)	742.99	739.70	738.70
Açılan derinlik (m)	1.93	2.10	2.90



Şekil 2. İnceleme alanı ve çevresi Google Earth görüntüsü (Google Earth map of the review area and its surroundings).

2.2.2 AÇ-2 no'lu araştırma çukuru (AÇ-2 research pit)
İletim kanalı yakınındaki ulaşım yolu ile Karabucak köyü arasında km 9+600 metrede ve 2.10 metre derinliğinde açılmıştır. Yapılan yüzeysel gözlemlerde AÇ-2 no'lu araştırma çukurunun yüzeye yakın üst kısımlarının kuru olduğu ve alt kısımlarda zeminin ıslak olduğu gözlenmiştir. Derinliği yaklaşık 1.75 metre olan bu üst kesimdeki toprak örtününün az miktarda silt, daha çok kil boyutu malzemesinden oluştuğu gözlenmiştir. Bu kesimdeki örselenmiş zemin örneklerinin su içeriğinin artmasına bağlı olarak el ile sıkılaştırılınca şekil aldığı ve plastik özelliğe olduğu görülmüştür. 1.75 metreden sonra 2.10 metre çukur tabanına kadar olan kısımda ise, yeşil renkli geçirimsiz kilaşı seviyesi görülmüştür. Yeşil kilaşı sert, sıkı dokulu, ince yapraklı yapılı ve su içeriği yönünden yüksektir. (Şekil 5, 6)

2.2.3 AÇ-3 no'lu araştırma çukuru (AÇ-1 research pit)
İletim kanalı yakınındaki, ulaşım yolu ile Karabucak köyü arasında, km 9+500 metrede ve 2.93 metre derinliğinde açılmıştır. Yapılan yüzeysel gözlemlerde AÇ-3 no'lu araştırma çukurunun yüzeye yakın üst kısımlarının kuru olduğu ve alt kısımlarda zeminin daha ıslak olduğu gözlenmiştir. Derinliği yaklaşık 1.80 metre olan bu üst kesimdeki toprak örtününün az miktarda silt, daha çok kil boyutunda olduğu gözlenmiştir. 1.80 metreden sonra, kuyu tabanına kadar yeşil renkli geçirimsiz kilaşı seviyesi görülmüştür. AÇ-3 no'lu araştırma çukurunun yüzeyden 1.80 metreye kadar olan kesiminden alınan örselenmiş zemin örnekleri için AÇ-3A, bu seviyeden tabana kadar yeşil renkli kilaşları için alınan zemin örnekleri için AÇ-3B adlaması kullanılmıştır.

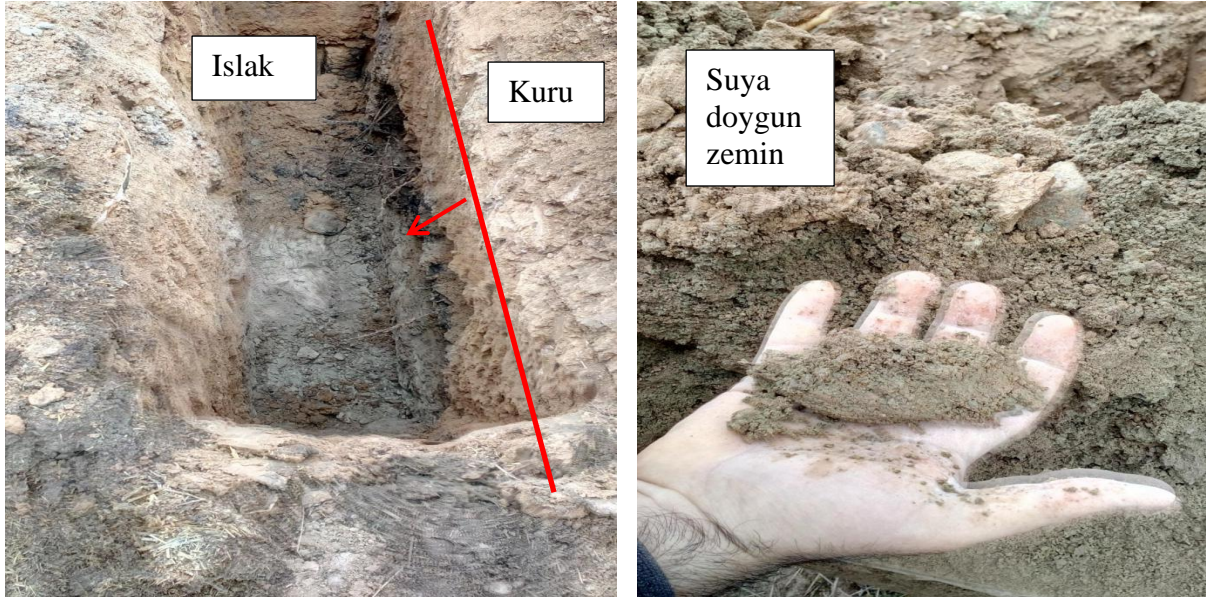


Şekil 3 ve 4. İletim kanalının yakınında bulunan binaların iç ve dış kısımlarında temel ve duvarlarda iletim kanalına doğru izlenen hareketler (Movements tracked towards the transmission channel on foundations and walls inside and outside the buildings near the transmission channel).

2.3 Jeolojik Durum (Geological Situation)

Karabucak köyü, HES İletim kanalı ve civarında yüzeysel gözlemler ve açılan araştırma çukurlarından jeolojik ve hidrojeolojik veriler elde edilmiştir. Buna göre, temel kaya olarak Üst Miyosen yaşlı Kızıllırmak formasyonuna ait yeşil renkli geçirimsiz kilaşı tabakası izlenmektedir (1.8-3.0 metreler arası). Daha üst kesimde ise (0.00-1.80 metreler arası) Kızıllırmak formasyonuna ait jips, çamurtaşı ve şeyl, kilaşı ve kumtaşı birimlerinin fiziksel olarak ayrışmasından ve daha sonra

taşınmasından oluşan yer yer beyaz- krem - yeşil-kahverenkli, değişik boylanmalı, mercek şeklinde ve gevşek-orta sıkılıkta, matriks veya taneli yapıda toprak örtü bulunmaktadır. Karabucak köyü, Kızıllırmak Nehrinden kot olarak ortalama 30 m yukarıdadır. Bu nedenle yüzey ve yeraltıları akım yönü Karabucak köyünden Kızıllırmak yönüne doğrudur (Karabucak köyü ile İletim kanalı arasındaki Jeolojik-Hidrojeolojik ilişki Şekil-7'de verilmektedir).



Şekil 5 ve 6. Araştırma çukurlarında alt kotlara doğru toprak örtünün su içeriğinin arttığı ve suya doymun hale dönüştüğü gözlenmiştir. Bazı bina temellerinin ana kayaya oturmaması nedeniyle buradaki plastik hale gelen killer duraylılık problemlerine neden olmuştur (In the research pits, it has been observed that the water content of the ground cover increases towards the lower elevations and becomes saturated with water. Due to the fact that some building foundations did not sit on the bedrock, the plastic clays here caused stability problems).

Yapılan incelemelerde Karabucak köyünün bulunduğu üst kotlardan, iletim kanalının bulunduğu daha alt kotlara doğru bir yüzeysuyu ve yeraltısuyu (YAS) akımının varlığı izlenmiştir. Bu yüzey ve yeraltısuyu akımı iletim kanalına kadar ulaşmaktadır. Ancak, iletim kanalının su akımlarına karşı geçirimsiz bir bariyer oluşturması nedeniyle bu sular, iletim kanalı ve çevresinde geçirimsiz yeşil kil tabakası-toprak örtü kontakta (özellikle Km 9+400 ile Km 9+600 arasındaki bölgede) birikmiştir. Bu bölgede toplanan yeraltısuyu, gevşek-orta sıkı yapılı toprak örtünün porozite ve permeabilite özelliği nedeniyle iletim kanalının Km 9+200 ve Km 9+980 arasına kadar sızmaktadır (Şekil 7,8,9,10).

Yeraltısuyunun yükselmesi ve suya doymun toprak örtünün de plastik bir hale gelmesi nedeniyle, temeli ana kayaya oturmayan (askıda toprak örtü üzerindeki) bir çok binada önce ince çatlaklar meydana gelmiştir. Daha sonra yağışlı mevsimin de etkisiyle toprak örtü içerisindeki su miktarının artması ile birlikte (ince taneli zeminin suya doymun hale gelmesi ile) binalarda çatlaklar daha da büyüyerek açılmalar meydana gelmiştir (Şekil 7,8,9,10). Bununla birlikte su emme, şişme ve kabarma özelliği olan zemin malzeme, yetersiz drenaja bağlı iletim kanalının oluşturduğu bariyer nedeniyle yüzeyde su birikmesi ve göllenmeye neden olmuştur (Şekil 7, 8, 9, 10, Çizelge 2,3).

İletim kanalı geçirimsiz yeşil renkli kiltası seviyesi üzerine oturmaktadır. İletim kanalı Karabucak köyünden gelerek Kızılırmak Nehrine boşalım gösteren yüzey ve yeraltısuyu akımına karşı bir bariyer olmaktadır. İletim

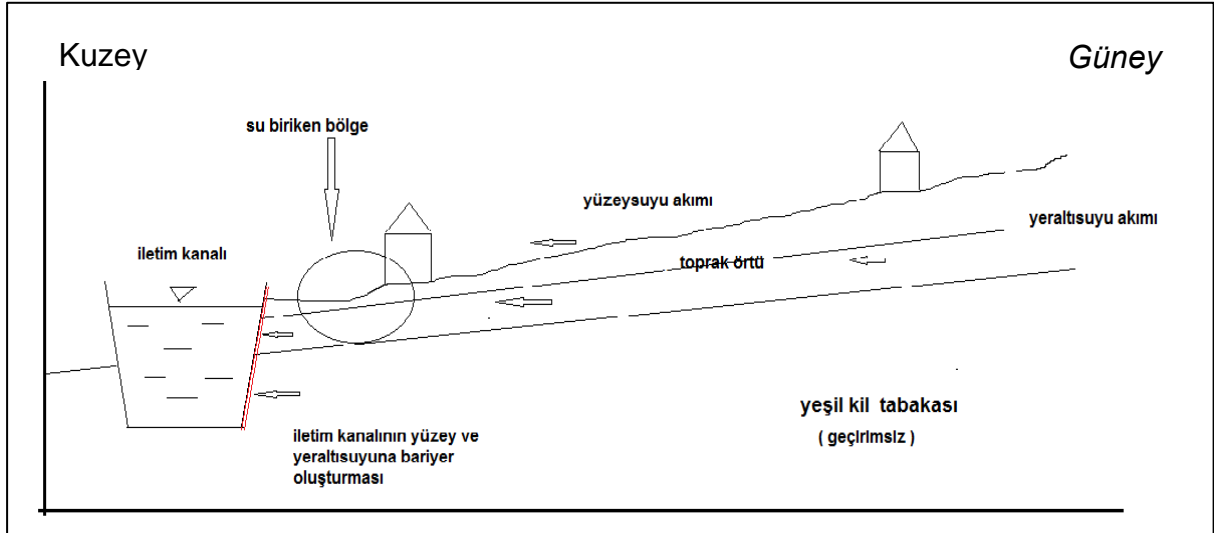
kanalı taban ve yan kısımlarında olması gerekli filtre malzemesi ve drenaj borularının da yeterli işleve sahip olmaması nedeniyle Kızılırmak Nehir yatağına ulaşamayan yüzey ve yeraltısuları, İletim kanalı boyunca birikmekte ve binaların altına doğru sızmaktadır.

2.4 Laboratuvar İncelemeleri (Laboratory Reviews)

3 adet araştırma çukurundan alınan örselenmiş zemin örnekleri DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Daire Başkanlığı (TAKK) Laboratuvarlarına gönderilmiştir. Bu zemin örneklerine;

- Zemin sınıflama deneyleri,
- Likit limitin çarpmalı cihaz ile tayini,
- Plastik limitin tayini ve plastisite indisinin bulunması,
- Tane büyüklüğü dağılımının belirlenmesi,
- Tane yoğunluğunun belirlenmesi,
- Zeminde kuru birim ağırlık-su içeriği bağıntısının standart proktor deneyi ile tespit edilmesi,
- Tek yönlü konsolidasyon özelliklerinin tayini,
- Suya doymun zeminlerde konsolidasyonlu drenajsız (CU) tipli üç eksenli basınç deneyi,
- Şişme yüzdesinin tayini ve
- Şişme basıncının tayini deneyleri yapılmıştır.

Çizelge 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10' da verilen fiziksel ve mekanik deney sonuçları ile abaklar değerlendirildiğinde örselenmiş zemin örnekleri için aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır :



Şekil 7. Karabucak köyü ve İletim kanalı arasındaki jeolojik-hidrojeolojik kesit (Geological-hydrogeological section between Karabucak village and Transmission channel).

2.4.1 Örneklerin tane büyüklüğü dağılımı ve zemin sınıflaması yönünden incelenmesi (Investigations of grain size distribution and soil classification of samples)

Yüzeysel temellerde temel taşıma gücü, zemin profili (+YASS) ve dane çapı dağılımı ile doğrudan ilişkilidir [10]. Tane boyu dağılımı deneyi sonucu elde edilen tane boyu değerlerine dayalı olarak çakıl ve kum boyutundaki malzeme için hidrolik iletkenlik katsayısı değerlerinin hesaplandığı çalışma olup, Breyer ve Kozeny-Carman yaklaşımlarının çakıl ve kum türü malzeme için uygun olduğu ileri sürülmüştür [11].

Araştırma çukurlarından alınan zemin örnekleri daha çok ince taneli ve daha çok kohezyonlu malzemeden (silt ve kil) oluşmaktadır (Çizelge 2).

Killer üzerine inşa edilen mühendislik yapıları, zeminlerin şişme özelliğinden kaynaklanan yukarı doğru kaldırma kuvvetine maruz kalırlar. Bu kuvvetler, temel yapılan ve elemanlarını yukarı doğru kaldırır, çatlatır ve kırar. Şişebilen killer, dünya üzerinde Amerika, Afrika, Avustralya, ve Hindistan'da geniş alanlar kaplarlar. Şişen killer genellikle %40' dan büyük likit limit ve %15 den fazla plastisite indeksine sahiptirler [12]



Şekil 8. Geçirimsiz yeşil renkli kiltası seviyesi ve üzerindeki iletim kanalı nedeniyle geçirimsiz bariyer oluşması (Impermeable barrier formation due to impermeable green colored claystone level and the transmission channel on it).



Şekil 9. Geçirimsiz kilitli tabakasından ve İletim kanalından geçemeyen yüzey ve yeraltısuyu, toprak örtünün suya doygunluğunu artırmakta ve çevredeki binalarda stabilite problemi oluşturmaktadır (The surface and groundwater, which cannot pass through the impermeable claystone layer and the transmission channel, increase the saturation of the ground cover to water and create a stability problem in the surrounding buildings)



Şekil 10. Drenaj borularının ve filtre malzemelerinin yeterince çalışmaması nedeniyle İletim kanalının sol sahilindeki su birikmesi (Water accumulation on the left bank of the transmission channel due to the fact that the drain pipes and filter materials are not working properly).

Çizelge 2. Araştırma çukurlarından alınan örneklerin zemin tane dağılımı . Zeminin tane boyutu azaldıkça su emme özelliği artmaktadır. Plastik hale zemin nedeniyle duraylılık problemi artmaktadır (Soil grain distribution of samples taken from research pits. As the grain size of the ground decreases, the water absorption feature increases. The problem of stability increases due to the plasticized ground).

Kuyu No	Numune Cinsi			
	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Kohezyonlu Malzeme (Silt+Kil) (%)
AÇ-1	1	57	43	100
AÇ-2	1	20	79	99
AÇ-3A	5	36	59	95
AÇ-3B	-	28	72	100

2.4.2 Örneklerin kıvam limitleri değerleri yönünden incelenmesi (Investigation of consistency limits of samples)

Kıvam limitleri, ince daneli zeminleri tanımlayan en önemli parametrelerden biridir. İnce daneli zeminlere ait birçok özellik bu parametrelere bağlanarak ifade [13]. Kil ve silt gibi ince taneli zeminler, iri taneli zeminlerin

aksine ortamda suyun varlığına bağlı olarak şişme veya büzülme eğilimi gösterdikleri için, yer mühendisliği açısından, genellikle sorunlu malzemeler olarak bilinmektedir [14].

AÇ-1 no'lu zemin örneği silt olduğundan plastik olmayan davranış göstermiştir. Ancak diğer 2 araştırma çukurundan alınan zemin örnekleri kilden oluşmaktadır. Bu nedenle, %60 üzerinde likit limit değerlerine ve %20 üzerinde plastisite indeksi değerlerine ulaşmıştır. Bu durum şişme ve sıkışma potansiyelini artırmaktadır. Ayrıca likit limitin %50 yi aşması durumunda zeminin boşluk suyu basıncı artmaktadır [15].

AÇ-1 no'lu örselenmiş zemin örneği silt, diğer araştırma kuyusundan alınan örnekler silt ve plastik kildir. Kuru birim hacim ağırlığının 15 kN/m^3 değeri altında ve optimum su içeriğinin de %20 üzerinde olması dikkat çekmektedir (Çizelge 3).

2.4.3 Örneklerin kuru birim hacim ağırlığı - su içeriği yönünden incelenmesi (Investigation of dry unit volume weight and water content of samples)

İnce daneli zeminler için geliştirilen korelasyonlarda, wopt ve γ_{kmax} ile zemin tipi, indeks özellikleri, dane birim hacim ağırlığı (s) ve dane çapı dağılım parametreleri arasında ilişkiler geliştirilmiştir [16].

Laboratuvar mekanik deney özetleri Çizelge 3'te verilmektedir.

Su muhtevası (w) - kuru birim hacim ağırlık (k) ilişkisi üzerine yapılan çalışmada, sadece likit limite (WL) dayanan bir lineer regresyon modeli, optimum su içeriği (Wopt) ve kuru birim hacim ağırlığı (γ_{kmax}) tahmin etmekte iyi sonuç vermiştir [17], [18]. Artan su içeriğinden dolayı zemin ağırlığının artması, bir şev içine süzülme ve sızma zeminin su içeriğini ve böylece zeminin ağırlığını arttırabilir. Bu artış, özellikle artan su içeriğine eşlik eden diğer etkilerle birleştiğinde önemli boyutta olabilir [19].

AÇ-3B no'lu araştırma kil miktarının %70 üzerinde olması ile birlikte, AÇ-2 ve AÇ-3B no'lu araştırma çukuru zemin örneklerinin MH ve CH killer olması ve sıkıştırma miktarının 15 kN/m^3 değerinin altında olması nedeniyle sıkıştırma miktarının düşük olması dikkati çekmektedir (Çizelge 2 ve 3).

Çizelge 3. Fiziksel deney özetleri. AÇ-1 zemin örnekleri non plastik olup, diğerleri plastiktir. (Physical experiment summaries. AÇ-1 floor samples are non-plastic and the others are plastic).

Sıra No	Numune No	Dane Dağılımı			Kıvam Limitleri			Sınıfı	Tane Yoğunluğu (γ_s)	Sıkıştırma (*)	
		0,075 mm (% Geçen)	4,75 mm (% Geçen)	75 mm (% Geçen)	LL %	PL %	PI %			$\gamma_{kmax} \text{ kN/m}^3$	Wopt %
1	AÇ-1	43,6	99,0	100,0	-	-	-	NP, Plastik değil MH	2,69	17,46	18,4
2	AÇ-2	78,8	99,3	100,0	57,4	30,2	27,2	Elastik silt ve az kum	2,74	14,71	23,1
3	AÇ-3A	59,0	95,4	100,0	41,8	19,8	22,0	CL kumlu orta plastik kil	2,71	17,48	16,3
4	AÇ-3B	71,7	99,7	100,0	60,5	27,5	33,0	CH yağlı kil ve az kum	2,69	14,74	24,7

2.4.4 Örneklerin üç eksenli deney sonuçları yönünden incelenmesi (Investigation of three-axis experimental results of samples)

İletim kanalı çevresinde, drenaj koşullarının yetersiz olması ve zemine gelen bina yükü nedeniyle konsolidasyonlu - drenajsız (CU) kesme deneyi yaptırılmıştır. AÇ-2 ve 3' ten alınan zemin örnekleri için 13.22, 16.94 ve 18.08 kPa kohezyon değerleri elde edilmiştir. İçsel sürtünme açıları zemin cinsine göre normal olmasına rağmen kesme dayanımlarının düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4). AÇ-1 No'lu kuyunun 22° üzerinde içsel sürtünme açısı (36.2°) olması nedeniyle kesme dayanımı yüksektir.

2.4.5 Örneklerin şişme parametreleri yönünden incelenmesi (Investigation of swelling parameters of samples)

AÇ-2 ve 3' ten alınan örneklerde şişme basıncı 4.02, 4.25 ve 13.32 kPa olarak bulunmuştur. Seed vd., (1991) tarafından yapılan şişme potansiyeli sınıflamasına göre kil birimi orta-yüksek şişme potansiyeline sahiptir. [20]. Basit yapılarda bina temeline gelen yükün minimum değer olan 4.02 kPa değerinden daha düşük olması nedeniyle zeminde şişme-kabarma sorunu ortaya çıkmaktadır (Çizelge 4) [15].

Çizelge 4. Mekanik testlerde tane dağılımına göre silt boyutundaki AÇ-1 örselenmiş zemin örnekleri şişme deneyinde hiç yük almamıştır. AÇ-2 no'lu zemin örneği ise yüksek şişme değerine sahiptir (In mechanical tests, the AÇ-1 sheared ground samples of silt size, according to the grain distribution, received no load in the swelling test. The ground sample No. AÇ-2 has a high swelling value).

Sıra No	Numune No	Dayanım Deneyleri		Şişme	
		Üç Eksenli Kesme (Cu Tipi)		Basınç kPa	Yüzdesi %
		C' kPa	ϕ		
1	AÇ-1	10,78	36,8	Numune hiç yük almamıştır.	0,03
2	AÇ-2	16,94	25,5	184,40	13,32
3	AÇ-3A	18,08	27,0	70,70	4,25
4	AÇ-3B	13,22	28,9	31,40	4,02

Çizelge 5. Bina temelinden gelen yüke bağlı olarak zemin parametrelerinin değişimi (Change of ground parameters depending on the load from the foundation of the building).

	Sıkışma Oranı, Cc (%)	800 KPa basınçta		1600 KPa basınçta	
		Konsolidasyon Oturması (mm)	Boşluk Oranı,e Değişimi (%)	Konsolidasyon Oturması (mm)	Boşluk oranı,e Değişimi (%)
		AÇ-1	11,60	1.26	9.20
AÇ-2	30.80	4.39	38.30	5.45	47.7
AÇ-3A	29.70	2.55	18.40	3.41	24.6
AÇ-3B	30.40	3.45	29.70	4.51	38.8

2.4.6 Örneklerin konsolidasyon değerleri yönünden incelenmesi (Investigation of consolidation values of samples)

AÇ-1 %11.6, AÇ-2 %30.8, AÇ-3A %29,7 ve AÇ-3B %30.4 Sıkışma Oranı,Cc değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Buna göre AÇ-2 ve AÇ-3 zemin örneklerinin yaklaşık %30 mertebelerine kadar sıkışabildiği görülmüştür. Ayrıca içsel sürtünme açısının (ϕ) 22° yi aşması durumunda duraylılık kaybı meydana gelmektedir [15].10mx10m =100 m² bina genişliğine sahip kağır bir evde bina temeli ve duvardan, toprak zemine 800-1600 kpa aralığında bir yük geldiği kabul edildiğinde, zemin parametrelerindeki değişim Çizelge 5'de verilmektedir.Buna göre, AÇ-1, 2, ve 3' te temele gelen yük arttıkça su içeriğinin artması ve bina yükü nedeniyle zeminin sıkışma miktarı, konsolidasyon oturması miktarı ve önemli miktarda boşluk suyu basıncı artmaktadır. [21].

2.5 Arazi ve Laboratuvar Çalışmalarının Değerlendirilmesi (Evaluation of Land and Laboratory Works)

Çamurtaşı gibi içerisinde kil bulunan şevler, şiddetli yağışlardan sonra kuruyarak bünyesindeki fissürleşme (ince çatlaklar) daha da yaygın hale gelebilir. İzleyen yağış sonrasında şevin stabilitesi tamamen geçebilir. Ayrıca çamurtaşında gözlenen ayrışmanın boyutu, başka bir deyişle; "ayrışma derecesi" özellikle kayma mekanik büyüklüklerini (kohezyon "c" ve içsel sürtünme açısı

" ϕ ") azaltarak zeminin stabilitesini olumsuz yönde etkiler [22].Çizelge 6'da zemin mühendislik özellikleri ile şişme dereceleri arasındaki korelasyon verilmektedir [23]. Araştırma çukurlarından alınan örneklerin, şişme potansiyeli düşükten çok yüksek şişme potansiyeli özelliğine sahip olduğu görülmektedir. Bu durum inceleme alanının jips, şeyl, çamurtaşı gibi heterojen bir malzeme karakterine sahip olduğunu göstermektedir.Geçirimsiz yeşil renkli kiltası tabakasının eğimi, topografyaya bağlı olarak Karabucak köyünden İletim kanalına doğrudur (Şekil 2). Bu yüzey üzerinde bulunan toprak örtü, su etkisiyle çok çabuk duraysız (plastik yapıda, şişme -büzülme, su emme özelliği gösteren ince taneli ve konsolidasyon özelliği gösteren) jips, çamurtaşı ve şeyl gibi malzemeden oluşmaktadır. HES İletim Kanalı ve civarında yüzeysel gözlemler ve araştırma çukurlarından elde edilen verilerden temel kaya olarak Üst Miyosen yaşlı Kızılırmak formasyonuna ait yeşil renkli geçirimsiz kiltası tabakası izlenmektedir (1.80-3.00 metreler arası). Daha üst kesimlerde ise (0.0-1.80 metreler arası) Kızılırmak formasyonuna ait jips, çamurtaşı ve şeyl, kiltası ve kumtaşı birimlerinin atmosferik şartlarda bozunmasından ve daha sonra taşınmasından oluşan yer yer beyaz- krem - yeşil-kahverenkli, değişik boylanmalı, mercek şeklinde ve gevşek-orta sıklıkta, matriks veya taneli yapıda toprak örtü bulunmaktadır (Şekil 1, 2, 3, 4, 5).

Çizelge 6. Zemin mühendislik özellikleri ile şişme dereceleri arasındaki korelasyon (Correlation between soil engineering properties and swelling degrees).

Laboratuvar ve Arazi Verileri			Şişme Dereceleri		
200 No'lu Elekten Geçen	Likit Limit	Standart Penetrasyon Deneyi (N) Değerleri	Muhtemel Şişme (%)	Şişme Basıncı (%)	Şişme potansiyeli
>30	>30	<10	<1	50-150	Düşük
<u>30-60</u>	30-40	10-20-	<u>1-5</u>	150-250	<u>Orta</u>
60-90	<u>40-60</u>	20-30	5-10	250-1000	<u>Yüksek</u>
<u><95</u>	<u><60</u>	>30	<u>10<</u>	1000<	<u>Çok Yüksek</u>

Çizelge 7'de araştırma çukurlarından alınan killerin Anonymus,1993' e göre düşükten yüksek şişme-büzülme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Tüm arazi ve yüzey çalışmalarından, yeşil renkli kil tabakasından geçemeyen ve toprak örtü içerisinde biriken yüzey - yeraltıları yağışlarla birlikte toprak örtü malzemesinin;

- Su içeriğini artırmaktadır. Suya doymuş zeminin, boşluk suyu basınçları artmakta ve plastik davranış göstermektedir.
- Toprak örtü içerisindeki jips, şeyl, çamurtaşı malzemesinin su ile etkileşimi nedeniyle şişme ve

büzülme davranışı duraysızlığı daha da artırmaktadır.

- Toprak örtü malzemesinin çok ince taneli olması nedeniyle zeminin su emme özelliği, bina yüküne bağlı toprak örtünün oturma miktarını, zamana bağlı olarak giderek artırmaktadır.
- Jips, şeyl ve çamurtaşı farklı fiziksel ve kimyasal özelliğe sahip toprak örtü,su ile etkileşimde farklı konsolidasyon oturmasına neden olmaktadır. Farklı oturma, şişme , büzülme ve erime özelliğine sahip malzemeler, üzerindeki binalara zarar vermektedir.

Çizelge 7. Zemin şişme basıncı-şişme büzülme potansiyeli ilişkisi (Ground swelling pressure-swelling shrinkage potential relationship).

Şişme Basıncı (kpa)	Şişme-Büzülme Potansiyeli
<u>≤81</u>	<u>Düşük</u>
81-153	Orta
<u>153-225</u>	<u>Yüksek</u>
≥225	Çok Yüksek

Çizelge 8. Plastisite indisi ve şişme potansiyeli arasındaki ilişki (The relationship between plasticity index and swelling potential).

Plastisite İndisi	Şişme Potansiyeli
0-10	Düşük
10-20	Orta
<u>20-35</u>	<u>Yüksek</u>
>35	Çok Yüksek

Şişme potansiyeli üzerinde yapılan bir başka çalışma Çizelge 8'de verilmektedir. Buna göre AÇ-1 nolu araştırma çukuru zemin örnekleri dışındaki diğer zemin örneklerinin yüksek şişme potansiyeline sahip olduğu görülmektedir [24].

Çizelge 9'da hacim değişikliği, şişme basıncı ve muhtemel hasar arasındaki ilişki verilmektedir. Bu çizelgeye göre AÇ-2 ve AÇ-3 den alınan örneklerin üzerindeki hafif yapılara orta-yüksek hasar verme özelliğine sahip olduğu görülmüştür

Çizelge 9. Hacim değişikliği, şişme basıncı ve muhtemel hasar arasındaki ilişki (The relation between volume change, swelling pressure and versus possible damage) [26].

Hacim Değişikliği (%)	Şişme Basıncı (kN/m ²)	Hafif Yapılarda Olası Hasar
0-1,5	0-50	Düşük
1,5-5	<u>50-250</u>	<u>Orta</u>
5-25	<u>250-1000</u>	<u>Yüksek</u>
>25	>1000	Çok yüksek

Şişen zeminlerin sınıflandırılmasında yaygın olarak Van Der Merwe (1964) tarafından önerilen abak kullanılmaktadır. Modifiye Van Der Merve abağı, kil

2.6 İletim Kanalı ve Civarındaki Duraysızlığın Mekanizması (Mechanism of Interruption in Transmission Channel and Around)

Drenajsız bir zeminin maruz kaldığı yükte değişim meydana gelebilecek bir zaman aralığında suyun bir zemin kütlesi içine veya içinden dışarıya akamadığı koşuldur. Boşlukların hacmindeki değişim eğilimine tepki olarak su zemin içine giremediği veya dışına çıkamadığı için, zemin üzerine gelen yükteki değişimler zeminin boşluklarındaki su basıncında değişime neden olur [19].

Yüzey ve yeraltısuyu etkisiyle iletim kanalı yakınında boşluk suyu basıncının artması ve şev malzemesi kohezyonunun azalması nedeniyle civardaki binalarda duraylılık problemi meydana getirmiştir. Şev malzemesinin kısmen veya tamamen doymuş veya süspanسیون haline gelmesine ve dolayısıyla boşluk suyu basıncının artmasına, içsel sürtünmesinin azalmasına neden olmuştur.

Bundan dolayı iletim kanalı civarında duraysızlıklar yağışlarla birlikte daha da artmıştır. Ayrıca su, zeminin birim hacim ağırlığını artırarak iletim kanalına doğru kohezyonu sağlayan yüzeysel gerilimi azaltmıştır. Bu durumda su, kaygan bir etki yaparak ortamın kayma direncini azaltmıştır. Yüzey ve yeraltısuyu kütle hareketlerine çeşitli şekillerde etki ederek önce boşlukları doldurup daha sonra da duraysızlıkları tetiklemiştir (Şekil 3,4,5,6,7,8,9,10).

Zemin yanal harekete izin vermek için çok düz olduğunda, derinlikteki sıvılaşıma, üstteki toprak bloklarını ayırmak suretiyle yüzeyde ayrımlar oluşturabilir ve blokların sıvılaştırılmış tabaka üzerinde Şekil 8'de gösterildiği gibi ileri geri hareket etmesine izin verebilir [25].

Suya aşırı derecede doymuş hale gelen toprak örtü malzeme plastik bir davranış gösterdiğinden bina yüküne bağlı olarak bina temeli ve duvarlarında çatlaklar oluşmaktadır. Mevsim yağışları ile birlikte duraysızlık

içeriği ve plastiklik indisi değerlerinden hareketle şişme yüzdeleri için şişme potansiyeli abağı Çizelge 10'da verilmektedir [27].

daha da artmaktadır. Bu durumda bina temeli ve duvarlardaki çatlaklar daha da artarak İletim kanalına doğru hareket eden kırık ve açılmalar meydana gelmektedir (Çizelge 10) [21].

2.7 AÇ-1 Civarındaki Binalarda İzlenen Deformasyonlar (Deformations in Buildings AÇ-1 Around)

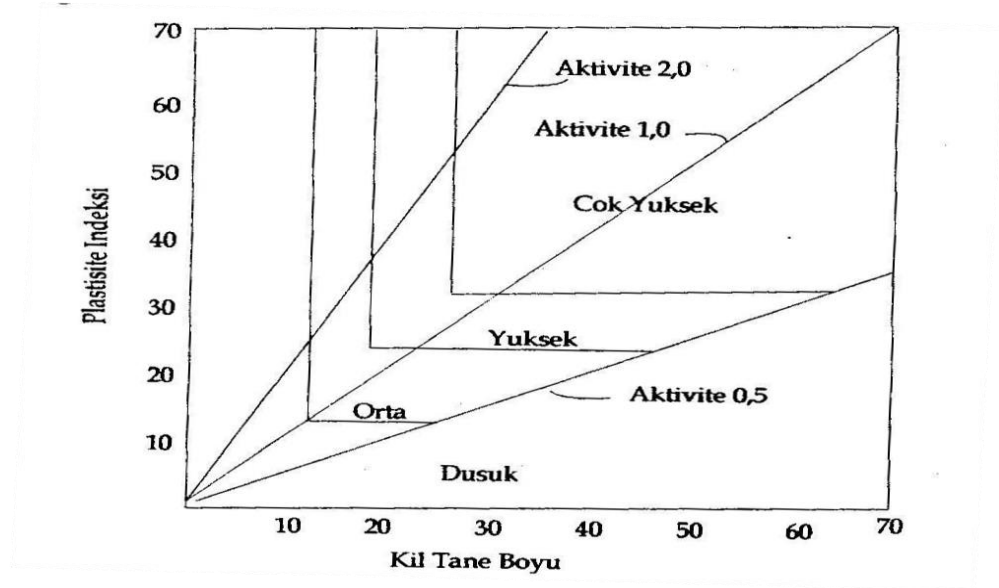
1 No'lu araştırma çukurundan alınan örneklerin laboratuvar testleri sonunda; plastik olmayan (non plastik) malzeme olması, şişme deneyinde numunenin hiç yük almaması, drenaj problemi olmaması, içsel sürtünme açısının orta-yüksek, tane boyutu olarak siltli malzeme olduğu izlenmiştir.

Ayrıca Karabucak köyünün ortasında açılan 1 No'lu araştırma çukurunun civarındaki binalarda görsel incelemeler yapılmıştır.

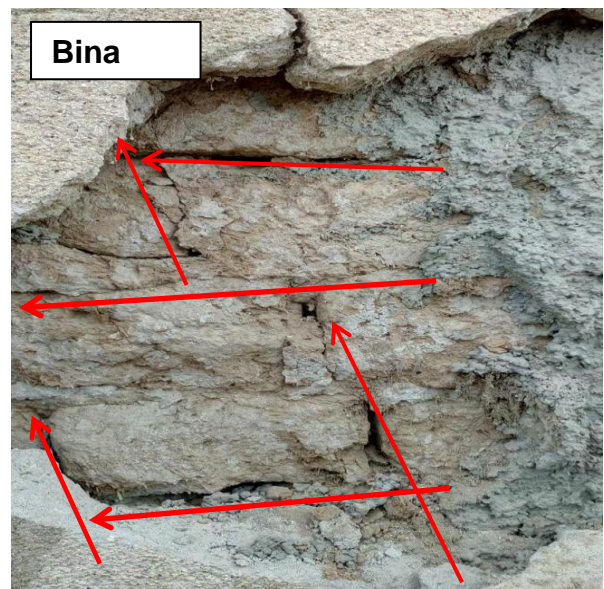
Karabucak köyünün içinde iletim kanalından daha uzakta ve kısmen köy üst kotlarındaki bazı binalarda yapılan incelemelerde; yeraltısuyu ve yüzeysuyu etkisi dışında bazı binalarda özellikle bağlayıcı malzeme yetersizliğine bağlı olarak duraysızlıklar meydana geldiği gözlenmiştir. Binaların iç kısmında dökülen sıvanın altında bağlayıcı malzemesi olmadığından kum boyutunda malzemeler dökülmektedir. Binaların dış kısmında yine dökülen sıvanın iç kısmında taşlar arasında bağlayıcı malzemenin oldukça yetersiz olduğu görülmüştür.

AÇ-1 no'lu araştırma çukuru civarındaki binalardaki yapım hataları Şekil 11 ve 12'de verilmektedir.

Bu durumda, AÇ-1 nolu araştırma çukuru ve civarındaki evlerde meydana gelen duraylılık problemlerinin, bağlayıcı malzemenin yetersiz olması, bina temelinin ana kaya üzerine oturmaması, ağır tonajlı araç geçişi ile küçük ölçekli depremsel etkiler nedeniyle oluştuğu söylenebilir. Şiddetli yağışlar ile bu olumsuzlukların zamana bağlı artışı da söz konusudur. Yani İletim kanalından kaynaklı bir olumsuzluk söz konusu değildir [21].



Şekil 11. Şişme Potansiyeli Abağı (Swelling Potential) [19]



Şekil 12 ve 13. Karabucak köyünün üst kotlarındaki bazı binalarda yapılan incelemelerde bağlayıcı malzeme yetersizliğine bağlı olarak duraysızlıklar meydana gelmiştir. Bu durum binaların iç ve dış izlenmektedir (Due to the insufficient binding material, instability has occurred in the examinations made in some buildings on the upper elevations of Karabucak village. This situation is monitored inside and outside of the buildings).

3 SONUÇLAR VE ÖNERİLER (RESULTS AND SUGGESTIONS)

3.1 Sonuçlar (Results)

Bu çalışma ile ilk defa Kızılırmak Nehrinin drenaj havzasında bulunan jeolojik yapının (şeyl, jips, çamurtaşı, kiltaşın) ayrışması ve hidrolojik özellikleri (düşük hidrolik eğim) ile ince taneli malzemeleri taşıması nedeniyle, bu bölgedeki sığ temeller üzerine inşa edilen hafif yapılara özel koşullarda (konsolidasyonlu-drenajsız) etkisi, somut bir örnek ile (Karabucak Köyündeki hafif yapılar) araştırılmıştır.

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- HES İletim Kanalı ve civarında yüzeysel gözlemler ve araştırma çukurlarından elde edilen verilerden Üst Miyosen yaşlı Kızılırmak formasyonuna ait yeşil renkli kiltaş tabakası (1.80-2.90 metreler arası), daha üst kısımda (0.0-1.80 metreler arası) ise şeyl, jips, çamurtaşı seviyelerinin fiziksel etkenlerle ayrışması ile kum ve silt, daha çok kil boyutunda malzeme içeren toprak örtü bulunmaktadır.
- Yüzey ve yeraltıları, topografya ve yeşil renkli kil tabakasının Kızılırmak Nehrine doğru eğimi nedeniyle Karabucak köyünden İletim kanalına doğru hareket etmektedir
- İnceleme alanında 3 adet araştırma çukuru açılmıştır. Alınan örselenmiş örnekler üzerinde laboratuvar

testleri yapılmıştır. AÇ-1 no'lu araştırma kuyusundan alınan örselenmiş zemin örnekleri üzerinde yapılan testlerde plastik olmayan, silt boyutunda ve şişme özelliği olmayan bir malzeme olduğu görülmüştür. AÇ-2 ve AÇ-3 no'lu araştırma kuyularından alınan örselenmiş zemin örneklerinin daha çok kil boyutunda, jips, çamurtaşı ve şeyl gibi orta-yüksek şişme-büzülme potansiyeline sahip malzeme olduğu görülmüştür.

- Yüze ve yeraltı suları İletim kanalı civarındaki binalarda duraysızlık meydana getirmektedir. Yağışlar ve iletim kanalının yetersiz drenaj koşulları duraysızlığı tetiklemiştir. Bu bölgelerdeki bina temellerinin ana kayaya kadar oturmaması da duraysızlık üzerinde etkili olmuştur.
- Karabucak köyünün içinde AÇ-1 no'lu araştırma çukuru civarındaki binalarda meydana gelen duraysızlıklar ise; yeraltı suyu ve yüzeysuyu etkisi dışında bazı binalarda özellikle bağlayıcı malzemenin yetersizliğine bağlı olarak meydana geldiği gözlenmiştir. Binaların iç kısmında dökülen sıvanın altında bağlayıcı malzemesi olmadığından kum boyutunda malzemeler dökülmektedir. Binaların dış kısmında yine dökülen sıvanın iç kısmında taşlar arasında bağlayıcı malzemenin oldukça yetersiz olduğu görülmüştür.
- Araştırma çukurlarından alındığı tarih ile deneye başlama tarihi arasında uzun bir süre geçmesi ve bu örneklerin de yeterince korunamaması nedeniyle örselenmiş zemin örneklerinin doğal su içerikleri tespit edilememiştir.

3.2. Öneriler ve Tartışmalar (Suggestions and Discussions)

3.2.1. Öneriler (Suggestions)

İletim Kanalının km 9+920 ve 9+980 kesiminde, Karabucak köyünden gelen yüze ve yeraltı sularını, iletim kanalı altından geçerek Kızılırmak Nehir yatağına ulaştıracak yeni bir drenaj projesi hazırlanmalı ve inşaatı gerçekleştirilmelidir. Hazırlanacak drenaj projesinde;

- İletim kanalının km 9+920 ve 0+980 arasındaki sağ sahil kesiminde bulunan ulaşım yolunun, şişme özelliği yüksek olan toprak örtü malzemesi, daha alt kesimde bulunan yeşil kiltası seviyesine (yaklaşık 1.8-2.0 metrelik derinliğe) kadar kazılarak depoya taşınmalı ve yerine elek üstü (over size) malzeme serilerek aynı kota kadar tabakalar halinde serilerek sıkıştırılmalıdır.
- Karabucak köyünden İletim kanalına doğru (güney-kuzey yönünde) bir drenaj sistemi olmalıdır. Bu drenaj sistemi, yaklaşık 1.80-2.00 m derinliğindeki temeldeki geçirimsiz yeşiltası tabakası üzerine oturulmalıdır. Drenaj sistemi, Karabucak Köyünün yüze ve yeraltı sularını İletim Kanalının sol sahiline kadar ulaştıracak şekilde projelendirilmelidir.

3.2.2. Tartışmalar (Discussions)

- Yerleşim yerlerine yakın inşa edilen hidroelektrik enerji santral yapılarının (regülatör, yükleme havuzu, iletim kanalı, tünel, santral binası vs...) serbest drenajı olumsuz etkilemeyecek şekilde

projelendirilmesi ve kontrolü gerekmektedir. Bu tür projelerde zemin koşullarının inşa edilecek tesislere etkisi kadar, çevresel – sosyal - ekonomik etkilerinin de ayrıntılı olarak incelenerek geliştirilmesi faydalı olacaktır.

- Kızılırmak Nehri drenaj havzasındaki yapı temellerinde sorunlara neden olabilecek jeolojik-hidrolojik koşullara benzer şekilde diğer nehir havzalarında da değişik sorunlar olabilir (depremsellik, fay, heyelan, sığ yeraltı suyu, aşırı yağışlar, asit ve sülfat gibi aşındırıcı kayaların yayılımı vs...). Bu nedenle her havzaya özgü koşullar incelenerek yapı-temel koşulları ayrıntılı olarak irdelenmelidir.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI

(DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Bünyamin ÜNAL: Deneyleri yapmış ve sonuçlarını analiz etmiştir.

Osman ŞİMŞEK: Makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

Muhammed Talha ÜNAL: Deneyleri yapmış ve sonuçlarını analiz etmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kızılırmak> ulaşım tarihi 14.07.2020.
- [2] Doğan, U., Şenkul, Ç., 2017, "Kızılırmak Nehrinin Drenaj Sistemi Ne Zaman ve Nasıl Oluşturdu?", *70. Türkiye Kurultayı*, 10-14 Nisan (2017).
- [3] Sünnetçi, M.O., Ersoy, H., "Ünye (Ordu) Killerinin Konsolidasyon ve Plastik Özellikleri Arasındaki İlişkilerin Araştırılması", *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 40(1): 89-102, (2016).
- [4] Çelikkollu, A., "Şişen Zeminlerde Temel Tipi Seçimi", *İnşaat Gündemi Dergisi*, (2017).
- [5] Çetin, K.Ö., Bilge, H.T., "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 Işığında Yüzeysel ve Derin Temellerin Tasarımına Kritik Bakış", *Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği 17. Ulusal Konferansı*, (2018).
- [6] Gizem, M., "Granüler Stabilize Dolgu İle İyileştirilen Yumuşak Kil Zeminlere Oturan Temellerin Analizi", Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, *Yüksek Lisans Tezi*, (2008).

- [7] Berilgen, M., “Yüzeysel Temellerde Oturma Tahmini”, *Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ders Notları*, (2015).
- [8] Berilgen, M., “Temel Tasarımı ve Geoteknik Parametreler”, *İnşaat Mühendisleri Odası Gaziantep Şubesi Semineri*, Gaziantep, (2014).
- [9] Çinicioğlu, F., “Zeminlerde Statik Ve Dinamik Yükler Altında Taşıma Gücü Anlayışı ve Hesabı”, *İnşaat Mühendisleri Odası Semineri*, (2005).
- [10] Bozbey, İ., “Zemin Sınıflandırması ve Zemin Özellikleri Laboratuvar Deneyleri”, *İnşaat Mühendisleri Odası Geoteknik Kursu*, (2016).
- [11] Odong, J., “Evaluation Of Empirical Formula For Determination Of Hydraulic Conductivity Based On Grain-Size Analysis”, *Journal Of American Science*, 4(1): 1-6, (2008).
- [12] Das, B. M.T., “Principles of Foundation Engineering”. *PWS Publishing Company*, A Division of International Thomson Publishing Inc, Boston, U.S.A. 828 P, (1995).
- [13] Gündüz, Z., Dağdeviren, U., “Zeminlerin Kıvam Limitlerinin Ölçümünde Ortamdaki Kumların Değerlendirmeye Etkileri”, *İMO Teknik Dergi*, 4701-4715, (2009).
- [14] Sünnetçi, M., Ersoy, H., “Ünye (Ordu) Killerinin Konsolidasyon ve Plastik Özellikleri Arasındaki İlişkilerin Araştırılması”, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 40(1): 2, (2016).
- [15] *DSİ Teknik Bülteni*, 103(3): 3, (2008).
- [16] Davidson, D.T., Gardiner, W.F., “Calculation Of Standard Proctor Density and Optimum Moisture Content From Mechanical Analysis”, *Shrinkage Factors and Plasticity Index Highway*, (1949).
- [17] Sridharan, A. Nagaraj, H.B., “Plastic Limit And Compaction Characteristics of Fine-Grained Soils Ground Improvement”, 9(1): 17-22, (2005).
- [18] Sivrikaya, O., “Models Of Compacted Fine-Grained Soils Used As Mineral Liner For Solid Waste”, *Environmental Geology*, (2007).
- [19] Duncan, J. M., Stephen, G. W., *Zemin Şevlerinin Duraylılığı*, (Çeviren K. Kayabalı), (2006).
- [20] Seed, H.B., Idriss, I.M., “Simplified Procedure For Evaluating Soil Liquefaction Potential”, *The National Academies Of Sciences, Engineering And Medicine*, 97(SM9): PROC PAPER 8371, 1249-1273, (1991).
- [21] DSİ, Sema Hes İletim Kanalı Yakınındaki Karabucak Köyündeki Binalardaki Çatlaklar Hakkında Jeolojik - Jeoteknik Rapor (Yayınlanmamış). (2018).
- [22] Capper, P., Leonard, C., W. Fisher, White, L. Scott, “*The Mechanics of Engineering Soils*”, (1962).
- [23] Mollamahmutoğlu, M., Taşkıran, T., “Diyarbakır İli, Kayapınar – Yeniköy - Bağcılar Yöresi Kilinin Şişme Potansiyelinin İrdelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği. Ankara, 52, (2000).
- [24] Yıldırım, H. ve Acar, C., ‘Killi Zeminlerin Şişme Davranışına Ön Yüklemenin Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 60 S., (1994).
- [25] Youd, T. L., "Geological Effects - Liquefaction and Associated Ground Failure" *Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazards Training Program*, Open-File Report 84-760, U.S. Geological Survey. Menlo Park. California. (1984).
- [26] Wayne, A.C., Osman, M.A., Elfatih, M.A., “Construction on Expansive Soils in Sudan”, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 110(3): 359-379, (1984).
- [27] Van der Merwe, D.H., “The Prediction of Heave From The Plasticity Index and The Percentage Clay Fraction”. *The Civil Engineer in South Africa (South African Institution of Civil Engineer)*, 6: 103–107, (1964).