

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

KIRIKKALE İLİNDE YER ALAN YÜKSEK PLASTİSİTELİ KİL
ZEMİNLERİN ŞİŞME POTANSİYELLERİNİN UÇUCU KÜL KOLONU
YÖNTEMİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ VE BU İYİLEŞTİRMENİN YAPILARIN
DEPREM DAVRANIŞINA ETKİLERİ

BARAN TOPRAK

NİSAN 2019

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Baran TOPRAK tarafından hazırlanan KIRIKKALE İLİNDE YER ALAN YÜKSEK PLASTİSİTELİ KİL ZEMİNLERİN ŞİŞME POTANSİYELLERİNİN UÇUCU KÜL KOLONU YÖNTEMİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ VE BU İYİLEŞTİRMENİN YAPILARIN DEPREM DAVRANIŞINA ETKİLERİ adlı Doktora Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Orhan DOĞAN
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin Doktora Tezi olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Doç. Dr. İlker KALKAN
Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. İnan KESKİN

Üye (Danışman): Doç. Dr. İlker KALKAN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ermedin TOTİÇ

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Şule BAKIRCI ER

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Eda AVANOĞLU SICACIK

...../...../2019

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Doktora derecesini onaylamıştır.

Prof. Dr. Recep ÇALIN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

KIRIKKALE İLİNDE YER ALAN YÜKSEK PLASTİSİTELİ KİL ZEMİNLERİN ŞİŞME POTANSİYELLERİNİN UÇUCU KÜL KOLONU YÖNTEMİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ VE BU İYİLEŞTİRMENİN YAPILARIN DEPREM DAVRANIŞINA ETKİLERİ

TOPRAK, Baran

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Anabilim Dalı, Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. İlker KALKAN

Nisan 2019, 108 Sayfa

Zeminlerin şişme potansiyeli, mevsimsel etkiler altında zeminin bünyesine su almasıyla artan ve üzerindeki yapıya olumsuz etkileyen bir unsurdur. Birçok zemin, fiziksel durumuna bağlı olarak bünyesine su aldığı takdirde şişme eğilimi gösterir. Zeminlerde şişme potansiyeli, üzerindeki yapının önemine bağlı olarak kontrol edilmesi gereken bir durumdur. Montmorillonit ve İllit tipi killeri, bünyelerine su aldıkları zaman yüksek miktarda hacim genişlemesine maruz kalan zemin türleridir. Bu durumun tersi olarak, bu zeminlerin bünyesinden su uzaklaştığı zaman ise zeminde hacim daralması ile beraber çatlamlar meydana gelir. Bölgesel olarak, yerleşim alanlarında yer alan şişme potansiyeli yüksek zeminlerin konumlarının bilinmesi, o bölgede inşa edilecek yapıların tasarımlarının daha güvenli olması için gereklidir. Yüksek şişme potansiyeline sahip killerin oluşturduğu zeminlerin belirlenmesinde, o yerleşim alanında önceden yapılan sondajların incelenmesi en etkili yöntemdir. Kırıkkale İli; bölgesel olarak, yüksek şişme potansiyeline sahip zemin içeren, kırktan fazla şehrin geçiş noktası olan ve jeopolitik öneme sahip askeri fabrikalar, hidroelektrik santraller, rafineri ve sanayi bölgesi barındıran bir Cumhuriyet şehridir.

Bu çalışmanın ilk aşamasında, bir atık madde olan uçucu külün, zeminde açılan sondaj delikleri yardımı ile bir kolon şeklinde zemine uygulanması ve zemindeki şişme

potansiyelinin azaltılmasına katkısı irdelenmiştir. Şişme potansiyelinin azaltılmasında, uçucu külün zemine ağırlıkça belli oranlarda karıştırılması yöntemi önceden yapılan çalışmalarda defalarca araştırılmış bir uygulamadır. Bu çalışmada, uçucu külün zemine ağırlıkça belli oranlarda karıştırılması uygulaması ile aynı zeminin uçucu kül kolonu yöntemi ile güçlendirilmesi karşılaştırılmıştır. Değişik kür sürelerinde ve değişik uzaklıklarda uygulanan uçucu kül kolonlarının, zeminin şişme potansiyeline etkisi incelenmiştir. Elde edilen deney sonuçları ile, yüksek şişme potansiyeline sahip zeminlerin iyileştirilmesi için ağırlıkça belli oranlarda tüm zemine uçucu kül karıştırmak yerine uçucu kül kolonu şeklinde uygulamanın son derece basit, ekonomik ve etkin olduğu belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise, zeminde elde edilen bu iyileştirmenin betonarme yapıların deprem davranışı üzerindeki etkileri nümerik olarak araştırılmıştır. Bu bağlamda, referans ve güçlendirilmiş zeminlerin SPT ölçümlerine bağlı olarak belirlenen zemin yatak katsayıları, yapısal modellerde kullanılmıştır. Halihazırda kullanımda olan betonarme bir yapının nümerik modeli farklı yer hareketi kayıtları kullanılarak, zaman-tanım alanında doğrusal deprem analizlerine tabi tutulmuştur. Yapısal çerçeve, rijit bir temel üzerine oturtulmuş ve bu temel de zemini sembolize eden düşey yaylara bağlanmıştır. Zemin güçlendirmesinin yapı davranışı üzerindeki etkilerini anlayabilmek amacıyla, taban kesme kuvveti, taban devrilme momenti, taban eksenel kuvveti ve temel oturması ölçütleri kullanılmıştır. Yapılan analizler, uçucu kül kolonu güçlendirme yönteminin yapının temel oturması ve taban eksenel kuvveti değerlerini önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Bu önemli sonuç, özellikle yapılara deprem esnasında önemli hasarlar veren ikincil mertebe etkilerin sınırlandırılmasında zemin güçlendirmesinin büyük katkısını ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Yüksek Şişme Potansiyeli, Uçucu Kül Kolonu, Kırıkkale, CH Zemin, Zaman-Tanım Alanında Deprem Analizi, İkincil Mertebe Etki, Temel Oturması.

ABSTRACT

REDUCING THE SWELLING POTENTIAL OF HIGH PLASTICS CLAY SOIL IN THE CITY OF KIRIKKALE WITH THE FLY ASH COLUMN METHOD AND THE EFFECTS OF THIS IMPROVEMENT ON EARTHQUAKE BEHAVIOR OF STRUCTURES

TOPRAK, Baran

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering, Ph. D. Thesis

Supervisor: Assoc.Prof. Dr. İlker KALKAN

April 2019, 108 pages

The swelling potential of soils is a factor that increases with the water intake under the seasonal effects and has a negative effect on the structures. Many soil types tend to swell if they take water to the body depending on their physical condition. The swelling potential of soil is a condition that needs to be controlled depending on the importance of the structure on it. Montmorillonite and Illit type clays have a large volume expansion when they receive water. In contrast to this, when the water moves away from the soil, cracking occurs with volume shrinkage. Regionally, swelling potential of the ground is a factor affecting the design parameters of the structures that will be built in the region with the risk of swelling. In determining the clayey soils with high swelling potential, it is the most effective method to examine the pre-made drillings in the settlement area. The city of Kırıkkale is a republican city with high swelling potential, a crossing point for more than forty cities and has military factories with geopolitical importance, hydroelectric power plants, refinery and industrial zone.

In this study, the contribution of the fly ash columns, which is a waste material, with the help of the drilling holes on the ground to the reduction of the soil swelling potential was examined. The effect of fly ash columns on the swelling potential of the ground at different distances and at different curing times was also investigated. In

order to reduce the swelling potential, the method of mixing the fly ash to the ground in certain proportions has been investigated repeatedly in previous studies. In this study, mixing the fly ash to the ground at certain proportions was examined together with the fly ash column method in the presence of identical soil conditions. The effect of fly ash columns on the swelling potential of the ground was investigated for different curing times and different distances. The tests indicated that the application of fly ash column instead of mixing fly ash to all the ground in certain proportions for the purpose of improving the grounds with high swelling potential is extremely simple, economical and efficient.

In the second part of the study, the effect of this soil strengthening application on the earthquake behavior of reinforced concrete structures was investigated numerically. In this respect, the bedding values of the plain reference and strengthened soil was determined from the real SPT measurements and used in the structural models. The structural model of an existing reinforced concrete structure was examined with the help of linear time-history analyses under different ground motion records. The structural frame was seated on a rigid foundation and connected to vertical springs, representing the ground. In order to comprehend the effect of soil strengthening on the structural behavior, base shear force, base overturning moment, base axial force and foundation settlement criteria were adopted. The analyses indicated that the fly ash column soil strengthening method resulted in a significant decrease in the foundation settlement and base axial force values. This important outcome implies that soil strengthening has a major contribution to reducing the second-order effects of forces in an earthquake, which have devastating effects on structures during earthquakes.

Keywords: High Swelling Potential, Fly Ash Column, Kırıkkale, CH Grounds, Time-History Earthquake Analysis, Second-Order Effect, Foundation Settlement.

TEŞEKKÜR

Doktora çalışmamın yürütülmesinde, ilk andan itibaren bilgi, birikim ve becerisini bana seferber eden Sayın Doç.Dr.İlker KALKAN'a yürekten teşekkür ederim. Değerli hocam; işindeki ciddiyeti ve iş ahlakı, tüm öğrencilerine olan eşsiz yaklaşımı, güler yüzü, çalışkanlığı, bitmek bilmez enerjisi ve engin birikimi ile tüm öğrencilerine çok değerli bir model olmuştur ve olacaktır. Değerli danışman hocam ile doktora tezi yapmak benim için daima bir ayrıcalık olarak kalacaktır. Kendisi doktora çalışmam süresince bana karşı danışmandan öte bir tavır sergilediğini belirtmek isterim.

Tezimin izlenmesi sürecinde; değerli fikirlerinin benden esirgemeyen, dostça yaklaşımına hayran kaldığım, çok iyi bir ağabey kazandığımı düşündüğüm Sayın Dr.Öğr.Üyesi Ermedin TOTİÇ'e; yapıcı ve pozitif tavrı, bilgi birikimi ve güler yüzünü benim üzerimden hiç çekmeyen Dr.Öğr.Üyesi Şule BAKIRCI ER'e teşekkürü borç bilirim. Tez jürime katılarak değerli fikirlerinden yararlandığım ve tezime katkısı olan Sayın Doç.Dr. İnan KESKİN'e ve Sayın Dr.Öğr.Üyesi Eda AVANOĞLU SICACIK'a teşekkür ederim.

Tez sürecimin en yakın takipçisi ve yardımcısı olan, kalbi tertemiz değerli kardeşim Sayın Dr.Özer SEVİM'e; bilgi birikimini benimle paylaşan manevi kız kardeşim Jeoloji Mühendisi Sayın Hülya ALTUNÇANAK'a; haritalama sürecinde yardımlarını esirgemeyen, duruşunu ve ahlakını gençlik yıllarımızdan bu yana bozmamış yüreği kocaman kardeşim Sayın Bekir ALTUNÇANAK'a; üstün birikimi, engin bilgisi ve pozitif yaklaşımı ile doktora tezimin bana kazandırdığı bir diğer değer olan altın gibi insan Dr.Öğr.Üyesi Selçuk BAŞ'a; Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesindeki tüm çalışma arkadaşlarıma ve Fen Bilimleri Enstitüsü çalışanlarına yürekten teşekkür ederim.

Son olarak, uzun doktora tez çalışmamda, farklarını hep fark ettiğim desteklerini hep arkamda hissettiğim annem Dr.Perihan TOPRAK, babam Dr.Reşit TOPRAK, kardeşim Barkan TOPRAK, kardeşim Selin Müge TOKER TOPRAK ve bir tanem Mert TOPRAK'a teşekkür ederim. Bu uzun ve zor yolculukta; destekten fazlasını,

bana inanmaktan fazlasını, uçsuz bucaksız sevgiden fazlasını gösteren hayat arkadaşım, en iyi dostum ve eşim Sayın Eda Gökçe TOPRAK ve gözlerine baktığımda dünyayı unuttuğum kalbimin tek sahibi kızım Begüm Ece TOPRAK’a sonsuz teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	V
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
SİMGELER DİZİNİ	xviii
KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ	1
1.1. Uçucu Kül Stabilizasyonunun Zemine Uygulanması İle İlgili Yapılan Başlıca Çalışmalar	3
2. UÇUCU KÜLLER	6
2.1 Uçucu Küllerin Tanımı ve Sınıflandırılması	6
2.2. Uçucu Küllerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	6
2.3. Uçucu Küllerin Kullanım Alanları.....	8
3. DENEYSEL PROGRAM	10
3.1. Kırıkkale İli ve İlin Mahalle Yerleşimi	10
3.2. Kırıkkale İline Ait Sondaj Verilerinin Elde Edilmesi ve Sınıflandırılması.....	12
3.3. Verilerin NetCAD Programına Aktarılması	15
4. KONTROL NUMUNESİNİN SEÇİMİ VE DENEYLERİN YAPILMASI ...	17
4.1. Kontrol Numunesinin Seçimi	17
4.2. Kontrol Numunesi Olarak Belirlenen Kilin Aktivitesinin Bulunması	18
4.3. Şişme Yüzdesi Deneylerinin Yapılışı ve Numunelerin Oluşturulması.....	19
4.4. Kontrol Numunesi Olarak Belirlenen Numunenin Şişme Yüzdesi Değerlerinin Bulunması.....	20
4.5. Belirlenen Lokasyondan Alınan Örnekler Üzerinde Uçucu Kül Karışımı ve Uçucu Kül Kolonu Yöntemlerinin Uygulanarak Şişme Yüzdesi Değerlerinin Bulunması	23
4.5.1. Labaratuar Deney Okumaları ve Sonuçları	25

4.5.1.1. Kontrol Numunesi	25
4.5.1.2. %2 Uçucu Kül Katkısı.....	28
4.5.1.3. %4 Uçucu Kül Katkısı.....	30
4.5.1.4. %6 Uçucu Kül Katkısı.....	32
4.5.1.5. Kontrol Numunesi, %2, %4 ve %6 Uçucu Kül Katkısı.....	34
4.5.1.6. 0 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları.....	36
4.5.1.7. 1 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları.....	38
4.5.1.8. 2 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları.....	40
4.5.1.9. 0, 1 ve 2 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları.....	42
4.5.1.10. 0 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları.....	44
4.5.1.11. 1 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları.....	46
4.5.1.12. 2 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları.....	48
4.5.1.13. 0, 1 ve 2 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları.....	50
4.5.1.14. 0 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları.....	52
4.5.1.15. 1 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları.....	54
4.5.1.16. 2 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları.....	56
4.5.1.17. 0, 1 ve 2 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları.....	58
4.5.2. Labaratuar (Karelaj) Deney Okumaları ve Sonuçları.....	60
4.5.2.1. 0 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj).....	60
4.5.2.2. 1 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj).....	62
4.5.2.3. 2 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj).....	64
4.5.2.4. 0, 1 ve 2 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj).....	66
4.5.2.5. 0 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj).....	68
4.5.2.6. 1 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj).....	71
4.5.2.7. 2 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj).....	73
4.5.2.8. 0, 1 ve 2 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj).....	75
4.5.2.9. 0 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj).....	77

4.5.2.10. 1 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj).....	79
4.5.2.11. 2 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları Karelaj)	81
4.5.2.12. 0, 1 ve 2 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj).....	83
4.5.3. Yapılan Deneylerin Sonuçları ve Değerlendirme.....	86
5. SONLU ELEMAN MODELİ VE SİSMİK PERFORMANS ANALİZLERİ.	89
5.1. Sonlu Eleman Modeli Bilgileri.....	89
5.2. Kullanılan Örnek Yapı Bilgileri	90
5.3. Arazi Verilerinin Modellemeye Aktarılması.....	91
5.4. Sismik Performans Analizleri Sonuçlarının İrdelenmesi	97
6. SONUÇLAR.....	98
KAYNAKLAR	103
ÖZGEÇMİŞ.....	106

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Kömüre Dayalı Büyük Ölçekli Termik Santraller.....	7
2.2. Uçucu Küllerin Fiziksel Özellikleri	8
2.3. Uçucu Kül Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	9
3.1. Kırıkkale İli Mahalle Listesi	12
3.2. Kırıkkale İlinde CH Zemin İçeren Lokasyonlar	13
3.3. CH İçeren Zeminlerin Mahalle Bazında Dağıtılması	14
4.1. İndeks Deneyi Sonuçları	18
4.2. Kontrol Numunesi Şişme Deneyi Okumaları	22
4.3. Kontrol Numunesi Okuma Değerleri	26
4.4. Yapılan Kısaltmalar ve Açılımları	28
4.5. %2 Uçucu Kül Katkısı Okumaları	29
4.6. %4 Uçucu Kül Katkısı Okumaları	31
4.7. %6 Uçucu Kül Katkısı Okumaları	33
4.8. Kontrol Numunesi, %2, %4 ve %6 Uçucu Kül Katkısı Okumaları	35
4.9. 0 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları	37
4.10. 1 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları	39
4.11. 2 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları	41
4.12. 0, 1, ve 2 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları	43
4.13. 0 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları	45
4.14. 1 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları	47
4.15. 2 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları	49
4.16. 0, 1 ve 2 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları	51
4.17. 0 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları	53

4.18. 1 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları	55
4.19. 2 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları	57
4.20. 0, 1 ve 2 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları	59
4.21. 0 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)	61
4.22. 1 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)	63
4.23. 2 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)	65
4.24. 0, 1 ve 2 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)	67
4.25. 0 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)	69
4.26. 1 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)	72
4.27. 2 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)	74
4.28. 0, 1 ve 2 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)	76
4.29. 0 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)	78
4.30. 1 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)	80
4.31. 2 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)	82
4.32. 0, 1 ve 2 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)	84
4.33. Deneyler Sonucu Bulunan Şişme Yüzdesi Değerleri	87
5.1. Genel Yapı Özellikleri ve Yapısal Parametreler.....	91
5.2. Referans ve İyileştirilmiş Modelin Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	95
5.3. Referans ve İyileştirilmiş Modelin Taban Devrilme Momentlerinin Karşılaştırılması.....	95
5.4. Referans ve İyileştirilmiş Modelin Taban Oturmasının Karşılaştırılması.....	96
5.5. Referans ve İyileştirilmiş Modelin Taban Eksenel Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.....	96

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL	Sayfa
Şekil 2.1. Puzolanların Sınıflandırılması	6
Şekil 3.1. Kırıkkale İlının Ülke Coğrafyasındaki Görünümü ve İl İlçelerinin Yerleşimi.....	10
Şekil 3.2. Kırıkkale İlının Mahalle Yerleşimi.....	11
Şekil 3.3. NetCad Programı Yardımıyla Verilerin Kırıkkale İli Haritasına Aktarılması.....	16
Şekil 4.1. Kontrol Numunesinin Alındığı Nokta.....	17
Şekil 4.2. Kür Tankının Görünümü	20
Şekil 4.3. Kontrol numunesi şişme eğrisi	23
Şekil 4.4. Kontrol Numunesi Şişme Yüzdesi Eğrisi	27
Şekil 4.5. %2 Uçucu Kül Katkısı Numunesi Şişme Eğrisi	30
Şekil 4.6. %4 Uçucu Kül Katkısı Numunesi Şişme Eğrisi	32
Şekil 4.7. %6 Uçucu Kül Katkısı Numunesi Şişme Eğrisi.....	34
Şekil 4.8. %2, %4 ve %6 Uçucu Kül Katkısı Numuneleri Şişme Eğrisi	36
Şekil 4.9. 0 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Numunesi Şişme Eğrisi	38
Şekil 4.10. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi.....	38
Şekil 4.11. 1 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Numunesi Şişme Eğrisi	40
Şekil 4.12. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi.....	40
Şekil 4.13. 2 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Numunesi Şişme Eğrisi	42
Şekil 4.14. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi.....	42
Şekil 4.15. 0, 1 ve 2 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Numuneleri Şişme Eğrisi	44
Şekil 4.16. 0 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Numunesi Şişme Eğrisi	46
Şekil 4.17. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi.....	46
Şekil 4.18. 1 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Numunesi Şişme Eğrisi	48

Şekil 4.19. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi.....	48
Şekil 4.20. 2 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Numunesi Şişme Eğrisi	50
Şekil 4.21. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi.....	50
Şekil 4.22. 0, 1 ve 2 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Numuneleri Şişme Eğrisi	52
Şekil 4.23. 0 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Numunesi Şişme Eğrisi	54
Şekil 4.24. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi.....	54
Şekil 4.25. 1 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Numunesi Şişme Eğrisi	56
Şekil 4.26. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi.....	56
Şekil 4.27. 2 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Numunesi Şişme Eğrisi	58
Şekil 4.28. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi.....	58
Şekil 4.29. 0, 1 ve 2 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Numuneleri Şişme Eğrisi	60
Şekil 4.30. 0 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numunesi Şişme Eğrisi	62
Şekil 4.31. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi.....	62
Şekil 4.32. 1 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numunesi Şişme Eğrisi	64
Şekil 4.33. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi	64
Şekil 4.34. 2 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numunesi Şişme Eğrisi	66
Şekil 4.35. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi	66
Şekil 4.36. 0, 1 ve 2 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numuneleri Şişme Eğrisi	68

Şekil 4.37. 0 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numunesi Şişme Eğrisi	70
Şekil 4.38. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi.....	70
Şekil 4.39. 1 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numunesi Şişme Eğrisi	73
Şekil 4.40. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi	73
Şekil 4.41. 2 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numunesi Şişme Eğrisi	75
Şekil 4.42. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi	75
Şekil 4.43. 0, 1 ve 2 Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numuneleri Şişme Eğrisi	77
Şekil 4.44. 0 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numunesi Şişme Eğrisi	79
Şekil 4.45. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi	79
Şekil 4.46. 1 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numunesi Şişme Eğrisi	81
Şekil 4.47. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi	81
Şekil 4.48. 2 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numunesi Şişme Eğrisi	83
Şekil 4.49. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi	83
Şekil 4.50. 0, 1 ve 2 Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numuneleri Şişme Eğrisi	85
Şekil 5.1. Oluşturulan Sonlu Eleman Modeli.....	89
Şekil 5.2. Yapı Sistemine Ait Özellikler.....	90
Şekil 5.3. Bolu (1999), Imperial Valley (1979) ve Kocaeli (1999) Depremleri İçin Eşleştirilen Deprem Kayıtları	93

Şekil 5.4. Ölçeklenen kayıtların spektrumları ile TBDY (2018)'de [5] verilen tasarım spektrumlarının karşılaştırılması	93
Şekil 5.5. R/C test yapısının FE modeli.....	94



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER DİZİNİ

A	Kilin Aktivitesi
RL	Büzülme Limiti
CH	Yüksek Şişme Potansiyeline Sahip Kil
D _{maks}	Maksimum Tane Çapı
LL	Likit Limit
MKEK	Makine ve Kimya Endüstrisi Kurumu
NetCAD	İmar, kadastro, planlama, mühendislik ve coğrafi bilgi sistemleri yazılımı
P	0,002 mm'den Geçen Tane Çapı Yüzdesi
PL	Plastik Limit
PI	Plastisite İndeksi
ρ	Suyun özgül ağırlığı
γ_n	Doğal Birim Hacim Ağırlığı

KISALTMALAR DİZİNİ

Al ₂ O ₃	Alüminyum Oksit
SiO ₂	Silisyum Oksit
SO ₃	Kükürt
UK	Uçucu Kül
KN	Kontrol Numunesi
%2 UKK	Yüzde İki Uçucu Kül Katkısı
%4 UKK	Yüzde Dört Uçucu Kül Katkısı
%6 UKK	Yüzde Altı Uçucu Kül Katkısı
0BU 30GKS	Sıfır Boy Uzakta ve Otuz Günlük Kür Süresi
1BU 30GKS	Bir Boy Uzakta ve Otuz Günlük Kür Süresi

2BU 30GKS	İki Boy Uzakta ve Otuz Günlük Kür Süresi
0BU 60GKS	Sıfır Boy Uzakta ve Altmış Günlük Kür Süresi
1BU 60GKS	Bir Boy Uzakta ve Altmış Günlük Kür Süresi
2BU 60GKS	İki Boy Uzakta ve Altmış Günlük Kür Süresi
0BU 90GKS	Sıfır Boy Uzakta ve Doksan Günlük Kür Süresi
1BU 90GKS	Bir Boy Uzakta ve Doksan Günlük Kür Süresi
2BU 90GKS	İki Boy Uzakta ve Doksan Günlük Kür Süresi
0BU 30GKS(K)	Sıfır Boy Uzakta ve Otuz Günlük Kür Süresi (Karelaj)
1BU 30GKS(K)	Bir Boy Uzakta ve Otuz Günlük Kür Süresi (Karelaj)
2BU 30GKS(K)	İki Boy Uzakta ve Otuz Günlük Kür Süresi (Karelaj)
0BU 60GKS(K)	Sıfır Boy Uzakta ve Altmış Günlük Kür Süresi (Karelaj)
1BU 60GKS(K)	Bir Boy Uzakta ve Altmış Günlük Kür Süresi (Karelaj)
2BU 60GKS(K)	İki Boy Uzakta ve Altmış Günlük Kür Süresi (Karelaj)
0BU 90GKS(K)	Sıfır Boy Uzakta ve Doksan Günlük Kür Süresi (Karelaj)
1BU 90GKS(K)	Bir Boy Uzakta ve Doksan Günlük Kür Süresi (Karelaj)
2BU 90GKS(K)	İki Boy Uzakta ve Doksan Günlük Kür Süresi (Karelaj)

1. GİRİŞ

Zeminlerde şişme, çeşitli iklimsel etkiler altında hacimce genişleme olarak bilinmektedir. Kil zeminlerdeki şişme potansiyeli, yapılarda önemli deformasyon riskleri ortaya çıkarmaktadır. Özellikle hafif yapılarda, zeminin şişmesine bağlı olarak, taşıyıcı elemanlarda ciddi hasarlar meydana gelmektedir. Dayanma yapıları, diğer bazı yapılar ile saha betonlarındaki deformasyonlar ve otoyollardaki kabarma etkisi göz önüne alındığında, zeminlerin şişme potansiyeli önemli düzeyde ekonomik kayıplara neden olmaktadır.

Kırıkkale şehri; birçok askeri fabrika, rafineri, doğalgaz çevrim santrali ve hidroelektrik santrale ev sahipliği yapmaktadır. Ayrıca, kırktan fazla şehre yapılan seyahatlerde bir geçiş noktasıdır. Barındırdığı iki yüz bini aşan nüfus da eklendiğinde, Kırıkkale ilinin zemin karakterinin sağlıklı incelenmesi ülkemiz açısından bir zorunluluktur.

Uçucu küller; atık malzemeler olmaları, edinilme değerlerinin düşük olması, nakliye kolaylığı ve kullanım rahatlığı açısından zemin stabilizasyonunda sıklıkla ve başarıyla kullanılan katkı malzemeleridir. Daha önce birçok çalışmada bu malzemeler zemine ağırlıkça belli oranlarda eklenerek zemin davranışında iyileştirme sağlanmıştır. Uçucu küller, yüksek fırın cürufu ve silis dumanı ile birlikte yapay puzolan gurubundadır. Zemin stabilizasyonunun, uçucu kül ile yapılan bir başka iyileştirme yöntemi de uçucu kül kolonu yöntemidir. Zemin içine basit sondaj yöntemleri ile açılan sondaj deliklerine uçucu kül doldurulması ile gerçekleştirilen bu yöntem, arazi şartlarında basit uygulanabilirliği ile öne çıkan bir yöntemdir.

Bu çalışmanın amaçları şu şekilde sıralanabilir:

1. Kırıkkale İline ait 2014-2017 yıllarında yapılmış tüm sondaj verilerini inceleyerek yüksek şişme potansiyeline sahip kil zeminleri (CH) belirlemek,
2. Bu zeminleri mahalle listelerine göre dağıtmak

3. Bu zeminlerin ada ve parsel numaralarından yararlanarak Google Maps [1] ve NetCAD [2] programları ile il haritası üzerinde yerlerini saptamak,
4. Yüksek şişme potansiyeline sahip bir lokasyondan yeteri kadar numune alarak şişme yüzdesi değerini saptamak ve kontrol numunesi oluşturmak,
5. Araziden alınan numuneyi, kür tankına doğal birim hacim ağırlığında sıkıştırıp doldurarak sabit çapta uçucu kül kolonu oluşturmak ve ardından oluşturulan numuneler üzerinde değişen kür süreleri ve uçucu külün uzaklık etkisi altında değişen şişme yüzdesi değerlerini saptamak ve karşılaştırmak
6. Bu iyileştirme sonuçlarını gerçek üst yapı modellerine uygulayarak, bu iyileştirmenin yapıların deprem davranışı üzerindeki etkilerini saptamaktır.

Ayrıca bu çalışmada, önceki çalışmalarda yapılan ağırlıkça uçucu kül ekleme yöntemi ile uçucu kül kolonu yönteminin zeminlerde şişme yüzdesi değerinin iyileştirilmesinin karşılaştırılması da yapılacaktır. Bu çalışmanın son kısmında ise, uçucu kül kolonu zemin iyileştirme yönteminin üst yapı deprem davranışına etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, farklı uçucu kül oranı (% 2, 4 ve 6) ile farklı konsolidasyon halkası uzaklıkları (numuneden 0, 1 ve 2 boy uzaklıkta) değişkenlerine göre zemin dayanımında en büyük artış ve zemin şişme oranında en büyük azalmaya olanak sağlayan değişken değerleri belirlenmiştir. Bu değişken değerlerine göre iyileştirilmiş zemin ile referans zeminin SPT değerleri yardımıyla zemin yatak katsayıları belirlenmiş ve bu katsayılar üst yapı deprem analizlerinde kullanılmıştır. Radye temele sahip perdeli-çerçeveleli gerçek bir betonarme yapının SAP 2000 [3] programında yapılan doğrusal zaman tanım alanında deprem analizlerinde, üç farklı yer hareketi kaydı (Bolu 1999, Imperial Valley 1979 ve Kocaeli 1999) kullanılmıştır. Bu yapı, DBYBHY 2007 [4] depreme dayanıklı yapı tasarımı esaslarına göre tasarlanmıştır. Analizlerde yeni deprem yönetmeliği (TBDY 2018) [5] tasarım ivme spektrumu kullanılmıştır. Zemin iyileştirmesinin yapı davranışı üzerindeki etkileri araştırılırken, taban kesme kuvveti, taban devrilme momenti, zemin oturması ve taban eksenel kuvveti ölçütleri karşılaştırılmış ve plastisite indisi yüksek olan bu zeminde elde edilen iyileştirmenin yapının deprem davranışı üzerinde çarpıcı sonuçları olduğu belirlenmiştir.

1.1. Uçucu Kül Stabilizasyonunun Zemine Uygulanması İle İlgili Yapılan Başlıca Çalışmalar

Uçucu kül stabilizasyonu ile ilgili zeminde yapılan çalışmaların başlıcaları şu şekildedir:

Oral (1964), Ankara kilinin iyileştirilmesinde kireç, çimento ve uçucu külün stabilize etkisini araştırmış, çalışma sonucunda zeminin tek başına kireçle iyileştirilmesinin yeterli olmadığı ve uçucu kül+çimento katkısının iyileştirmede daha iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur.

Indraratna ve diğ. (1995), uçucu kül ve kireç karışımının Bangkok killerinin dayanımı üzerindeki etkilerini incelemiş ve % 18 uçucu kül ile % 5 kireç karışımının, iki haftalık kür süresi sonunda 2-3 kat daha fazla tek eksenli sıkışma dayanımı verdiğini belirlemişlerdir.

Lim ve diğ. (2002), kireç ve uçucu kül ile hazırlanan ve bulamaç haline getirilen zemin numunelerinin önceden gösterdikleri yüksek şişme karakterinin yapılan CBR, SEM ve X-ray tane boyu incelemeleri deneylerinde ne şekilde değişiklik gösterdiklerini incelemişlerdir.

Dermatas ve Meng (2003), ağır metal kirlenmesine maruz kalmış şişen zeminlerin uçucu kül stabilizasyonu ile şişme potansiyellerinin iyileştirilmesini incelemişlerdir. Yapılan kürler sonucunda zeminde meydana gelen iyileşmenin XRD sonuçlarını kür sonuçlarıyla karşılaştırmışlardır.

Türker ve Çokca (2006), kömürün yanmasından elde edilen bir atık olan uçucu külün şişen zeminlerde stabilizasyon amaçlı kullanılmasını incelemişlerdir. F ve C tipi uçucu kül, ASTM C618'e göre şişen zeminler üzerinde kullanılmış, serbest şişme deneyleri, doygunluk ve emme ilişkisi irdelenmiştir. Şişen killer üzerinde yapılan serbest şişme deneylerinde, şişme potansiyelinde ciddi iyileşmeler gözlenmiştir. Ayrıca, araştırmacılar, C tipi uçucu külün, F tipi uçucu kül'e göre çok daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Chugh, Patwardhan ve diğ. (2006), uçucu kül ile hazırlanan değişik oranlardaki bulamaçların, yol dolgularında ve yapı malzemelerindeki bozulma ve şişmeye etkilerini incelemişlerdir.

Ramu ve Kishore (2007), yaptıkları laboratuvar çalışmalarında, uçucu külü zeminde ne şekilde kullanacaklarını ve şişen kilin şişme potansiyelinin kontrol altına ne şekilde alınacağını incelemişlerdir.

Das ve diğ. (2009), karayollarında ve demiryollarında altyapıda dolgu malzemesi olarak kullanılan uçucu kül malzemesinin taşımada gösterdiği zayıflamanın geofiberlerle desteklenmesi üzerine çalışmışlardır. Zeminlerin büzülme etkisinden kaynaklanan taşıma kayıplarının geofiberlerle desteklenmesi sonucu elde edilen nihai taşıma güçlerini irdelemişlerdir.

Ramu (2009), yüksek hacimsel artış gösteren kil zeminlerde, düşey uçucu kül kolonlarla şişme kapasitesinin puzolanik aktivitelerle ne şekilde değiştiğini incelemişlerdir.

Çetin, Aydilek ve diğ. (2012), yol dolgularında kullanılan malzemelerin yüksek karbon değerine sahip uçucu kül ile stabilizasyonundaki iyileştirmelerini nümerik analiz ve deneysel çalışmalarla desteklemişlerdir.

Sharma ve diğ. (2012), yaptıkları çalışmada, yüksek şişme ve büzülme potansiyeline sahip killerde uçucu kül stabilizasyonu yapıldığında, x-ray analizlerinde, ısı gravimetre ölçümlerinde, zeta potansiyellerinin ölçümünde ve pH değeri ölçümlerinde, montmorillonit türünde killerde şişme ve büzülme etkisinin gösterdiği değişimi incelemişlerdir.

Çetin ve Aydilek (2013), yol dolgularında, titreşim ve şişme etkilerinden kaynaklanan metal kalıntıların zemin tarafından atılması konusunda, dolgularda bir takım deneyler yapmışlardır. Laboratuvar sızıntı testi, su sızıntı testleri ve uçucu kül kolon sızıntı testleri yaparak uçucu kül ile iyileştirmenin sonuçlarını irdelemişlerdir.

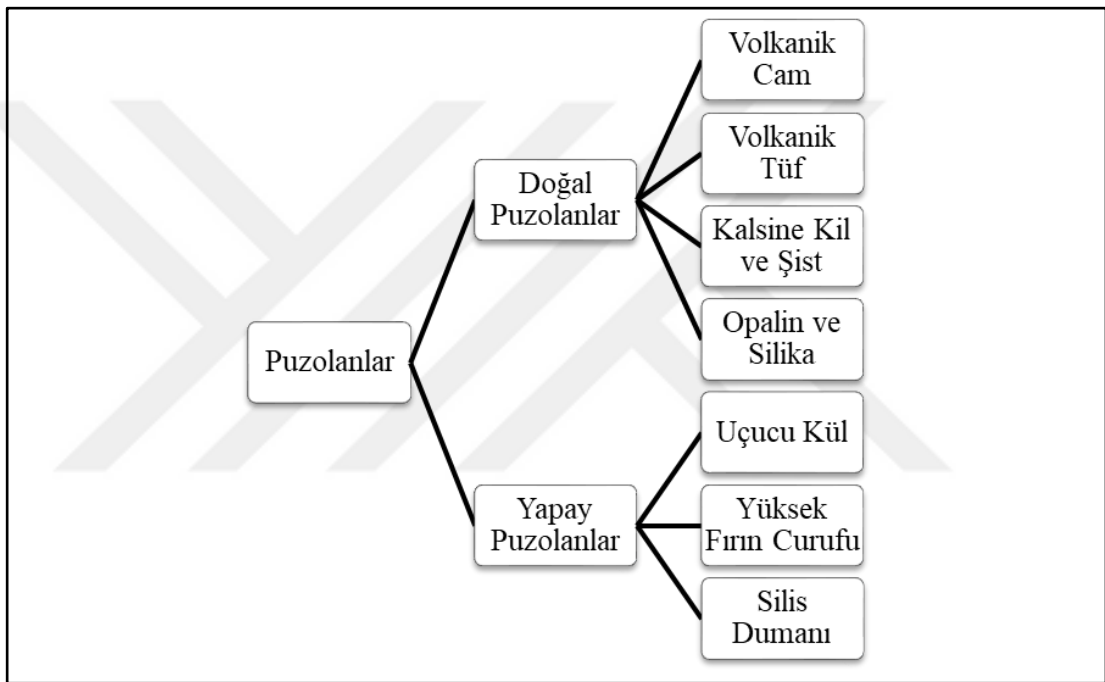
Lu ve diğ. (2013), uçucu kül stabilizasyonunun, vertisol killeri üzerinde ne gibi fiziksel özellikler gösterdiğini, agrega dağılımı, boşluk oranı ve dağılımı, su iticilik ve şişme-büzülme etkisi açısından incelemişlerdir.



2. UÇUCU KÜLLER

2.1. Uçucu Küllerin Tanımı ve Sınıflandırılması

Puzolanlar oluşum şekillerine göre doğal ve yapay olmak üzere iki ana guruba ayrılırlar. Doğal puzolanlar; volkanik cam, volkanik tüf, kalsine kil ve şist ile opalin ve silika olmak üzere kendi içinde dört guruba ayrılır. Yapay puzolanlar ise, Şekil 2.1’de görüldüğü gibi, uçucu kül, yüksek fırın cürufu ve silis dumanı olmak üzere 3 alt guruba ayrılırlar.



Şekil 2.1. Puzolanların Sınıflandırılması

2.2. Uçucu Küllerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Uçucu kül, kömürle çalışan termik santrallerde kömürün yanması sonucu meydana gelen atık kül taneciklerinin bacalardaki elektro filtreler yardımıyla tutulması ile elde edilen üründür. Uçucu küllerin önemli bir kısmı SiO_2 ve Al_2O_3 ’den meydana gelmektedir [6-7]. TS EN 450’ye göre uçucu kül, pulverize kömürün yakılması ile elde edilen, puzolanik özelliklere sahip ve önemli kısmı SiO_2 ve Al_2O_3 ’den meydana gelen, reaktif SiO_2 içeriği en az %25 olan küresel ve camsı taneciklerin ince tozudur.

Uçucu kül linyit ve bitümlü kömürün yakıldığı fırınların baca gazlarındaki toz benzeri taneciklerin elektrostatik veya mekanik olarak çöktürülmesiyle elde edilir [8]. Ülkemizde kömüre dayalı büyük ölçekli termik santraller Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Kömüre dayalı büyük ölçekli termik santraller [9]

Yıl	Santral Ünitesi	Kurulu güç (MW)	Yıl	Santral Ünitesi	Kurulu güç (MW)
1956	Tunçbilek A1	65	1989	Kangal 1	150
1957	Soma A1	22	1990	Kangal 2	150
1958	Soma A2	22	1991	Çatalağzı 2	150
1973	Seyitömer 1-2	300	1991	Soma B5	165
1977	Seyitömer 3	150	1992	Orhaneli 1	210
1977	Tunçbilek B1	150	1993	Soma B6	165
1978	Tunçbilek B2	150	1993	Kemerköy 1	210
1981	Soma B1	165	1994	Kemerköy 2	210
1982	Soma B2	165	1995	Kemerköy 3	210
1982	Yatağan 1	210	1997	Çayırhan 3	160
1983	Yatağan 2	210	1998	Çayırhan 4	160
1984	Afşin Elbistan A1-2	680	2000	Kangal 3	157
1984	Yatağan 3	210	2005	Afşin-Elbistan B1	360
1985	Soma B3	165	2005	Çan 1-2	320
1986	Soma B4	165	2006	Afşin Elbistan B2-3-4	1080
1986	Afşin Elbistan A3	340	2009	Silopi Elektrik Asfaltit 1	135
1986	Yeniköy 1	210	2015	Silopi Elektrik Asfaltit 2-3	270
1987	Afşin-Elbistan A4	335	2015	Aksa enerji Göynük 1	135
1987	Çayırhan 1-2	300	2016	Enerji Tufanbeyli 1-2-3	450
1987	Yeniköy 2	210	2016	Aksa enerji Göynük 2	135
1989	Seyitömer 4	150	2016	Naksan-Adularya 1	145
1989	Çatalağzı 1	150			

90’lı yıllarda dünyada üretilen uçucu külün yaklaşık %25’i değerlendirilmekteydi. Almanya, Hollanda, Belçika gibi ülkelerde uçucu kül değerlendirme oranı %95’lerde iken ülkemizde bu oran %1 mertebelerindeydi [10-11]. 2012 itibari ile uçucu külün Türkiye’de kullanımı %10 oranına yükselmiş 2020 yılına kadar ise %30 oranına kadar yükselmesi beklenmektedir [12].

Uçucu kül fiziksel özellikleri termik santrallerde kullanılan kömürün türüne, yanma özellikleri ile diğer özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Uçucu kül tane boyutu arttıkça yanma miktarı azalmakta ve buna bağlı olarak karbon miktarı artmaktadır. Uçucu kül tane boyutu küçüldükçe yanma seviyesi artmakta ve karbon miktarı azalmaktadır. Uçucu kül ince tane boyutları gri renkte olup tane boyutu ve karbon miktarı artarsa rengi koyulaşmaktadır. Uçucu kül tane çapları 1-200 μm arasında değişmekte olup yaklaşık %75'i 45 μm 'dan küçüktür [13-14]. Uçucu külün yoğunluğu 2.2-2.7 g/cm^3 civarındadır. Özgül yüzey alanı öğütme işlemine bağlı olarak değişmekle birlikte çimento inceliğine yakındır. Uçucu kül fiziksel özellikleri Çizelge 2.2'de verilmiştir [15-12].

Çizelge 2.2. Uçucu küllerin fiziksel özellikleri

Çap (μm)	Şekil	Renk	Yoğunluk(g/cm^3)	İncelik (cm^2/g)
1-200	Yuvarlak	Gri	2.2-2.7	2000-3800

2.3. Uçucu Küllerin Kullanım Alanları

Uçucu külün inşaat sanayinde yaygın olarak kullanıldığı alanların başında çimento ve beton sanayisi gelmektedir. Uçucu küller çimentoda katkı malzemesi, ikame malzemesi ve hammadde olarak kullanılmaktadır [16-17]. Beton sanayinde uçucu kül, betonun fiziksel ve kalıcılık özelliklerini değiştirmek için kullanılır. Kütle betonlarında ise hidrasyon ısını düşürmek için özellikle baraj inşaatlarında kullanılmaktadır. Kütle betonlarında hidrasyon ısı çok yüksektir. Bu nedenle uçucu kül çimento yerine ikame edilerek hidrasyon ısı azaltılmakta oluşacak rötire çatlakları engellenmektedir. Uçucu kül çimento yerine ikame edilerek erken dayanımı yavaşlatmakta hidrasyon ısını bu nedenle azaltmaktadır [18-19].

Uçucu küller çimento ve beton sanayisinin yansıra duvar, beton borular, yalıtım malzemesi harç gibi malzeme ve elemanların üretilmesinde de kullanılmaktadır [20-21]. Geoteknik uygulamalarda uçucu kül dolgu ve zemin stabilizasyonlarında kullanılmaktadır [22-23].

Çalışmada Çayırhan Termik Santralinde üretilen $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ yüzdesi %70'den az ve CaO oranı %10'dan fazla olan C sınıfı uçucu kül kullanılmıştır. Uçucu küle ait kimyasal ve fiziksel özellikler Çizelge 2.3'de sunulmuştur. Kullanılan uçucu kül fabrikadan çıktığı şekilde öğütülmeden direk kullanılmıştır.

Çizelge 2.3. Uçucu kül fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kimyasal Özellik (%)	Uçucu Kül
SiO_2	46.59
Al_2O_3	12.42
Fe_2O_3	9.74
CaO	14.50
MgO	7.23
SiO_3	5.52
Na_2O	1.01
K_2O	2.28
Fiziksel Özellik	
Blaine inceliği (cm^2/g)	2830
Yoğunluk (g/cm^3)	2.47

3. DENEYSEL PROGRAM

3.1. Kırıkkale İli ve İlin Mahalle Yerleşimi

Kırıkkale'nin adının, şehrin 3 km. kuzeyindeki Kırıkköyü ile kentin merkezindeki Kaletepe'nin kısaltılarak birleştirilmesinden ortaya çıktığı söylenir. Bu ismin halk tarafından yakıştırıldığı kanaati yaygın olmakla beraber bölgenin ismi Osmanlı arşiv belgelerinde, şimdiki haliyle Kırıkkal'a biçiminde geçmektedir.

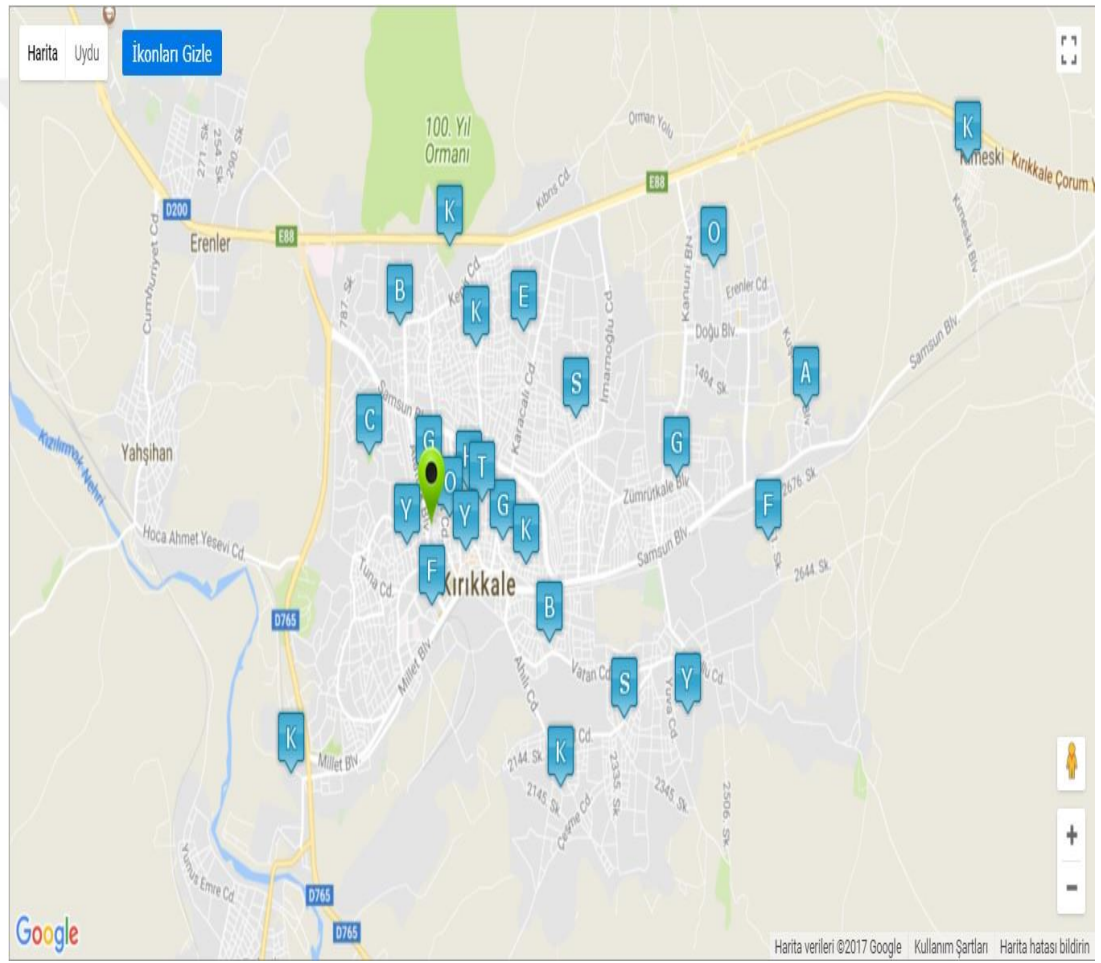
Kırıkkale, temelleri 1925'lerde atılan bir Cumhuriyet şehrimizdir. 70 Yıllık gelişmesi, büyümesi ve bugüne taşınması Makine Kimya Endüstrisi Kurumu (MKEK) ile olmuştur. Kırıkkale'nin kurulduğu arazi Kırıkköyü arazileriydi. Kırıkköyü'nün 1925'ten önce 12 hanelik küçük bir köy olduğu bilinmektedir. Kaletepe ise, bu köye 3-4 km uzakta, aslında bilinen anlamda bir kale olmayıp boz toprakların oluşturduğu bakımsız ve ağaçsız bir tepe idi. Şekil 3.1'de Kırıkkale ilinin ülke coğrafyasındaki görünümü ve il ilçelerinin yerleşimi gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Kırıkkale İlinin Ülke Coğrafyasındaki Görünümü ve İl İlçelerinin Yerleşimi

1970'li yıllardan itibaren hızlı nüfus artışıyla birlikte Kırıkkale'nin mahalle sayısı da artmıştır. 1925'lerde 12 hanelik bir köyden 2001'de 25 mahalleli ve 205.208 nüfuslu bir yerleşim alanı ortaya çıkmıştır.

Kırıkkale il merkezi an itibariyle 31 adet mahalleden oluşmaktadır. Merkeze yakın olan mahallelerde, yapılaşma fazla; merkezden uzak mahallelerde ise yapılaşma az katlı ve seyrek. Şekil 3.2'de Kırıkkale ilinin mahalle yerleşimi, Çizelge 3.1'de Kırıkkale ili mahalle listesi gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Kırıkkale İlinin Mahalle Yerleşimi

Çizelge 3.1. Kırıkkale İli Mahalle Listesi

Kırıkkale İli Mahalle Listesi		
1 Akşemsettin	13 Güzeltepe	25 Sanayi
2 Altınova	14 Hacıbey	26 Selim Özer
3 Aşağımahmutlar	15 Hüseyin Kahya	27 Tepebaşı
4 Bağlarbaşı	16 Kaletepe	28 Yaylacık
5 Bahçelievler	17 Karşıyaka	29 Yenidoğan
6 Çalılıöz	18 Kırıkköyü	30 Yenimahalle
7 Çullu	19 Kızılırmak	31 Yuva
8 Etiler	20 Kimeski	
9 Fabrikalar	21 Kurtuluş	
10 Fatih	22 Osmangazi	
11 Gündoğdu	23 Ovacık	
12 Gürler	24 Sağlık	

3.2. Kırıkkale İline Ait Sondaj Verilerinin Elde Edilmesi ve Sınıflandırılması

Bir ilin, yapı inşa edilecek zeminlerinin karakterinin bilinmesi, o ilin yapılaşma sağlığı açısından önem arz etmektedir.

Kırıkkale iline ait sondaj verilerinin elde edilmesinde, Kırıkkale Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü sondaj veri kaynakları kullanılmıştır. 2014-2017 tarihleri arasında yapılan ve onaylanan; 2014 yılına ait 340, 2015 yılına ait 536, 2016 yılına ait 612 ve 2017 yılına ait 637 adet olmak üzere toplam 2125 adet sondaj verisi incelenmiştir. Taranan 2125 adet sondaj verisinden 63 adet yüksek şişme potansiyeline sahip kil (CH) zemin verisi elde edilmiştir. Bu CH zeminler önce tarihe göre sıralanmış, ardından mahalle bazında dağıtılmış ve hangi mahallelerde daha çok CH zemin ile karşılaşıldığı çizelgelere aktarılmıştır. Çizelge 3.2’de Kırıkkale ilinde CH zemin içeren lokasyonlar gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. Kırıkkale ilinde CH zemin içeren lokasyonlar

Sondaj No	Tarih	Mahalle	Derinlik (m)	Zemin Tipi	Ada Parsel
1	5.03.2014	Fabrikalar	4,5	CH	350/10
2	3.04.2014	Yenimahalle	4,5	CH	655/12-13
3	13.05.2014	Fabrikalar	4,5	CH	107/18-19
4	29.05.2014	Hüseyin Kahya	3	CH	1087/10-11
5	30.05.2014	Hüseyin Kahya	3	CH	1087/8-9
6	25.07.2014	Fabrikalar	3	CH	106/6-7
7	1.10.2014	Yaylacık	9	CH	883/34
8	20.10.2014	Bahçelievler	4,5	CH	2155/22
9	21.10.2014	Bahçelievler	4,5	CH	1228/19-20
10	21.10.2014	Bahçelievler	6	CH	1228/21-22
11	22.10.2014	Bahçelievler	6	CH	1228/23-24
12	22.10.2014	Bahçelievler	6	CH	1228/25
13	23.10.2014	Bahçelievler	4,5	CH	1228/26
14	8.12.2014	Sanayi	3	CH	3765/1
15	9.12.2014	Sanayi	3	CH	3765/1
16	23.12.2014	Bahçelievler	4,5	CH	2063-2064
17	30.01.2015	Kurtuluş	4,5	CH	1600/4
18	17.03.2015	Gürler	4,5	CH	563/3
19	26.05.2015	Gürler	4,5	CH	549/27
20	23.06.2015	Yaylacık	4,5	CH	219/30
21	29.06.2015	Ovacık	3	CH	105/37
22	14.07.2015	Ovacık	3	CH	271/3
23	15.07.2015	Bahçelievler	3	CH	1497/2
24	20.07.2015	Karşıyaka	4,5	CH	4329/17
25	20.07.2015	Karşıyaka	4,5	CH	4329/18
26	27.07.2015	Hüseyin Kahya	3	CH	1077/9
27	7.09.2015	Gürler	3	CH	566/7
28	7.09.2015	Gürler	3	CH	566/8
29	9.10.2015	Hüseyin Kahya	6	CH	1092/6
30	28.12.2015	Karşıyaka	4,5	CH	4352/1
31	9.02.2016	Kaletepe	4,5	CH	5274/10
32	10.02.2016	Kaletepe	4,5	CH	5274/11
33	10.02.2016	Kaletepe	4,5	CH	5274/12
34	25.02.2016	Kızılırmak	4,5	CH	5202/14
35	28.04.2016	Fabrikalar	4,5	CH	731/1
36	18.05.2016	Sanayi	3	CH	3772/6
37	31.05.2016	Akşemsettin	4,5	CH	4513/1
38	31.05.2016	Akşemsettin	4,5	CH	4513/2
39	20.07.2016	Kurtuluş	4,5	CH	5550/9
40	26.07.2016	Bahçelievler	4,5	CH	1320/1
41	3.08.2016	Hüseyin Kahya	4,5	CH	1077/5
42	23.11.2016	Bağlarbaşı	3	CH	2493/20
43	1.02.2017	Yaylacık	4,5	CH	216/25
44	1.02.2017	Yaylacık	4,5	CH	216/36
45	7.03.2017	Yenimahalle	4,5	CH	150/14
46	8.03.2017	Bağlarbaşı	4,5	CH	940/10
47	9.03.2017	Bağlarbaşı	6	CH	940/11
48	14.03.2017	Kurtuluş	4,5	CH	1312/4
49	3.05.2017	Kurtuluş	4,5	CH	540/15
50	9.05.2017	Yaylacık	6	CH	3204/8
51	9.05.2017	Yaylacık	4,5	CH	3204/9
52	9.05.2017	Yaylacık	4,5	CH	3204/10
53	10.05.2017	Yaylacık	4,5	CH	3204/11
54	10.05.2017	Yaylacık	7,5	CH	3204/11
55	6.06.2017	Yaylacık	6	CH	940/8
56	8.06.2017	Yaylacık	6	CH	887/43
57	14.06.2017	Yenimahalle	4,5	CH	675/49
58	22.06.2017	Ovacık	3	CH	325/27
59	22.06.2017	Yenimahalle	3	CH	687/36
60	21.09.2017	Kurtuluş	4,5	CH	1321/6
61	11.10.2017	Fabrikalar	4,5	CH	140/5
62	25.10.2017	Fabrikalar	4,5	CH	4189/2
63	26.10.2017	Kurtuluş	4,5	CH	1500/4

Yüksek şişme potansiyeline sahip bu verilerin mahalle bazında dağıtılması sonucu, hangi mahallede hangi oranda CH zeminin olduğu daha sağlıklı görülebilmektedir. Çizelge 3.3’de CH içeren zeminlerin mahalle bazında dağıtılması gösterilmektedir.

Çizelge 3.3. CH İçeren Zeminlerin Mahalle Bazında Dağıtılması

Sıra No	Mahalle Adı	CH Zemin Rastlanan Sondaj Sayısı
1	Yaylacık	11
2	Bahçelievler	9
3	Fabrikalar	6
4	Kurtuluş	6
5	Hüseyin Kahya	5
6	Gürler	4
7	Yenimahalle	4
8	Sanayi	3
9	Ovacık	3
10	Karşıyaka	3
11	Kaletepe	3
12	Bağlarbaşı	3
13	Akşemsettin	2
14	Kızılırmak	1

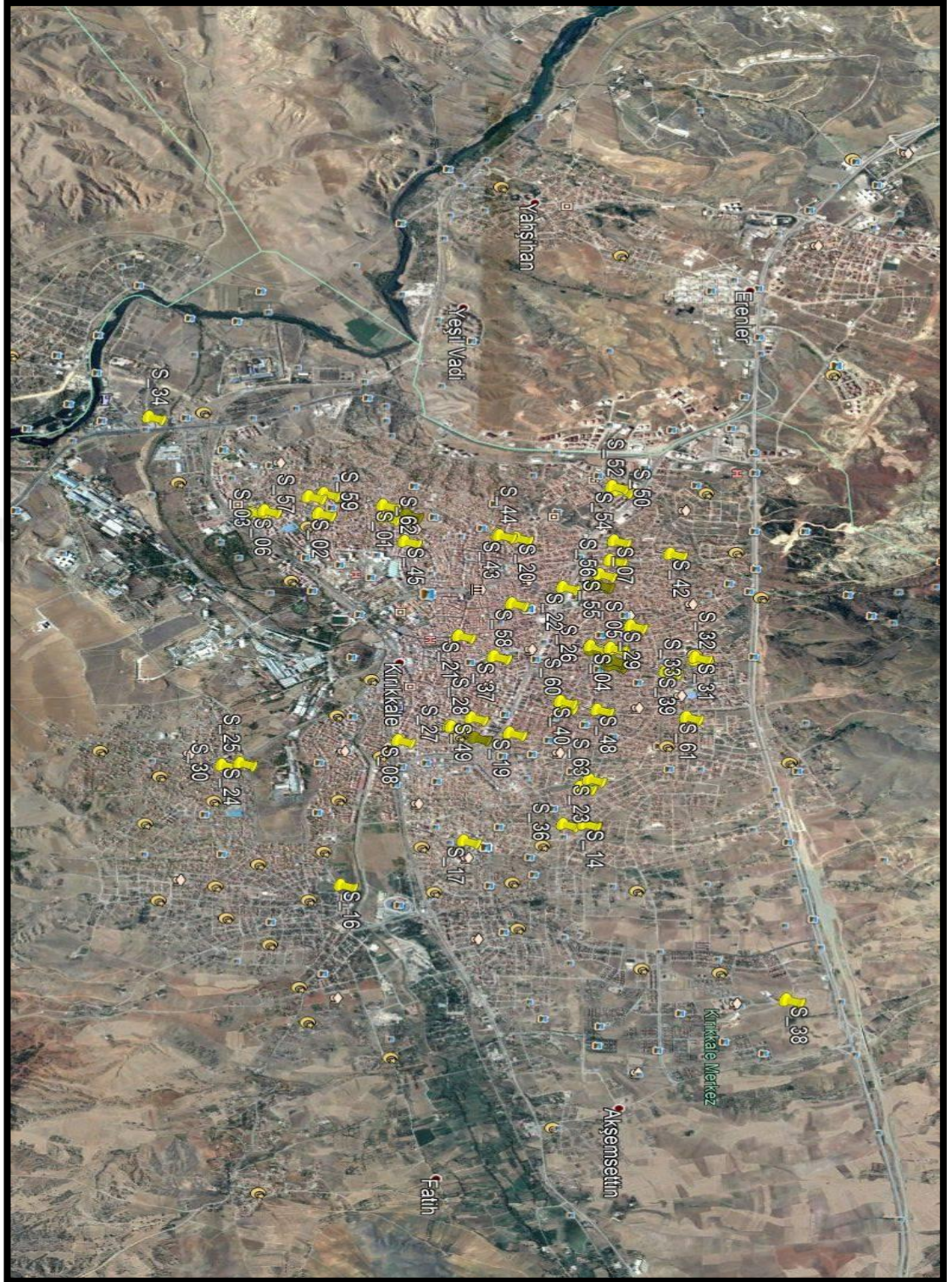
Çizelge 3.3’den hareketle, CH zemin içeren zeminler Kırıkkale ilinde üç ana grupta incelenebilirler. Yaylacık (11) ve Bahçelievler (9) mahalleleri, yapılan sondajlar neticesinde içerdikleri CH zeminler bakımından en çok CH zemin içeren mahalleler durumundadır. CH zeminler sıklıkla bu iki mahallede gösterilmektedir. Fabrikalar (6), Kurtuluş (6), Hüseyin Kahya (5), Gürler (4) ve Yenimahalle (4) mahalleleri, yapılan sondajlar neticesinde içerdikleri CH zeminler bakımından orta düzeyde CH zemin içeren mahalleler konumundadır. Sanayi (3), Ovacık (3), Karşıyaka (3), Kaletepe (3), Bağlarbaşı (3), Akşemsettin (2) ve Kızılırmak (1) mahalleleri, yapılan sondajlar neticesinde az miktarda CH zemin içeren mahalleler niteliğindedir.

3.3. Verilerin NetCAD [2] Programına Aktarılması

Sondaj verileri sonuçlarının ada ve parsel numaralarına göre düzenlenmesi, sonraki tarihlerde yapılacak çalışmalar için zorluk oluşturmaktadır. Bu verilerin tüm dünya tarafından kullanılan koordinat sistemine çevrilmesi, bu noktaların tek tek yer aldığı veya tümünün sıklaştığı bölgelerin tayini açısından önemlidir.

Şekil 3.3’de görülen Kırıkkale ili haritasında; ada ve parsel numarası belli olan, yüksek miktarda CH zemin içeren noktalar NetCad [2] programı vasıtasıyla konum olarak belirlenmiştir. Tek tek oluşturulan bu 63 nokta tek haritada birleştirilerek tüm Kırıkkale il haritasına aktarılmış ve yüksek miktarda CH zemin içeren konumlar işaretlenmiştir. Böylece Çizelge 3.2’de görülen sıralı mahalle listesi Kırıkkale il haritasına aktarılarak konumların sıklaştığı bölgelerin rahatça görülmesi sağlanmıştır.

Çizelge 3.3’de görülen 2014-2017 tarihleri arasında Kırıkkale ilinde yapılan sondajlarda elde edilen CH zemin içeren konumlardaki noktalar böylelikle Google Earth [24] programı yardımıyla hem tek tek hem de toplu olarak görülebilmektedir. Bu mahallelerde sonraki tarihlerde yapılacak yapılaşmalar için, bu 63 noktanın tayini ve mahallelerin belirlenmesi şişme ve büzülme etkisindeki yapılar için bir ön bilgi teşkil etmektedir.



Şekil 3.3. NetCAD [2] Programı Yardımıyla Verilerin Kırıkkale İli Haritasına Aktarılması

4. KONTROL NUMUNESİ SEÇİMİ VE DENEYLERİN YAPILMASI

4.1. Kontrol Numunesinin Seçilmesi

CH zeminlerin yaygın olarak görüldüğü yerler incelendiğinde, şişme yüzdesi açısından yüksek değer gösteren numuneler tanımlanmış ve aralarından şişme potansiyeli yüksek bir nokta saptanmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde, Kırıkkale İl sınırlarına dahil olan ancak Yahşihan ilçe sınırları içerisinde yer alan Erenler Mahallesi'nde belli bir noktadan yeteri kadar numune alınmıştır. Erenler mahallesi; İl merkezine yakın, yüksek katlı yapılaşmanın yeni başladığı, yer yer 12-15 katlı konut alanlarını barındıran, yüksek oranda CH zemin içeren noktaların bulunduğu ve arazi gözlemlerinde saf koyu kırmızı renkli kil içeren bir bölgedir. Alanda eski yapılaşmanın olmaması ve arazinin bakir durumda olması numune alımını ve incelemeyi kolaylaştıran etkenlerdendir. Kontrol numunesinin alındığı nokta Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Kontrol Numunesinin Alındığı Nokta

Kontrol numunesi alınmasından hemen sonra, indeks deneyleri yapılmıştır. Elde edilen doğal su içeriği, tane boyu analizi, tane özgül ağırlığı ve kıvam limitleri sonuçları Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Kontrol Numunesine Ait İndeks Deneyi Sonuçları

Örnek No	Doğal Su İçeriği (%)	Tane Boyu (%)		Tane Özgül Ağırlığı	Kıvam Limitleri (%)			
		Çakıl+Kum	Silt+Kil		LL	PL	PI	RL
1	29,2	23,80	76,20	2,70	75,20	31,40	43.80	24.5

4.2. Kontrol Numunesi Olarak Belirlenen Kilin Aktivitesinin Bulunması

Herhangi bir kil numunenin aktifliğinin bulunması için Skempton, 1953 [25]’de önerilen aktivite çizelgelerinden yararlanılmaktadır. Bu çizelgeler, aşağıda verilen eşitliği esas almaktadır:

$$A = PI / \%P (<0.002mm)$$

Burada:

A: Kilin Aktifliği

PI: Plastisite İndeksi (İndeks deneylerinden)

%P: 0,002 mm’den küçük tane yüzdesi olarak belirlenmiştir.

Skempton 1953 [25]’e göre:

$A > 1.25$ ise Aktif kil

$0.75 < A < 1.25$ ise Normal Aktif kil

$A < 0.75$ Aktif olmayan kil olarak sınıflandırılır (Skempton, 1953) [25].

Mortmorillonit grubu killeri genelde aktif, illit grubu ise normal aktif killerdir. Killerin şişme potansiyeli, kıvam limitlerine ve aktiviteye bağlı olarak belirlenebilir [26].

Kontrol numunesi için yapılan hesaplama aşağıda gösterilmiştir:

PI= 43,80 (yapılan indeks deneyi sonuçlarından)

%P (<0.002 mm) = 32,14 (0.002 mm'den küçük yüzde)

$$A = PI/\%P = 43,80/32,14 = 1,363 > 1.25$$

Yapılan hesaplamalardan, kontrol numunesinin aktif kil olduğu belirlenmiştir.

4.3. Şişme Yüzdesi Deneylerinin Yapılışı ve Numunelerin Oluşturulması

Şişme yüzdesi, örselenmemiş veya istenilen herhangi bir başlangıç koşulunda sıkıştırılarak hazırlanan zemin numunesinin su altında bırakılması sonucu hacminde meydana gelen artışın, başlangıç hacmine göre yüzdesini ifade etmektedir. Zemin numunesinin ıslanması (su altında bırakılması) sonrasında, yanal deformasyonların engellenmesi durumunda (bir boyutlu ödometre koşullarında) meydana gelen düşey boy değişimi veya eksenel deformasyonların engellenmesi durumunda (üç eksenli koşullarında) meydana gelen yanal çap değişimi şeklinde belirlenebilmektedir [30].

Bir boyutlu ödometre koşullarında, numunenin kesit alanı sabit tutulduğu için, şişme yüzdesinin hesaplanmasında aşağıdaki 4.1 eşitliği kullanılmaktadır.

$$S = \left(\frac{H_1 - H_0}{H_0} \right) \times 100\% \quad (4.1)$$

Burada,

S = Şişme yüzdesi,

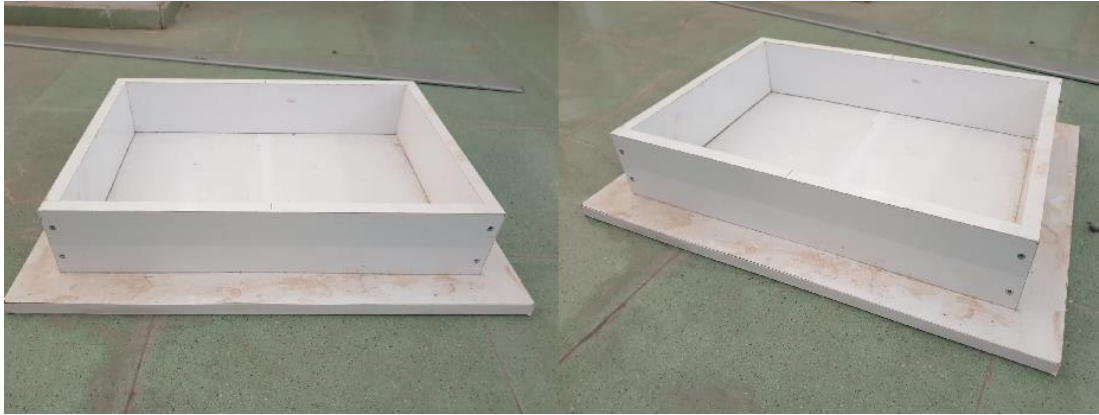
H₀ = Numunenin başlangıç yüksekliği,

H₁ = Şişme sonrasındaki numune yüksekliğidir.

Literatürde, farklı araştırmacıların çalışmalarında, şişme yüzdesinin belirlenmesinde; kullanılan deney sistemi ve izlenen prosedür açısından önemli farklılıklar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda; örselenmemiş zemin numuneleri, örselenmemiş ancak havada kurutularak su muhtevası düşürülmüş zemin numuneleri ya da istenilen

su muhtevası ve birim hacim ağırlık koşullarında sıkıştırılarak hazırlanan zemin numuneleri kullanılmaktadır. Numuneleri istenilen başlangıç koşullarında hazırlamak için statik ya da dinamik sıkıştırma yöntemleri uygulanmaktadır. Yükleme koşulları açısından; 1 kPa, 7 kPa, 10 kPa vb. sürşarj yükleri altında veya zeminin arazide maruz kalacağı yüke eşdeğer sürşarj altında deneyler yapılmaktadır. Ayrıca, deneylerin uygulanması sırasında numuneler, tamamen su altında bırakılmakta veya kapiler yolla su emmeleri sağlanarak şişmelerine izin verilen teknikler uygulanmaktadır.

Zeminin, doğal birim hacim koşullarında sıkıştırılarak yerleştirildiği kür tankı 50 cm x 70 cm boyutlarında ve yüksekliği 10 cm olarak hazırlanmıştır. Kür tankı Şekil 4.2’de görülmektedir.



Şekil 4.2. Kür Tankının Görünümü

Kür tankının yan yüzeyini oluşturan ahşap ile taban kısmı su geçirmeyecek şekilde silikonla güçlendirilmiştir.

4.4. Kontrol Numunesi Olarak Belirlenen Numunenin Şişme Yüzdesi Değerinin Bulunması

Kil Aktivite hesaplamalarının ve indeks deneylerinin bitirilmesinden sonra kil numune üzerinde şişme deneyleri yapılmıştır. Şişme değerinin belirlenmesi için, kil numuneden 3 farklı deney numunesi alınmış ve daha güvenilir sonuçlar elde etmek

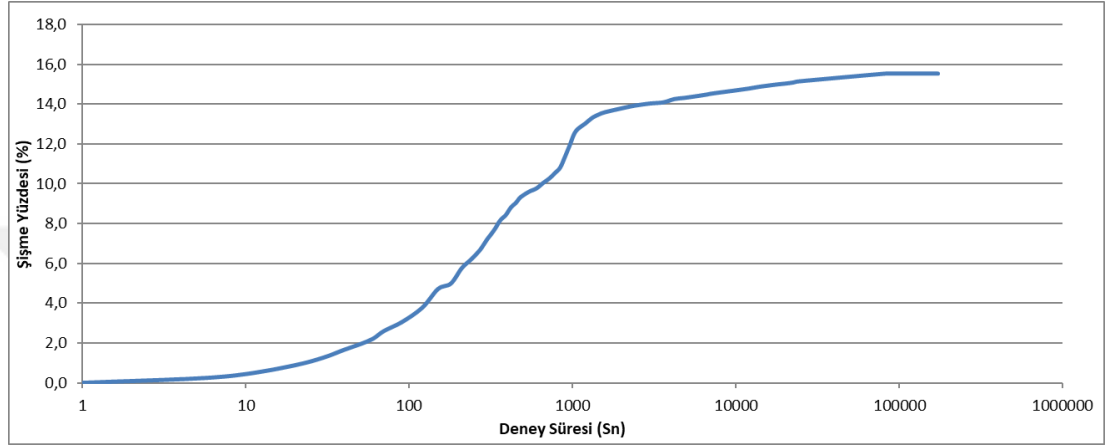
amacıyla aynı noktaya ait 3 numune üzerinde şişme deneyi yapılmıştır. Üç kere tekrarlanan şişme deneyleri sonrasında çok benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Konsolidasyon deneylerinde için, doğal zemindeki yoğunluğun sağlanması açısından, konsolidasyon halkası içerisine girmesi gereken numune miktarı hesaplanmış, bulunan zemin miktarı tartılarak ayrılmış ve konsolidasyon halkasının içerisine tüm zemin miktarı girecek şekilde sıkıştırılarak konulmuştur. Dolayısıyla numune alınan noktadaki yoğunluk, halka içerisinde de birebir sağlanmıştır. Konsolidasyon deneyi, numune sıfır su içeriğine gelecek şekilde 24 saat (halka ile beraber) etüvde bekletilmiş ve zeminin şişme yüzdesi değeri sıfır su içeriğinden itibaren saptanmıştır. Kurutulan numune konsolidasyon hücresine yerleştirilmiş ve konsolidasyon hücresi suyla doldurulduktan sonra numunenin şişmesi 48 saat boyunca takip edilmiştir. Yapılan şişme deneyine ait sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kontrol Numunesi Şişme Deneyi Okumaları

Zaman (sn)	Okumalar	Sıfırlama Değeri	Şişme (%)
1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4
20	316	0,16	0,9
30	323	0,23	1,3
40	330	0,3	1,7
50	335	0,35	1,9
60	340	0,4	2,2
70	347	0,47	2,6
90	355	0,55	3,1
120	368	0,68	3,8
150	385	0,85	4,7
180	390	0,9	5,0
210	404	1,04	5,8
240	412	1,12	6,2
270	420	1,2	6,7
300	430	1,3	7,2
330	438	1,38	7,7
360	447	1,47	8,2
390	452	1,52	8,4
420	459	1,59	8,8
450	463	1,63	9,1
480	468	1,68	9,3
540	473	1,73	9,6
600	476	1,76	9,8
660	481	1,81	10,1
720	485	1,85	10,3
780	490	1,9	10,6
840	495	1,95	10,8
900	505	2,05	11,4
960	515	2,15	11,9
1020	525	2,25	12,5
1080	530	2,3	12,8
1200	535	2,35	13,1
1320	540	2,4	13,3
1500	544	2,44	13,6
1680	546	2,46	13,7
1920	548	2,48	13,8
2400	551	2,51	13,9
3000	553	2,53	14,1
3600	554	2,54	14,1
4200	557	2,57	14,3
4800	558	2,58	14,3
5400	559	2,59	14,4
6000	560	2,6	14,4
6600	561	2,61	14,5
7200	562	2,62	14,6
11400	566	2,66	14,8
13800	568	2,68	14,9
17400	570	2,7	15,0
20100	571	2,71	15,1
22500	572	2,72	15,1
24300	573	2,73	15,2
81900	580	2,8	15,6
86400	580	2,8	15,6
172800	580	2,8	15,6

Çizelge 4.2’de görülen şişme deneyi sonuçları Excel programı yardımıyla zamana bağlı şişme yüzdesi değişimini gösterecek şekilde düzenlenmiştir. Bu eğri Şekil 4.3’de gösterilmektedir. Aktif kil olarak belirlenen kil numunesi beklendiği şekilde belli bir süre ani şişme eğilimi göstermiş, süre ilerledikçe yatay bir seyir izlemiştir. Numune bozulmadan deney 2 gün boyunca devam ettirilmiş ve ilk günün sonundaki değer sabit kaldığı gözlenmiştir.



Şekil 4.3. Kontrol numunesi şişme eğrisi

Yapılan konsolidasyon deneyleri sonucunda, kontrol numunesi şişme yüzdesi değeri 15,60 olarak bulunmuştur. Bu değer, Çizelge 4.2’de gösterilmektedir. Konsolidasyon deney düzeneği, 24 saatin sonunda bozulmamış ve 48 saatlik şişme yüzdesine bakıldığında numunenin 15,60 şişme yüzdesi değerini koruduğu saptanmıştır.

4.5. Belirlenen Lokasyondan Alınan Örnekler Üzerinde Uçucu Kül Karışımı ve Uçucu Kül Kolonu Yöntemlerinin Uygulanarak Şişme Yüzdesi Değerlerinin Bulunması

Kontrol numunesi üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi sonucunda elde edilen şişme yüzdesi değeri esas alınarak önceden belirlenen karışım ve uçucu kül kolonu çalışmaları başlatılmıştır. İlk olarak zemin numunesine %2, %4 ve %6 oranında uçucu kül karıştırılmış, zemin kalıbına yerleştirilmiş ve 30 gün boyunca gün aşırı olmak üzere belli ölçüde sulanmıştır. 30 günün sonunda her bir karışımdan konsolidasyon

halkası yardımıyla numune alınarak konsolidasyon deneyi yapılmıştır. Elde edilen okuma sonuçları ve şişme eğrisi sonuçlar bölümünde sunulmuştur.

Bir sonraki aşamada, numune zemin kalıbına doğal birim hacim ağırlığında sıkıştırılmış, numune üzerinde konsolidasyon halkasıyla aynı çapta uçucu kül kolonu oluşturulmuştur. Oluşturulan 9 adet zemin kalıbının 3 tanesine 30 günlük kür süresi, 3 tanesine 60 günlük kür süresi diğer 3 tanesine ise 90 günlük kür süresi uygulanmıştır. Kür süresi sonunda kül kolonundan öncelikle aralık vermeden hemen yanından (Deney sonuç bölümünde 0 boy uzakta olarak adlandırılmıştır), ikinci zemin kalıbından 1 konsolidasyon halkası aralık verilerek (Deney sonuç bölümünde 1 boy uzakta olarak adlandırılmıştır), üçüncü zemin kalıbından ise 2 konsolidasyon halkası aralık verilerek (Deney sonuç bölümünde 2 boy uzakta olarak adlandırılmıştır) konsolidasyon numunesi alınmış ve şişme yüzdesi değerleri ölçülmüştür. Bu işlemler 60 ve 90 günlük kür süreleri uygulanan zemin kalıpları için tekrarlanmış ve deney sonuçları ile şişme eğrileri oluşturulmuştur.

Sonraki deney guruplarında ise uçucu kül kolonlarının iki boyutlu etkisine bakılması planlanmıştır. Uçucu kül kolonları deney numunesi alınacak alanın etrafına belirlenen uzaklıkta yerleştirilmiştir. Böylece arazide uygulanacak bu kolonların karelej sistemiyle tüm yapı altı zeminine uygulanarak yapılardaki zemin şişmesinin olumsuz etkilerinin azaltılması planlanmaktadır.

3 adet zemin kalıbına, merkezde numune alınacak ve deneye tabi tutulacak alan bırakılarak önce aralık vermeden artı biçiminde karelej oluşturacak şekilde 4 adet uçucu kül kolonu oluşturulmuş, her bir kalıp 30, 60 ve 90 günlük kür sürelerine tabi tutulmuştur. Bu zemin numunelerine 0 boy uzakta 30 günlük kür süresi (karelej), 0 boy uzakta 60 günlük kür süresi (karelej) ve 0 boy uzakta 90 günlük kür süresi (karelej) isimleri verilmiştir.

Bu işlemin ardından; 3 adet zemin kalıbına, merkezde numune alınacak ve deneye tabi tutulacak alandan bir konsolidasyon halkası kadar aralık bırakılarak artı biçiminde karelej oluşturacak şekilde 4 adet uçucu kül kolonu oluşturulmuş, her bir kalıp 30, 60 ve 90 günlük kür sürelerine tabi tutulmuştur. Bu zemin numunelerine 1 boy uzakta 30

günlük kür süresi (karelaj), 1 boy uzakta 60 günlük kür süresi (karelaj) ve 1 boy uzakta 90 günlük kür süresi (karelaj) isimleri verilmiştir.

Son olarak; 3 adet zemin kalıbına, merkezde numune alınacak ve deneye tabi tutulacak alandan iki konsolidasyon halkası kadar aralık bırakılarak artı biçiminde karelaj oluşturacak şekilde 4 adet uçucu kül kolonu oluşturulmuş, her bir kalıp 30, 60 ve 90 günlük kür sürelerine tabi tutulmuştur. Bu zemin numunelerine 2 boy uzakta 30 günlük kür süresi (karelaj), 2 boy uzakta 60 günlük kür süresi (karelaj) ve 2 boy uzakta 90 günlük kür süresi (karelaj) isimleri verilmiştir.

Deney sonuçları değerlendirilirken 30 günlük kür süresine sahip numuneler aynı şişme eğrisi diyagramında, 60 günlük kür süresine sahip numuneler aynı şişme eğrisi diyagramında ve 90 günlük kür süresine sahip numuneler aynı şişme eğrisi diyagramında sunulmuştur. Tüm deney sonuçları Excel programı yardımıyla şişme eğrisi diyagramına dönüştürülmüştür. Tüm deney grupları kontrol numunesi ile kıyaslanmış ve şişme eğrisindeki iyileşme açıkça görülmüştür. Son olarak, yapılan tüm deneylerdeki nihai şişme yüzdesi değerleri tablo haline getirilerek çalışmanın sonuçlar bölümünde sunulmuştur.

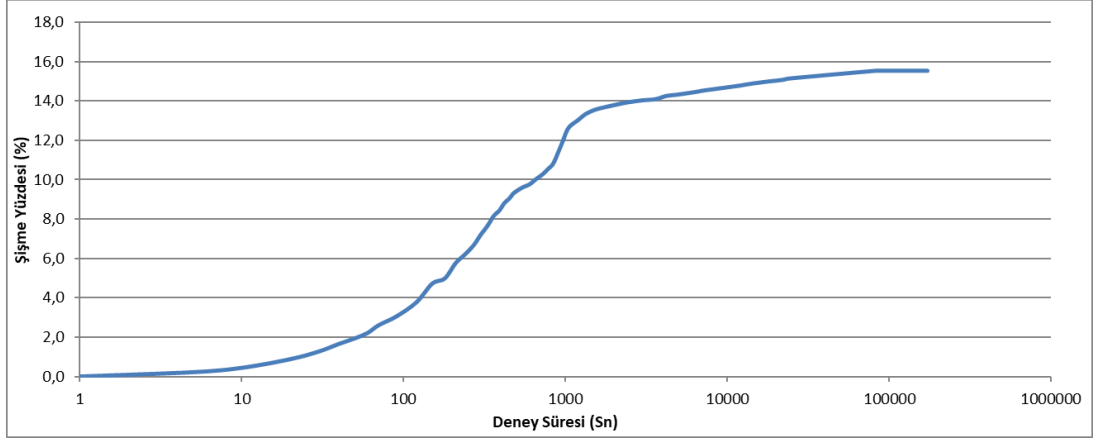
4.5.1. Labaratuar Deney Okumaları ve Sonuçları

4.5.1.1. Kontrol Numunesi

Kontrol numunesi üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 15,6 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.3’de gösterilmektedir. Şişme yüzdesi eğrisi Şekil 4.4’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. Kontrol Numunesi Okuma Değerleri

Deney Süresi (sn)	Okumalar	Sıfırlama Değeri	Şişme Yüzdesi (%)
1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4
20	316	0,16	0,9
30	323	0,23	1,3
40	330	0,3	1,7
50	335	0,35	1,9
60	340	0,4	2,2
70	347	0,47	2,6
90	355	0,55	3,1
120	368	0,68	3,8
150	385	0,85	4,7
180	390	0,9	5,0
210	404	1,04	5,8
240	412	1,12	6,2
270	420	1,2	6,7
300	430	1,3	7,2
330	438	1,38	7,7
360	447	1,47	8,2
390	452	1,52	8,4
420	459	1,59	8,8
450	463	1,63	9,1
480	468	1,68	9,3
540	473	1,73	9,6
600	476	1,76	9,8
660	481	1,81	10,1
720	485	1,85	10,3
780	490	1,9	10,6
840	495	1,95	10,8
900	505	2,05	11,4
960	515	2,15	11,9
1020	525	2,25	12,5
1080	530	2,3	12,8
1200	535	2,35	13,1
1320	540	2,4	13,3
1500	544	2,44	13,6
1680	546	2,46	13,7
1920	548	2,48	13,8
2400	551	2,51	13,9
3000	553	2,53	14,1
3600	554	2,54	14,1
4200	557	2,57	14,3
4800	558	2,58	14,3
5400	559	2,59	14,4
6000	560	2,6	14,4
6600	561	2,61	14,5
7200	562	2,62	14,6
11400	566	2,66	14,8
13800	568	2,68	14,9
17400	570	2,7	15,0
20100	571	2,71	15,1
22500	572	2,72	15,1
24300	573	2,73	15,2
81900	580	2,8	15,6
86400	580	2,8	15,6
172800	580	2,8	15,6



Şekil 4.4. Kontrol Numunesi Şişme Yüzdesi Eğrisi

Sonraki deneylerde; karışım oranı, deney numunesine olan uzaklık ve kür süresinin gösterilmesinin kolaylaştırılması açısından birtakım kısaltmalar yapılmıştır. Numuneye olan uzaklık, UD tüpü ile açılan uçucu kül kolonu çapı kadar olan boy uzaklık ve uçucu kül kolonunun karelaj şekliyle yapılmasından meydana geldiğinden karelaj olan numuneler (K) kısaltmasıyla belirtilmiştir. Yapılan karelajın şekli her bir okuma tablosunun yanında gösterilmiştir. Yapılan kısaltmalar ve açılımları Çizelge 4.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Yapılan Kısaltmalar ve Açılımları

YAPILAN KISALTMALAR VE AÇILIMLARI	
KISALTMA	AÇILIMI
KN	Kontrol Numunesi
%2 UKK	Yüzde İki Uçucu Kül Katkısı
%4 UKK	Yüzde Dört Uçucu Kül Katkısı
%6 UKK	Yüzde Altı Uçucu Kül Katkısı
0BU 30GKS	Sıfır Boy Uzakta ve Otuz Günlük Kür Süresi
1BU 30GKS	Bir Boy Uzakta ve Otuz Günlük Kür Süresi
2BU 30GKS	İki Boy Uzakta ve Otuz Günlük Kür Süresi
0BU 60GKS	Sıfır Boy Uzakta ve Altmış Günlük Kür Süresi
1BU 60GKS	Bir Boy Uzakta ve Altmış Günlük Kür Süresi
2BU 60GKS	İki Boy Uzakta ve Altmış Günlük Kür Süresi
0BU 90GKS	Sıfır Boy Uzakta ve Doksan Günlük Kür Süresi
1BU 90GKS	Bir Boy Uzakta ve Doksan Günlük Kür Süresi
2BU 90GKS	İki Boy Uzakta ve Doksan Günlük Kür Süresi
0BU 30GKS(K)	Sıfır Boy Uzakta ve Otuz Günlük Kür Süresi (Karelaj)
1BU 30GKS(K)	Bir Boy Uzakta ve Otuz Günlük Kür Süresi (Karelaj)
2BU 30GKS(K)	İki Boy Uzakta ve Otuz Günlük Kür Süresi (Karelaj)
0BU 60GKS(K)	Sıfır Boy Uzakta ve Altmış Günlük Kür Süresi (Karelaj)
1BU 60GKS(K)	Bir Boy Uzakta ve Altmış Günlük Kür Süresi (Karelaj)
2BU 60GKS(K)	İki Boy Uzakta ve Altmış Günlük Kür Süresi (Karelaj)
0BU 90GKS(K)	Sıfır Boy Uzakta ve Doksan Günlük Kür Süresi (Karelaj)
1BU 90GKS(K)	Bir Boy Uzakta ve Doksan Günlük Kür Süresi (Karelaj)
2BU 90GKS(K)	İki Boy Uzakta ve Doksan Günlük Kür Süresi (Karelaj)

Yapılan kısaltmalar sayesinde, numune adlarının tabloya aktarılması ve okunması kolaylaştırılmıştır. Ayrıca her yapılan deneyin şişme eğrisi grafiğinde Kontrol Numunesi ile karşılaştırma yapılmıştır. 30, 60 ve 90 günlük kür sürelerinin bitiminde ise tüm deney sonuçları birbirleri ile kıyaslanarak birleşik olarak sunulmuştur. Ayrıca bu okumalara karşılık gelen deney sonuçlarının tümü her bir deney süresi bitiminde birleşik olarak şişme eğrisi grafiğinde gösterilmiştir.

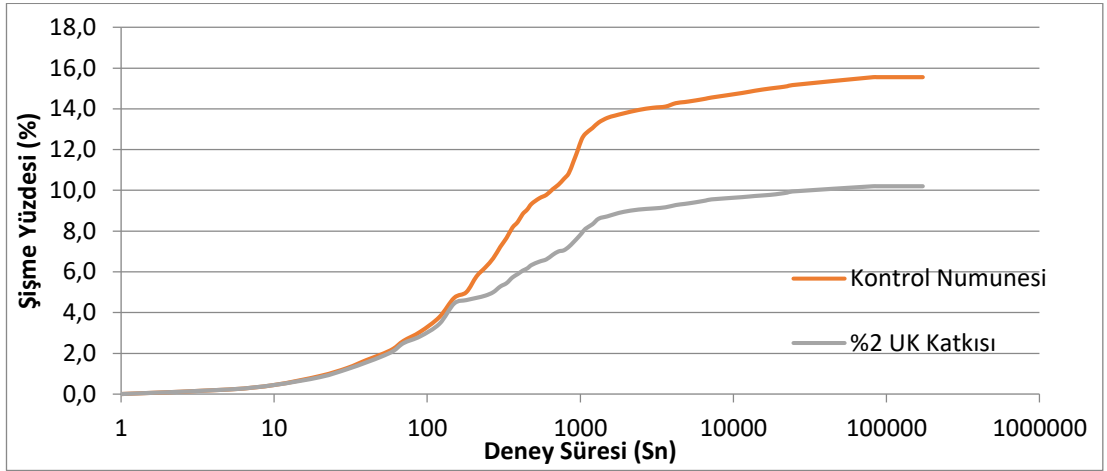
4.5.1.2. %2 Uçucu Kül Katkısı

%2 uçucu kül katkısı eklenen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin yüzde 10,2 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma

değerleri Çizelge 4.5’de gösterilmektedir. Şişme yüzdesi eğrisi Şekil 4.5’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.5. %2 Uçucu Kül Katkısı Okumaları

Kontrol N.				%2 UKK			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	308	0,08	0,4
20	316	0,16	0,9	20	315	0,15	0,8
30	323	0,23	1,3	30	322	0,22	1,2
40	330	0,3	1,7	40	328	0,28	1,6
50	335	0,35	1,9	50	333	0,33	1,8
60	340	0,4	2,2	60	338	0,38	2,1
70	347	0,47	2,6	70	345	0,45	2,5
90	355	0,55	3,1	90	351	0,51	2,8
120	368	0,68	3,8	120	362	0,62	3,4
150	385	0,85	4,7	150	380	0,8	4,4
180	390	0,9	5,0	180	383	0,83	4,6
210	404	1,04	5,8	210	385	0,85	4,7
240	412	1,12	6,2	240	387	0,87	4,8
270	420	1,2	6,7	270	390	0,9	5,0
300	430	1,3	7,2	300	395	0,95	5,3
330	438	1,38	7,7	330	398	0,98	5,4
360	447	1,47	8,2	360	403	1,03	5,7
390	452	1,52	8,4	390	406	1,06	5,9
420	459	1,59	8,8	420	409	1,09	6,1
450	463	1,63	9,1	450	411	1,11	6,2
480	468	1,68	9,3	480	414	1,14	6,3
540	473	1,73	9,6	540	417	1,17	6,5
600	476	1,76	9,8	600	419	1,19	6,6
660	481	1,81	10,1	660	423	1,23	6,8
720	485	1,85	10,3	720	426	1,26	7,0
780	490	1,9	10,6	780	427	1,27	7,1
840	495	1,95	10,8	840	430	1,3	7,2
900	505	2,05	11,4	900	434	1,34	7,4
960	515	2,15	11,9	960	438	1,38	7,7
1020	525	2,25	12,5	1020	442	1,42	7,9
1080	530	2,3	12,8	1080	446	1,46	8,1
1200	535	2,35	13,1	1200	450	1,5	8,3
1320	540	2,4	13,3	1320	455	1,55	8,6
1500	544	2,44	13,6	1500	457	1,57	8,7
1680	546	2,46	13,7	1680	459	1,59	8,8
1920	548	2,48	13,8	1920	461	1,61	8,9
2400	551	2,51	13,9	2400	463	1,63	9,1
3000	553	2,53	14,1	3000	464	1,64	9,1
3600	554	2,54	14,1	3600	465	1,65	9,2
4200	557	2,57	14,3	4200	467	1,67	9,3
4800	558	2,58	14,3	4800	468	1,68	9,3
5400	559	2,59	14,4	5400	469	1,69	9,4
6000	560	2,6	14,4	6000	470	1,7	9,4
6600	561	2,61	14,5	6600	471	1,71	9,5
7200	562	2,62	14,6	7200	472	1,72	9,6
11400	566	2,66	14,8	11400	474	1,74	9,7
13800	568	2,68	14,9	13800	475	1,75	9,7
17400	570	2,7	15,0	17400	476	1,76	9,8
20100	571	2,71	15,1	20100	477	1,77	9,8
22500	572	2,72	15,1	22500	478	1,78	9,9
24300	573	2,73	15,2	24300	479	1,79	9,9
81900	580	2,8	15,6	81900	484	1,84	10,2
86400	580	2,8	15,6	86400	484	1,84	10,2
172800	580	2,8	15,6	172800	484	1,84	10,2



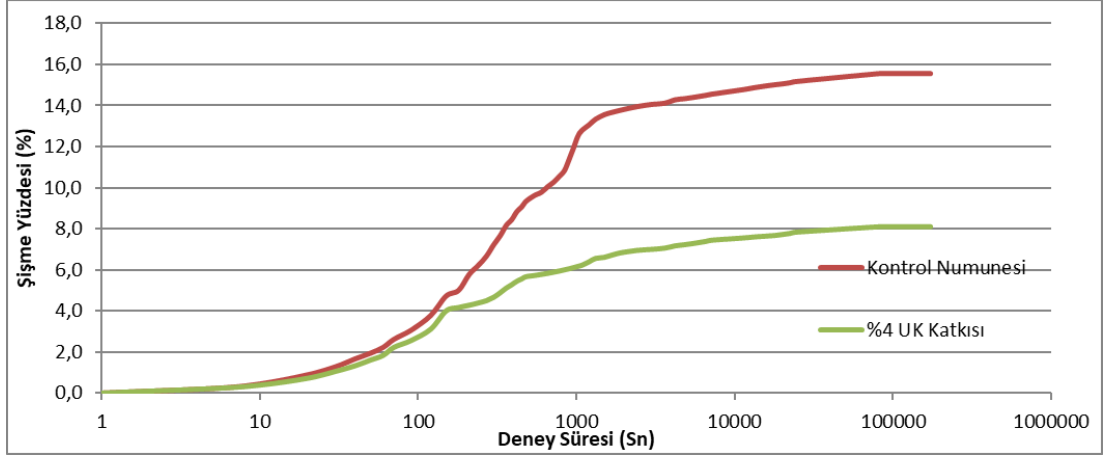
Şekil 4.5. %2 Uçucu Kül Katkısı Numunesi Şişme Eğrisi

4.5.1.3. %4 Uçucu Kül Katkısı

%4 uçucu kül katkısı eklenen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 8,1 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.6'da gösterilmektedir. Şişme yüzdesi eğrisi Şekil 4.6'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.6. %4 Uçucu Kül Katkısı Okumaları

Kontrol N.				%4 UKK			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	313	0,13	0,7
30	323	0,23	1,3	30	319	0,19	1,1
40	330	0,3	1,7	40	324	0,24	1,3
50	335	0,35	1,9	50	329	0,29	1,6
60	340	0,4	2,2	60	333	0,33	1,8
70	347	0,47	2,6	70	340	0,4	2,2
90	355	0,55	3,1	90	346	0,46	2,6
120	368	0,68	3,8	120	356	0,56	3,1
150	385	0,85	4,7	150	372	0,72	4,0
180	390	0,9	5,0	180	375	0,75	4,2
210	404	1,04	5,8	210	377	0,77	4,3
240	412	1,12	6,2	240	379	0,79	4,4
270	420	1,2	6,7	270	381	0,81	4,5
300	430	1,3	7,2	300	384	0,84	4,7
330	438	1,38	7,7	330	388	0,88	4,9
360	447	1,47	8,2	360	392	0,92	5,1
390	452	1,52	8,4	390	395	0,95	5,3
420	459	1,59	8,8	420	398	0,98	5,4
450	463	1,63	9,1	450	400	1	5,6
480	468	1,68	9,3	480	402	1,02	5,7
540	473	1,73	9,6	540	403	1,03	5,7
600	476	1,76	9,8	600	404	1,04	5,8
660	481	1,81	10,1	660	405	1,05	5,8
720	485	1,85	10,3	720	406	1,06	5,9
780	490	1,9	10,6	780	407	1,07	5,9
840	495	1,95	10,8	840	408	1,08	6,0
900	505	2,05	11,4	900	409	1,09	6,1
960	515	2,15	11,9	960	410	1,1	6,1
1020	525	2,25	12,5	1020	411	1,11	6,2
1080	530	2,3	12,8	1080	412	1,12	6,2
1200	535	2,35	13,1	1200	415	1,15	6,4
1320	540	2,4	13,3	1320	418	1,18	6,6
1500	544	2,44	13,6	1500	419	1,19	6,6
1680	546	2,46	13,7	1680	421	1,21	6,7
1920	548	2,48	13,8	1920	423	1,23	6,8
2400	551	2,51	13,9	2400	425	1,25	6,9
3000	553	2,53	14,1	3000	426	1,26	7,0
3600	554	2,54	14,1	3600	427	1,27	7,1
4200	557	2,57	14,3	4200	429	1,29	7,2
4800	558	2,58	14,3	4800	430	1,3	7,2
5400	559	2,59	14,4	5400	431	1,31	7,3
6000	560	2,6	14,4	6000	432	1,32	7,3
6600	561	2,61	14,5	6600	433	1,33	7,4
7200	562	2,62	14,6	7200	434	1,34	7,4
11400	566	2,66	14,8	11400	436	1,36	7,6
13800	568	2,68	14,9	13800	437	1,37	7,6
17400	570	2,7	15,0	17400	438	1,38	7,7
20100	571	2,71	15,1	20100	439	1,39	7,7
22500	572	2,72	15,1	22500	440	1,4	7,8
24300	573	2,73	15,2	24300	441	1,41	7,8
81900	580	2,8	15,6	81900	445	1,45	8,1
86400	580	2,8	15,6	86400	445	1,45	8,1
172800	580	2,8	15,6	172800	445	1,45	8,1



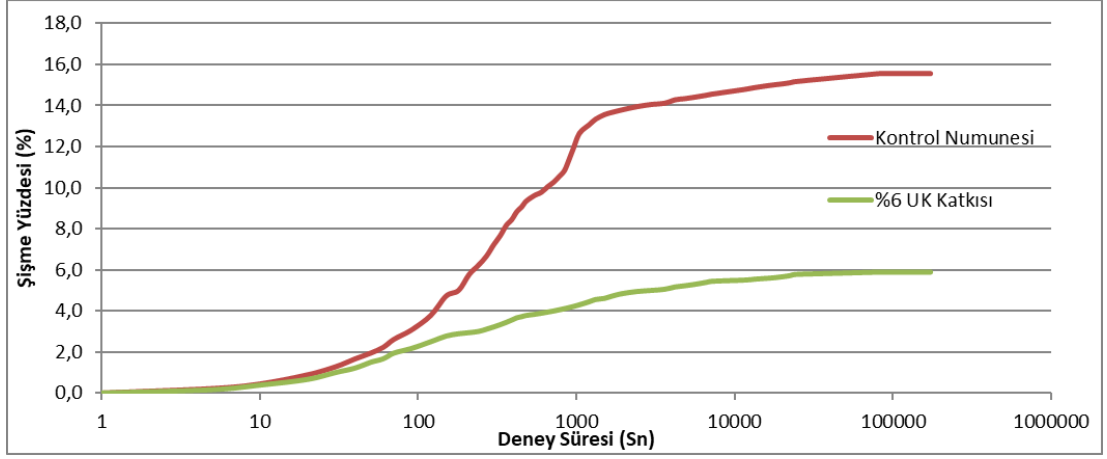
Şekil 4.6. %4 Uçucu Kül Katkısı Numunesi Şişme Eğrisi

4.5.1.4. %6 Uçucu Kül Katkısı

%6 uçucu kül katkısı eklenen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 5,9 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.7’da gösterilmektedir. Şişme yüzdesi eğrisi Şekil 4.7’da gösterilmektedir.

Çizelge 4.7. %6 Uçucu Kül Katkısı Okumaları

Kontrol N.				%6 UKK			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	303	0,03	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	312	0,12	0,7
30	323	0,23	1,3	30	318	0,18	1,0
40	330	0,3	1,7	40	322	0,22	1,2
50	335	0,35	1,9	50	327	0,27	1,5
60	340	0,4	2,2	60	330	0,3	1,7
70	347	0,47	2,6	70	335	0,35	1,9
90	355	0,55	3,1	90	339	0,39	2,2
120	368	0,68	3,8	120	345	0,45	2,5
150	385	0,85	4,7	150	350	0,5	2,8
180	390	0,9	5,0	180	352	0,52	2,9
210	404	1,04	5,8	210	353	0,53	2,9
240	412	1,12	6,2	240	354	0,54	3,0
270	420	1,2	6,7	270	356	0,56	3,1
300	430	1,3	7,2	300	358	0,58	3,2
330	438	1,38	7,7	330	360	0,6	3,3
360	447	1,47	8,2	360	362	0,62	3,4
390	452	1,52	8,4	390	364	0,64	3,6
420	459	1,59	8,8	420	366	0,66	3,7
450	463	1,63	9,1	450	367	0,67	3,7
480	468	1,68	9,3	480	368	0,68	3,8
540	473	1,73	9,6	540	369	0,69	3,8
600	476	1,76	9,8	600	370	0,7	3,9
660	481	1,81	10,1	660	371	0,71	3,9
720	485	1,85	10,3	720	372	0,72	4,0
780	490	1,9	10,6	780	373	0,73	4,1
840	495	1,95	10,8	840	374	0,74	4,1
900	505	2,05	11,4	900	375	0,75	4,2
960	515	2,15	11,9	960	376	0,76	4,2
1020	525	2,25	12,5	1020	377	0,77	4,3
1080	530	2,3	12,8	1080	378	0,78	4,3
1200	535	2,35	13,1	1200	380	0,8	4,4
1320	540	2,4	13,3	1320	382	0,82	4,6
1500	544	2,44	13,6	1500	383	0,83	4,6
1680	546	2,46	13,7	1680	385	0,85	4,7
1920	548	2,48	13,8	1920	387	0,87	4,8
2400	551	2,51	13,9	2400	389	0,89	4,9
3000	553	2,53	14,1	3000	390	0,9	5,0
3600	554	2,54	14,1	3600	391	0,91	5,1
4200	557	2,57	14,3	4200	393	0,93	5,2
4800	558	2,58	14,3	4800	394	0,94	5,2
5400	559	2,59	14,4	5400	395	0,95	5,3
6000	560	2,6	14,4	6000	396	0,96	5,3
6600	561	2,61	14,5	6600	397	0,97	5,4
7200	562	2,62	14,6	7200	398	0,98	5,4
11400	566	2,66	14,8	11400	399	0,99	5,5
13800	568	2,68	14,9	13800	400	1	5,6
17400	570	2,7	15,0	17400	401	1,01	5,6
20100	571	2,71	15,1	20100	402	1,02	5,7
22500	572	2,72	15,1	22500	403	1,03	5,7
24300	573	2,73	15,2	24300	404	1,04	5,8
81900	580	2,8	15,6	81900	406	1,06	5,9
86400	580	2,8	15,6	86400	406	1,06	5,9
172800	580	2,8	15,6	172800	406	1,06	5,9



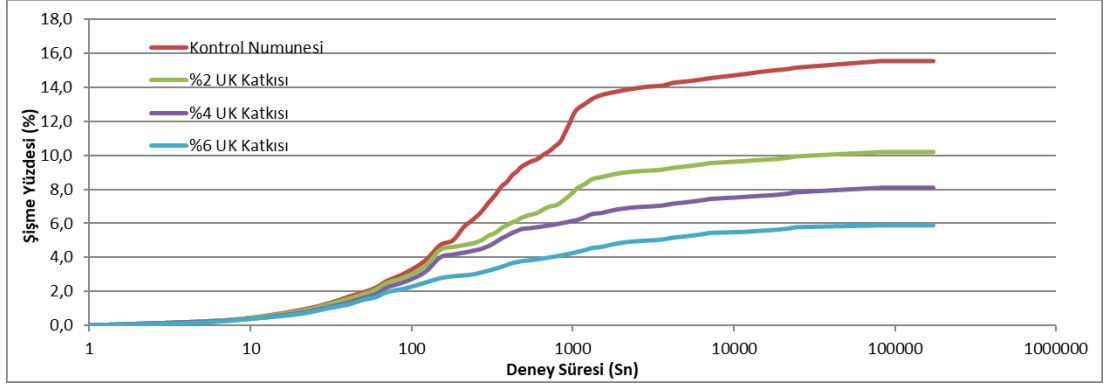
Şekil 4.7. %6 Uçucu Kül Katkısı Numunesi Şişme Eğrisi

4.5.1.5. Kontrol Numunesi, %2, %4 ve %6 Uçucu Kül Katkısı

%2, %4 ve %6 uçucu kül katkısı eklenen numuneler üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunelerin, sırayla yüzde 10,2, yüzde 8,1 ve yüzde 5,9 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.8’de gösterilmektedir. Tüm numunelerin şişme yüzdesi eğrileri Şekil 4.8’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.8. Kontrol Numunesi, %2, %4 ve %6 Uçucu Kül Katkısı Okumaları

Kontrol N.				%2 UKK				%4 UKK				%6 UKK			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0	1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2	5	303	0,03	0,2
10	308	0,08	0,4	10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	315	0,15	0,8	20	313	0,13	0,7	20	312	0,12	0,7
30	323	0,23	1,3	30	322	0,22	1,2	30	319	0,19	1,1	30	318	0,18	1,0
40	330	0,3	1,7	40	328	0,28	1,6	40	324	0,24	1,3	40	322	0,22	1,2
50	335	0,35	1,9	50	333	0,33	1,8	50	329	0,29	1,6	50	327	0,27	1,5
60	340	0,4	2,2	60	338	0,38	2,1	60	333	0,33	1,8	60	330	0,3	1,7
70	347	0,47	2,6	70	345	0,45	2,5	70	340	0,4	2,2	70	335	0,35	1,9
90	355	0,55	3,1	90	351	0,51	2,8	90	346	0,46	2,6	90	339	0,39	2,2
120	368	0,68	3,8	120	362	0,62	3,4	120	356	0,56	3,1	120	345	0,45	2,5
150	385	0,85	4,7	150	380	0,8	4,4	150	372	0,72	4,0	150	350	0,5	2,8
180	390	0,9	5,0	180	383	0,83	4,6	180	375	0,75	4,2	180	352	0,52	2,9
210	404	1,04	5,8	210	385	0,85	4,7	210	377	0,77	4,3	210	353	0,53	2,9
240	412	1,12	6,2	240	387	0,87	4,8	240	379	0,79	4,4	240	354	0,54	3,0
270	420	1,2	6,7	270	390	0,9	5,0	270	381	0,81	4,5	270	356	0,56	3,1
300	430	1,3	7,2	300	395	0,95	5,3	300	384	0,84	4,7	300	358	0,58	3,2
330	438	1,38	7,7	330	398	0,98	5,4	330	388	0,88	4,9	330	360	0,6	3,3
360	447	1,47	8,2	360	403	1,03	5,7	360	392	0,92	5,1	360	362	0,62	3,4
390	452	1,52	8,4	390	406	1,06	5,9	390	395	0,95	5,3	390	364	0,64	3,6
420	459	1,59	8,8	420	409	1,09	6,1	420	398	0,98	5,4	420	366	0,66	3,7
450	463	1,63	9,1	450	411	1,11	6,2	450	400	1	5,6	450	367	0,67	3,7
480	468	1,68	9,3	480	414	1,14	6,3	480	402	1,02	5,7	480	368	0,68	3,8
540	473	1,73	9,6	540	417	1,17	6,5	540	403	1,03	5,7	540	369	0,69	3,8
600	476	1,76	9,8	600	419	1,19	6,6	600	404	1,04	5,8	600	370	0,7	3,9
660	481	1,81	10,1	660	423	1,23	6,8	660	405	1,05	5,8	660	371	0,71	3,9
720	485	1,85	10,3	720	426	1,26	7,0	720	406	1,06	5,9	720	372	0,72	4,0
780	490	1,9	10,6	780	427	1,27	7,1	780	407	1,07	5,9	780	373	0,73	4,1
840	495	1,95	10,8	840	430	1,3	7,2	840	408	1,08	6,0	840	374	0,74	4,1
900	505	2,05	11,4	900	434	1,34	7,4	900	409	1,09	6,1	900	375	0,75	4,2
960	515	2,15	11,9	960	438	1,38	7,7	960	410	1,1	6,1	960	376	0,76	4,2
1020	525	2,25	12,5	1020	442	1,42	7,9	1020	411	1,11	6,2	1020	377	0,77	4,3
1080	530	2,3	12,8	1080	446	1,46	8,1	1080	412	1,12	6,2	1080	378	0,78	4,3
1200	535	2,35	13,1	1200	450	1,5	8,3	1200	415	1,15	6,4	1200	380	0,8	4,4
1320	540	2,4	13,3	1320	455	1,55	8,6	1320	418	1,18	6,6	1320	382	0,82	4,6
1500	544	2,44	13,6	1500	457	1,57	8,7	1500	419	1,19	6,6	1500	383	0,83	4,6
1680	546	2,46	13,7	1680	459	1,59	8,8	1680	421	1,21	6,7	1680	385	0,85	4,7
1920	548	2,48	13,8	1920	461	1,61	8,9	1920	423	1,23	6,8	1920	387	0,87	4,8
2400	551	2,51	13,9	2400	463	1,63	9,1	2400	425	1,25	6,9	2400	389	0,89	4,9
3000	553	2,53	14,1	3000	464	1,64	9,1	3000	426	1,26	7,0	3000	390	0,9	5,0
3600	554	2,54	14,1	3600	465	1,65	9,2	3600	427	1,27	7,1	3600	391	0,91	5,1
4200	557	2,57	14,3	4200	467	1,67	9,3	4200	429	1,29	7,2	4200	393	0,93	5,2
4800	558	2,58	14,3	4800	468	1,68	9,3	4800	430	1,3	7,2	4800	394	0,94	5,2
5400	559	2,59	14,4	5400	469	1,69	9,4	5400	431	1,31	7,3	5400	395	0,95	5,3
6000	560	2,6	14,4	6000	470	1,7	9,4	6000	432	1,32	7,3	6000	396	0,96	5,3
6600	561	2,61	14,5	6600	471	1,71	9,5	6600	433	1,33	7,4	6600	397	0,97	5,4
7200	562	2,62	14,6	7200	472	1,72	9,6	7200	434	1,34	7,4	7200	398	0,98	5,4
11400	566	2,66	14,8	11400	474	1,74	9,7	11400	436	1,36	7,6	11400	399	0,99	5,5
13800	568	2,68	14,9	13800	475	1,75	9,7	13800	437	1,37	7,6	13800	400	1	5,6
17400	570	2,7	15,0	17400	476	1,76	9,8	17400	438	1,38	7,7	17400	401	1,01	5,6
20100	571	2,71	15,1	20100	477	1,77	9,8	20100	439	1,39	7,7	20100	402	1,02	5,7
22500	572	2,72	15,1	22500	478	1,78	9,9	22500	440	1,4	7,8	22500	403	1,03	5,7
24300	573	2,73	15,2	24300	479	1,79	9,9	24300	441	1,41	7,8	24300	404	1,04	5,8
81900	580	2,8	15,6	81900	484	1,84	10,2	81900	445	1,45	8,1	81900	406	1,06	5,9
86400	580	2,8	15,6	86400	484	1,84	10,2	86400	445	1,45	8,1	86400	406	1,06	5,9
172800	580	2,8	15,6	172800	484	1,84	10,2	172800	445	1,45	8,1	172800	406	1,06	5,9



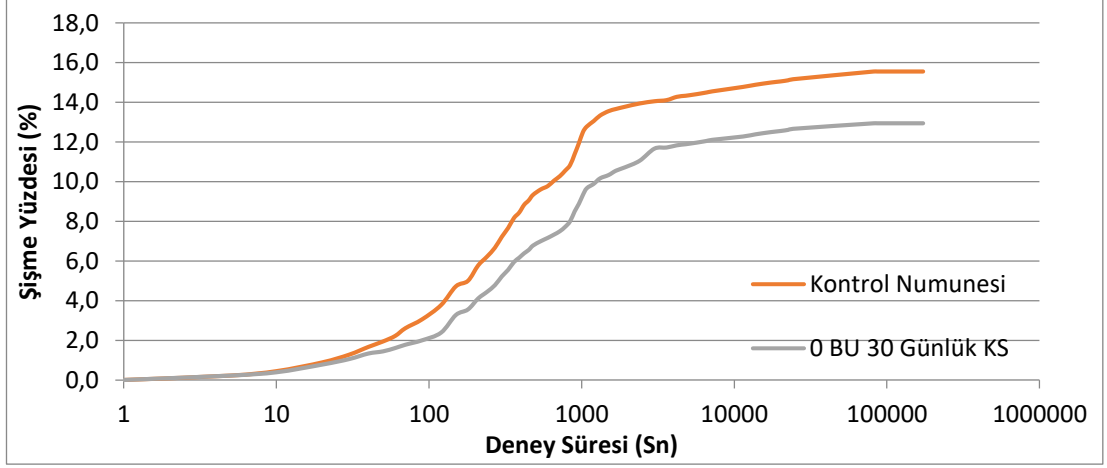
Şekil 4.8. %2, %4 ve %6 Uçucu Kül Katkısı Numuneleri Şişme Eğrisi

4.5.1.6. Sıfır Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları

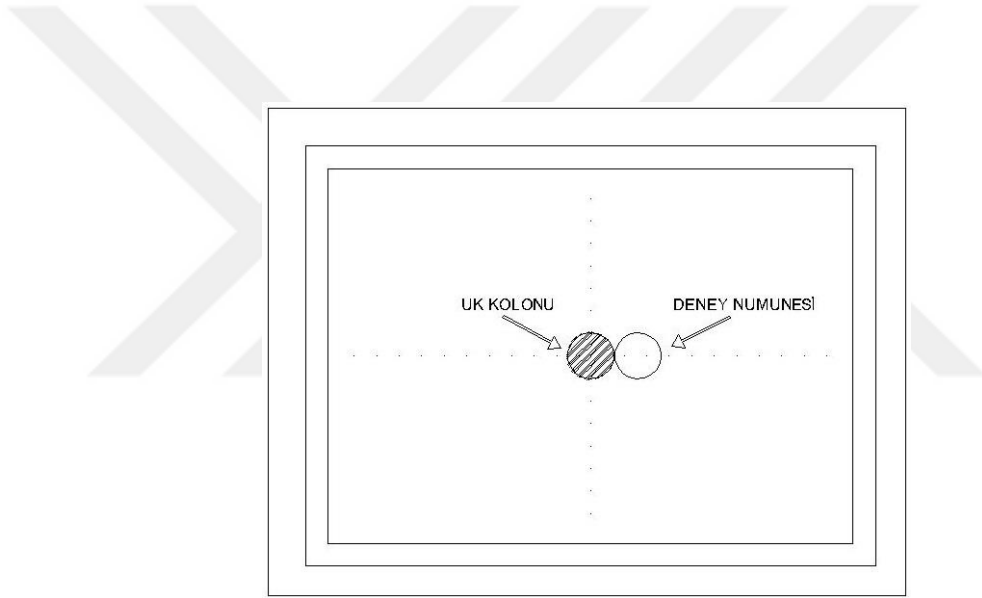
Sıfır boy uzakta ve 30 günlük kür süresi ile elde edilen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 12,9 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.9’da gösterilmektedir. Şişme yüzdesi eğrisi Şekil 4.9’da gösterilmektedir. Ayrıca deney numunesinin ve uçucu kül kolonunun deney tankındaki yerleşimi Şekil 4.10’da gösterilmektedir.

Çizelge 4.9. Sıfır Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları

Kontrol N.				0BU 30GKS			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	314	0,14	0,8
30	323	0,23	1,3	30	319	0,19	1,1
40	330	0,3	1,7	40	324	0,24	1,3
50	335	0,35	1,9	50	326	0,26	1,4
60	340	0,4	2,2	60	329	0,29	1,6
70	347	0,47	2,6	70	332	0,32	1,8
90	355	0,55	3,1	90	336	0,36	2,0
120	368	0,68	3,8	120	343	0,43	2,4
150	385	0,85	4,7	150	359	0,59	3,3
180	390	0,9	5,0	180	364	0,64	3,6
210	404	1,04	5,8	210	374	0,74	4,1
240	412	1,12	6,2	240	380	0,8	4,4
270	420	1,2	6,7	270	386	0,86	4,8
300	430	1,3	7,2	300	394	0,94	5,2
330	438	1,38	7,7	330	400	1	5,6
360	447	1,47	8,2	360	407	1,07	5,9
390	452	1,52	8,4	390	411	1,11	6,2
420	459	1,59	8,8	420	415	1,15	6,4
450	463	1,63	9,1	450	418	1,18	6,6
480	468	1,68	9,3	480	422	1,22	6,8
540	473	1,73	9,6	540	426	1,26	7,0
600	476	1,76	9,8	600	429	1,29	7,2
660	481	1,81	10,1	660	432	1,32	7,3
720	485	1,85	10,3	720	435	1,35	7,5
780	490	1,9	10,6	780	439	1,39	7,7
840	495	1,95	10,8	840	444	1,44	8,0
900	505	2,05	11,4	900	453	1,53	8,5
960	515	2,15	11,9	960	460	1,6	8,9
1020	525	2,25	12,5	1020	468	1,68	9,3
1080	530	2,3	12,8	1080	474	1,74	9,7
1200	535	2,35	13,1	1200	478	1,78	9,9
1320	540	2,4	13,3	1320	483	1,83	10,2
1500	544	2,44	13,6	1500	486	1,86	10,3
1680	546	2,46	13,7	1680	490	1,9	10,6
1920	548	2,48	13,8	1920	493	1,93	10,7
2400	551	2,51	13,9	2400	499	1,99	11,1
3000	553	2,53	14,1	3000	510	2,1	11,7
3600	554	2,54	14,1	3600	511	2,11	11,7
4200	557	2,57	14,3	4200	513	2,13	11,8
4800	558	2,58	14,3	4800	514	2,14	11,9
5400	559	2,59	14,4	5400	515	2,15	11,9
6000	560	2,6	14,4	6000	516	2,16	12,0
6600	561	2,61	14,5	6600	517	2,17	12,1
7200	562	2,62	14,6	7200	518	2,18	12,1
11400	566	2,66	14,8	11400	521	2,21	12,3
13800	568	2,68	14,9	13800	523	2,23	12,4
17400	570	2,7	15,0	17400	525	2,25	12,5
20100	571	2,71	15,1	20100	526	2,26	12,6
22500	572	2,72	15,1	22500	527	2,27	12,6
24300	573	2,73	15,2	24300	528	2,28	12,7
81900	580	2,8	15,6	81900	533	2,33	12,9
86400	580	2,8	15,6	86400	533	2,33	12,9
172800	580	2,8	15,6	172800	533	2,33	12,9



Şekil 4.9. Sıfır Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Numunesi Şişme Eğrisi



Şekil 4.10. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi

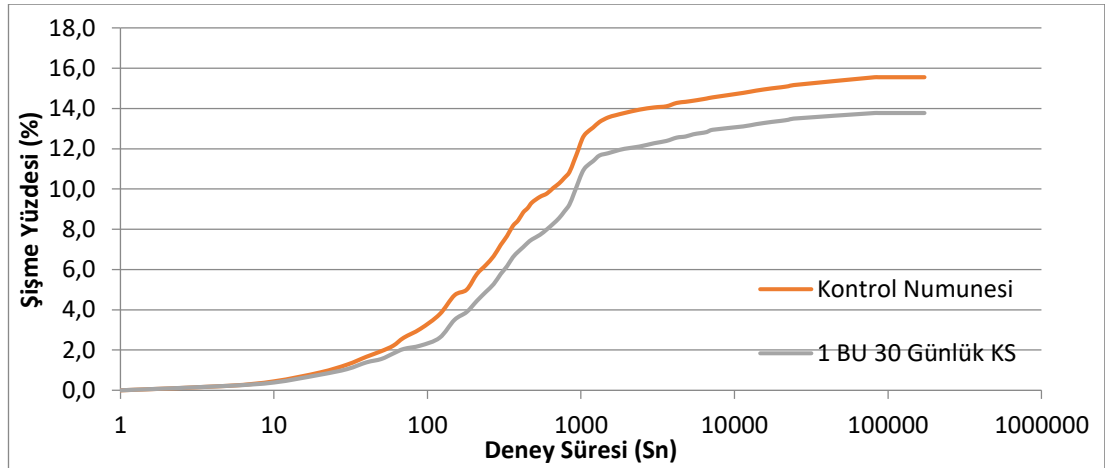
4.5.1.7. Bir Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları

Bir boy uzakta ve 30 günlük kür süresi ile elde edilen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 13,8 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.10'da gösterilmektedir. Şişme yüzdesi eğrisi Şekil

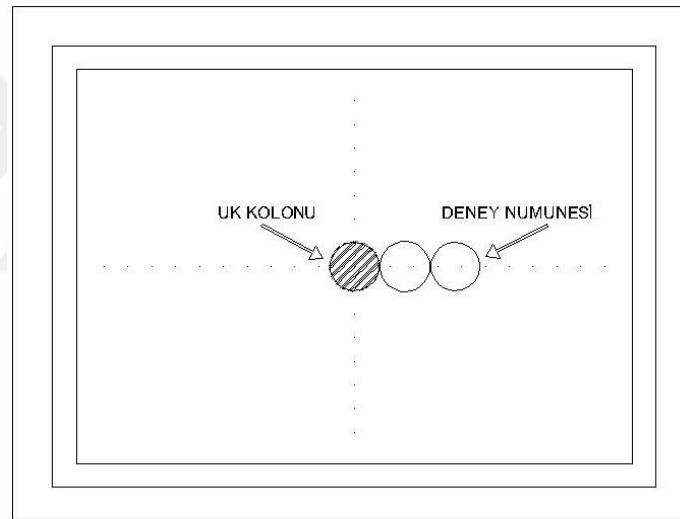
4.11’de ve deney numunesinin ve uçucu kül kolonunun deney tankındaki yerleşimi Şekil 4.12’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.10. Bir Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları

Kontrol N.				1BU 30GKS			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	314	0,14	0,8
30	323	0,23	1,3	30	319	0,19	1,1
40	330	0,3	1,7	40	325	0,25	1,4
50	335	0,35	1,9	50	328	0,28	1,6
60	340	0,4	2,2	60	333	0,33	1,8
70	347	0,47	2,6	70	337	0,37	2,1
90	355	0,55	3,1	90	340	0,4	2,2
120	368	0,68	3,8	120	347	0,47	2,6
150	385	0,85	4,7	150	363	0,63	3,5
180	390	0,9	5,0	180	370	0,7	3,9
210	404	1,04	5,8	210	380	0,8	4,4
240	412	1,12	6,2	240	388	0,88	4,9
270	420	1,2	6,7	270	395	0,95	5,3
300	430	1,3	7,2	300	404	1,04	5,8
330	438	1,38	7,7	330	411	1,11	6,2
360	447	1,47	8,2	360	419	1,19	6,6
390	452	1,52	8,4	390	424	1,24	6,9
420	459	1,59	8,8	420	428	1,28	7,1
450	463	1,63	9,1	450	432	1,32	7,3
480	468	1,68	9,3	480	435	1,35	7,5
540	473	1,73	9,6	540	439	1,39	7,7
600	476	1,76	9,8	600	444	1,44	8,0
660	481	1,81	10,1	660	449	1,49	8,3
720	485	1,85	10,3	720	454	1,54	8,6
780	490	1,9	10,6	780	460	1,6	8,9
840	495	1,95	10,8	840	466	1,66	9,2
900	505	2,05	11,4	900	476	1,76	9,8
960	515	2,15	11,9	960	486	1,86	10,3
1020	525	2,25	12,5	1020	495	1,95	10,8
1080	530	2,3	12,8	1080	500	2	11,1
1200	535	2,35	13,1	1200	505	2,05	11,4
1320	540	2,4	13,3	1320	510	2,1	11,7
1500	544	2,44	13,6	1500	512	2,12	11,8
1680	546	2,46	13,7	1680	514	2,14	11,9
1920	548	2,48	13,8	1920	516	2,16	12,0
2400	551	2,51	13,9	2400	518	2,18	12,1
3000	553	2,53	14,1	3000	521	2,21	12,3
3600	554	2,54	14,1	3600	523	2,23	12,4
4200	557	2,57	14,3	4200	526	2,26	12,6
4800	558	2,58	14,3	4800	527	2,27	12,6
5400	559	2,59	14,4	5400	529	2,29	12,7
6000	560	2,6	14,4	6000	530	2,3	12,8
6600	561	2,61	14,5	6600	531	2,31	12,8
7200	562	2,62	14,6	7200	533	2,33	12,9
11400	566	2,66	14,8	11400	536	2,36	13,1
13800	568	2,68	14,9	13800	538	2,38	13,2
17400	570	2,7	15,0	17400	540	2,4	13,3
20100	571	2,71	15,1	20100	541	2,41	13,4
22500	572	2,72	15,1	22500	542	2,42	13,4
24300	573	2,73	15,2	24300	543	2,43	13,5
81900	580	2,8	15,6	81900	548	2,48	13,8
86400	580	2,8	15,6	86400	548	2,48	13,8
172800	580	2,8	15,6	172800	548	2,48	13,8



Şekil 4.11. Bir Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Numunesi Şişme Eğrisi



Şekil 4.12. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi

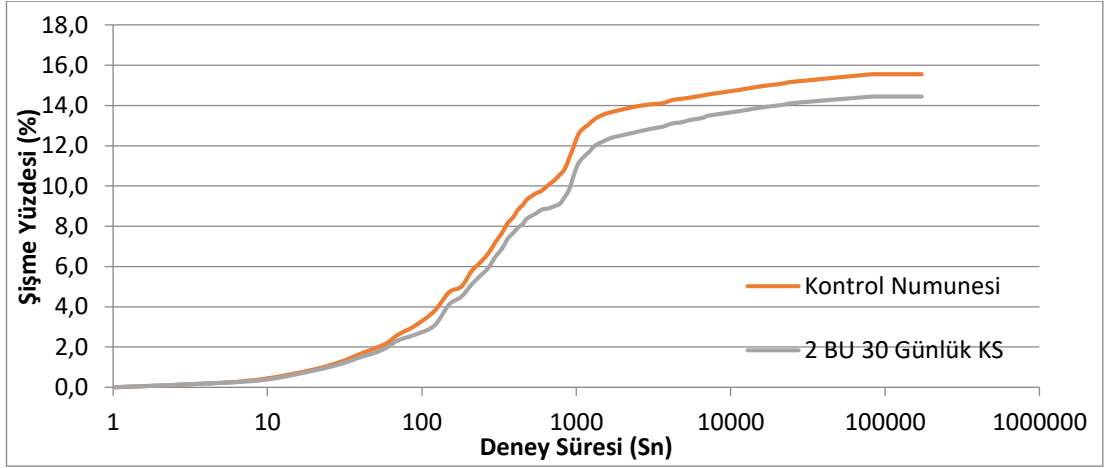
4.5.1.8. İki Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları

İki boy uzakta ve 30 günlük kür süresi ile elde edilen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 14,4 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.11’de, şişme yüzdesi eğrisi Şekil 4.13’de ve deney

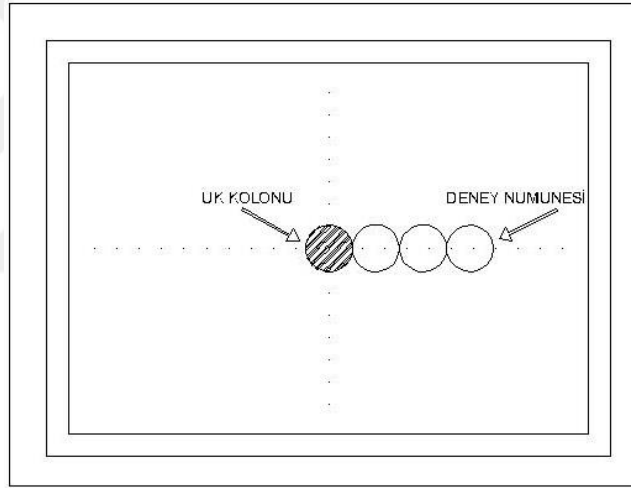
numunesinin ile uçucu kül kolonunun deney tankındaki yerleşimi Şekil 4.14’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.11. İki Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları

Kontrol N.				2BU 30GKS			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	315	0,15	0,8
30	323	0,23	1,3	30	321	0,21	1,2
40	330	0,3	1,7	40	327	0,27	1,5
50	335	0,35	1,9	50	331	0,31	1,7
60	340	0,4	2,2	60	336	0,36	2,0
70	347	0,47	2,6	70	342	0,42	2,3
90	355	0,55	3,1	90	347	0,47	2,6
120	368	0,68	3,8	120	355	0,55	3,1
150	385	0,85	4,7	150	374	0,74	4,1
180	390	0,9	5,0	180	381	0,81	4,5
210	404	1,04	5,8	210	392	0,92	5,1
240	412	1,12	6,2	240	400	1	5,6
270	420	1,2	6,7	270	407	1,07	5,9
300	430	1,3	7,2	300	417	1,17	6,5
330	438	1,38	7,7	330	424	1,24	6,9
360	447	1,47	8,2	360	433	1,33	7,4
390	452	1,52	8,4	390	438	1,38	7,7
420	459	1,59	8,8	420	443	1,43	7,9
450	463	1,63	9,1	450	446	1,46	8,1
480	468	1,68	9,3	480	451	1,51	8,4
540	473	1,73	9,6	540	455	1,55	8,6
600	476	1,76	9,8	600	459	1,59	8,8
660	481	1,81	10,1	660	460	1,6	8,9
720	485	1,85	10,3	720	462	1,62	9,0
780	490	1,9	10,6	780	464	1,64	9,1
840	495	1,95	10,8	840	470	1,7	9,4
900	505	2,05	11,4	900	477	1,77	9,8
960	515	2,15	11,9	960	489	1,89	10,5
1020	525	2,25	12,5	1020	499	1,99	11,1
1080	530	2,3	12,8	1080	504	2,04	11,3
1200	535	2,35	13,1	1200	510	2,1	11,7
1320	540	2,4	13,3	1320	516	2,16	12,0
1500	544	2,44	13,6	1500	520	2,2	12,2
1680	546	2,46	13,7	1680	523	2,23	12,4
1920	548	2,48	13,8	1920	525	2,25	12,5
2400	551	2,51	13,9	2400	528	2,28	12,7
3000	553	2,53	14,1	3000	531	2,31	12,8
3600	554	2,54	14,1	3600	533	2,33	12,9
4200	557	2,57	14,3	4200	536	2,36	13,1
4800	558	2,58	14,3	4800	537	2,37	13,2
5400	559	2,59	14,4	5400	539	2,39	13,3
6000	560	2,6	14,4	6000	540	2,4	13,3
6600	561	2,61	14,5	6600	541	2,41	13,4
7200	562	2,62	14,6	7200	543	2,43	13,5
11400	566	2,66	14,8	11400	547	2,47	13,7
13800	568	2,68	14,9	13800	549	2,49	13,8
17400	570	2,7	15,0	17400	551	2,51	13,9
20100	571	2,71	15,1	20100	552	2,52	14,0
22500	572	2,72	15,1	22500	553	2,53	14,1
24300	573	2,73	15,2	24300	554	2,54	14,1
81900	580	2,8	15,6	81900	560	2,6	14,4
86400	580	2,8	15,6	86400	560	2,6	14,4
172800	580	2,8	15,6	172800	560	2,6	14,4



Şekil 4.13. İki Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Numunesi Şişme Eğrisi



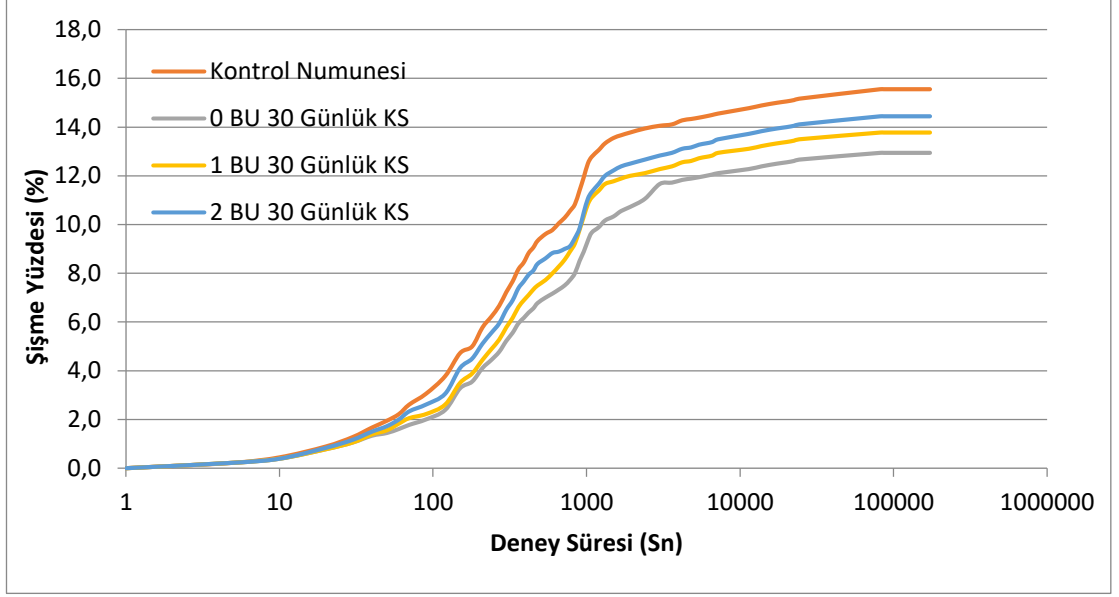
Şekil 4.14. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi

4.5.1.9. Sıfır, Bir ve İki Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları

Sıfır, bir ve İki boy uzakta ve 30 günlük kür süresi ile elde edilen numuneler üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyleri sonucunda numunenin, sırayla yüzde 12,9; 13,8 ve 14,4 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.12’de ve şişme yüzdesi eğrisi Şekil 4.15’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.12. 0, 1, ve 2 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları

Kontrol N.				0BU 30GKS				1BU 30GKS				2BU 30GKS			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0	1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4	10	307	0,07	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	314	0,14	0,8	20	314	0,14	0,8	20	315	0,15	0,8
30	323	0,23	1,3	30	319	0,19	1,1	30	319	0,19	1,1	30	321	0,21	1,2
40	330	0,3	1,7	40	324	0,24	1,3	40	325	0,25	1,4	40	327	0,27	1,5
50	335	0,35	1,9	50	326	0,26	1,4	50	328	0,28	1,6	50	331	0,31	1,7
60	340	0,4	2,2	60	329	0,29	1,6	60	333	0,33	1,8	60	336	0,36	2,0
70	347	0,47	2,6	70	332	0,32	1,8	70	337	0,37	2,1	70	342	0,42	2,3
90	355	0,55	3,1	90	336	0,36	2,0	90	340	0,4	2,2	90	347	0,47	2,6
120	368	0,68	3,8	120	343	0,43	2,4	120	347	0,47	2,6	120	355	0,55	3,1
150	385	0,85	4,7	150	359	0,59	3,3	150	363	0,63	3,5	150	374	0,74	4,1
180	390	0,9	5,0	180	364	0,64	3,6	180	370	0,7	3,9	180	381	0,81	4,5
210	404	1,04	5,8	210	374	0,74	4,1	210	380	0,8	4,4	210	392	0,92	5,1
240	412	1,12	6,2	240	380	0,8	4,4	240	388	0,88	4,9	240	400	1	5,6
270	420	1,2	6,7	270	386	0,86	4,8	270	395	0,95	5,3	270	407	1,07	5,9
300	430	1,3	7,2	300	394	0,94	5,2	300	404	1,04	5,8	300	417	1,17	6,5
330	438	1,38	7,7	330	400	1	5,6	330	411	1,11	6,2	330	424	1,24	6,9
360	447	1,47	8,2	360	407	1,07	5,9	360	419	1,19	6,6	360	433	1,33	7,4
390	452	1,52	8,4	390	411	1,11	6,2	390	424	1,24	6,9	390	438	1,38	7,7
420	459	1,59	8,8	420	415	1,15	6,4	420	428	1,28	7,1	420	443	1,43	7,9
450	463	1,63	9,1	450	418	1,18	6,6	450	432	1,32	7,3	450	446	1,46	8,1
480	468	1,68	9,3	480	422	1,22	6,8	480	435	1,35	7,5	480	451	1,51	8,4
540	473	1,73	9,6	540	426	1,26	7,0	540	439	1,39	7,7	540	455	1,55	8,6
600	476	1,76	9,8	600	429	1,29	7,2	600	444	1,44	8,0	600	459	1,59	8,8
660	481	1,81	10,1	660	432	1,32	7,3	660	449	1,49	8,3	660	460	1,6	8,9
720	485	1,85	10,3	720	435	1,35	7,5	720	454	1,54	8,6	720	462	1,62	9,0
780	490	1,9	10,6	780	439	1,39	7,7	780	460	1,6	8,9	780	464	1,64	9,1
840	495	1,95	10,8	840	444	1,44	8,0	840	466	1,66	9,2	840	470	1,7	9,4
900	505	2,05	11,4	900	453	1,53	8,5	900	476	1,76	9,8	900	477	1,77	9,8
960	515	2,15	11,9	960	460	1,6	8,9	960	486	1,86	10,3	960	489	1,89	10,5
1020	525	2,25	12,5	1020	468	1,68	9,3	1020	495	1,95	10,8	1020	499	1,99	11,1
1080	530	2,3	12,8	1080	474	1,74	9,7	1080	500	2	11,1	1080	504	2,04	11,3
1200	535	2,35	13,1	1200	478	1,78	9,9	1200	505	2,05	11,4	1200	510	2,1	11,7
1320	540	2,4	13,3	1320	483	1,83	10,2	1320	510	2,1	11,7	1320	516	2,16	12,0
1500	544	2,44	13,6	1500	486	1,86	10,3	1500	512	2,12	11,8	1500	520	2,2	12,2
1680	546	2,46	13,7	1680	490	1,9	10,6	1680	514	2,14	11,9	1680	523	2,23	12,4
1920	548	2,48	13,8	1920	493	1,93	10,7	1920	516	2,16	12,0	1920	525	2,25	12,5
2400	551	2,51	13,9	2400	499	1,99	11,1	2400	518	2,18	12,1	2400	528	2,28	12,7
3000	553	2,53	14,1	3000	510	2,1	11,7	3000	521	2,21	12,3	3000	531	2,31	12,8
3600	554	2,54	14,1	3600	511	2,11	11,7	3600	523	2,23	12,4	3600	533	2,33	12,9
4200	557	2,57	14,3	4200	513	2,13	11,8	4200	526	2,26	12,6	4200	536	2,36	13,1
4800	558	2,58	14,3	4800	514	2,14	11,9	4800	527	2,27	12,6	4800	537	2,37	13,2
5400	559	2,59	14,4	5400	515	2,15	11,9	5400	529	2,29	12,7	5400	539	2,39	13,3
6000	560	2,6	14,4	6000	516	2,16	12,0	6000	530	2,3	12,8	6000	540	2,4	13,3
6600	561	2,61	14,5	6600	517	2,17	12,1	6600	531	2,31	12,8	6600	541	2,41	13,4
7200	562	2,62	14,6	7200	518	2,18	12,1	7200	533	2,33	12,9	7200	543	2,43	13,5
11400	566	2,66	14,8	11400	521	2,21	12,3	11400	536	2,36	13,1	11400	547	2,47	13,7
13800	568	2,68	14,9	13800	523	2,23	12,4	13800	538	2,38	13,2	13800	549	2,49	13,8
17400	570	2,7	15,0	17400	525	2,25	12,5	17400	540	2,4	13,3	17400	551	2,51	13,9
20100	571	2,71	15,1	20100	526	2,26	12,6	20100	541	2,41	13,4	20100	552	2,52	14,0
22500	572	2,72	15,1	22500	527	2,27	12,6	22500	542	2,42	13,4	22500	553	2,53	14,1
24300	573	2,73	15,2	24300	528	2,28	12,7	24300	543	2,43	13,5	24300	554	2,54	14,1
81900	580	2,8	15,6	81900	533	2,33	12,9	81900	548	2,48	13,8	81900	560	2,6	14,4
86400	580	2,8	15,6	86400	533	2,33	12,9	86400	548	2,48	13,8	86400	560	2,6	14,4
172800	580	2,8	15,6	172800	533	2,33	12,9	172800	548	2,48	13,8	172800	560	2,6	14,4



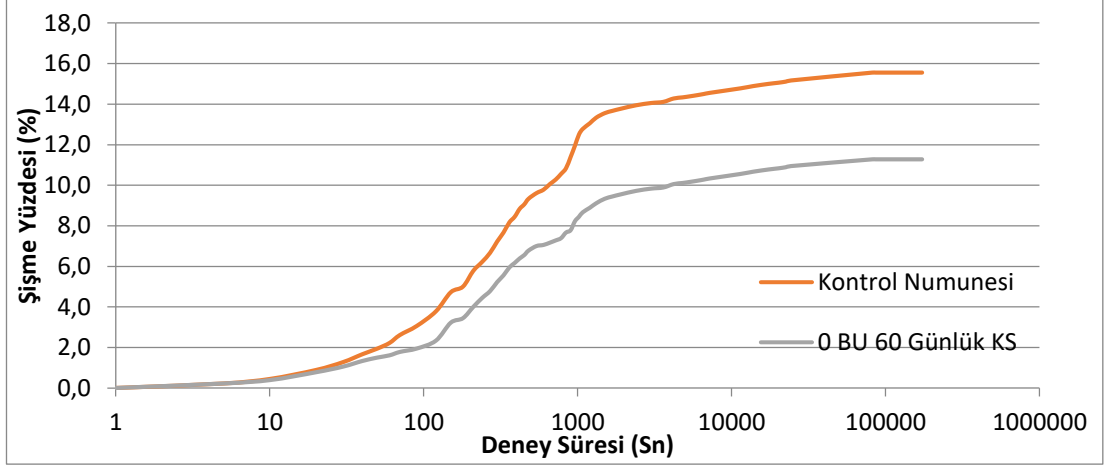
Şekil 4.15. Sıfır, Bir ve İki Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Numuneleri Şişme Eğrisi

4.5.1.10. Sıfır Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları

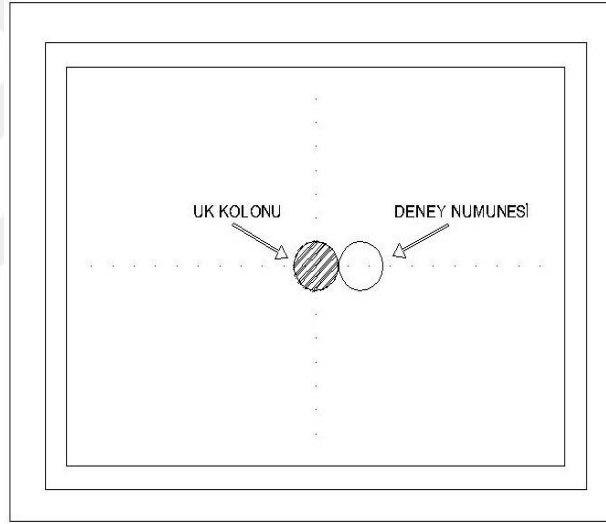
Sıfır boy uzakta ve 60 günlük kür süresi ile elde edilen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 11,3 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.13’de, şişme yüzdesi eğrisi Şekil 4.16’da ve deney numunesi ile uçucu kül kolonunun deney tankındaki yerleşimi Şekil 4.17’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.13. Sıfır Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları

Kontrol N.				0BU 60GKS			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	314	0,14	0,8
30	323	0,23	1,3	30	319	0,19	1,1
40	330	0,3	1,7	40	324	0,24	1,3
50	335	0,35	1,9	50	327	0,27	1,5
60	340	0,4	2,2	60	329	0,29	1,6
70	347	0,47	2,6	70	332	0,32	1,8
90	355	0,55	3,1	90	335	0,35	1,9
120	368	0,68	3,8	120	342	0,42	2,3
150	385	0,85	4,7	150	358	0,58	3,2
180	390	0,9	5,0	180	362	0,62	3,4
210	404	1,04	5,8	210	372	0,72	4,0
240	412	1,12	6,2	240	380	0,8	4,4
270	420	1,2	6,7	270	386	0,86	4,8
300	430	1,3	7,2	300	394	0,94	5,2
330	438	1,38	7,7	330	400	1	5,6
360	447	1,47	8,2	360	407	1,07	5,9
390	452	1,52	8,4	390	411	1,11	6,2
420	459	1,59	8,8	420	415	1,15	6,4
450	463	1,63	9,1	450	418	1,18	6,6
480	468	1,68	9,3	480	422	1,22	6,8
540	473	1,73	9,6	540	426	1,26	7,0
600	476	1,76	9,8	600	427	1,27	7,1
660	481	1,81	10,1	660	429	1,29	7,2
720	485	1,85	10,3	720	431	1,31	7,3
780	490	1,9	10,6	780	433	1,33	7,4
840	495	1,95	10,8	840	438	1,38	7,7
900	505	2,05	11,4	900	440	1,4	7,8
960	515	2,15	11,9	960	448	1,48	8,2
1020	525	2,25	12,5	1020	452	1,52	8,4
1080	530	2,3	12,8	1080	456	1,56	8,7
1200	535	2,35	13,1	1200	460	1,6	8,9
1320	540	2,4	13,3	1320	464	1,64	9,1
1500	544	2,44	13,6	1500	468	1,68	9,3
1680	546	2,46	13,7	1680	470	1,7	9,4
1920	548	2,48	13,8	1920	472	1,72	9,6
2400	551	2,51	13,9	2400	475	1,75	9,7
3000	553	2,53	14,1	3000	477	1,77	9,8
3600	554	2,54	14,1	3600	478	1,78	9,9
4200	557	2,57	14,3	4200	481	1,81	10,1
4800	558	2,58	14,3	4800	482	1,82	10,1
5400	559	2,59	14,4	5400	483	1,83	10,2
6000	560	2,6	14,4	6000	484	1,84	10,2
6600	561	2,61	14,5	6600	485	1,85	10,3
7200	562	2,62	14,6	7200	486	1,86	10,3
11400	566	2,66	14,8	11400	490	1,9	10,6
13800	568	2,68	14,9	13800	492	1,92	10,7
17400	570	2,7	15,0	17400	494	1,94	10,8
20100	571	2,71	15,1	20100	495	1,95	10,8
22500	572	2,72	15,1	22500	496	1,96	10,9
24300	573	2,73	15,2	24300	497	1,97	10,9
81900	580	2,8	15,6	81900	503	2,03	11,3
86400	580	2,8	15,6	86400	503	2,03	11,3
172800	580	2,8	15,6	172800	503	2,03	11,3



Şekil 4.16. Sıfır Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Numunesi Şişme Eğrisi



Şekil 4.17. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi

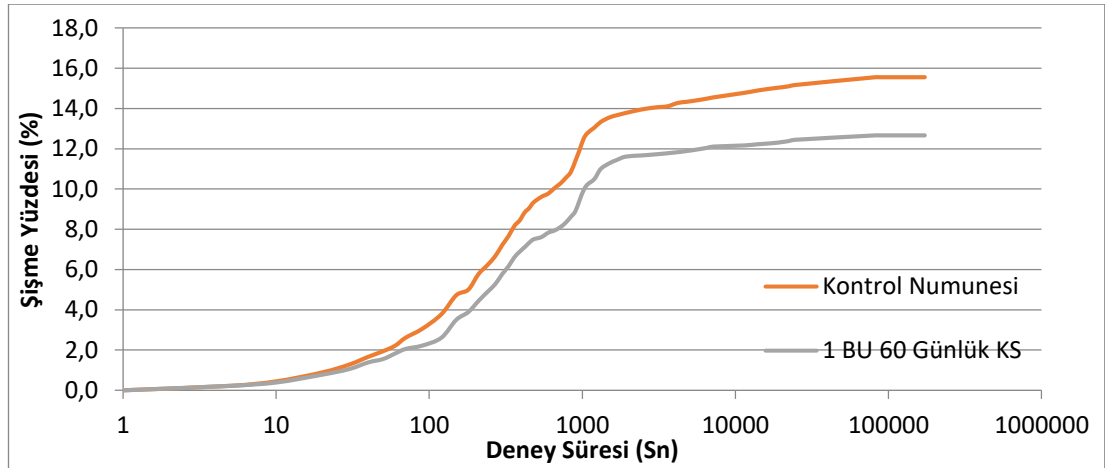
4.5.1.11. Bir Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları

Bir boy uzakta ve 60 günlük kür süresi ile elde edilen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 12,7 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.14’de, şişme yüzdesi eğrisi Şekil 4.18’de ve deney

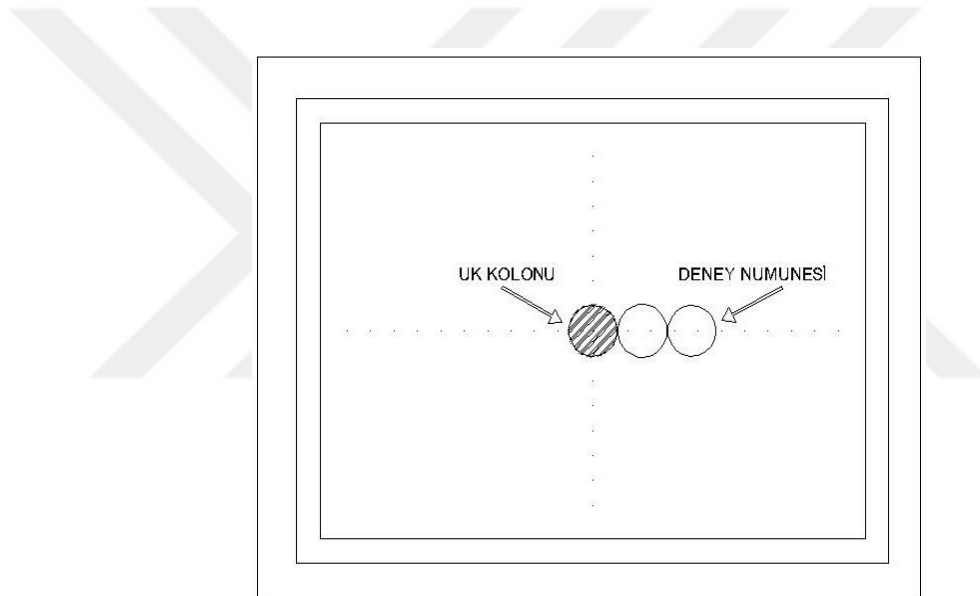
numunesi ile uçucu kül kolonunun deney tankındaki yerleşimi Şekil 4.19’da gösterilmektedir.

Çizelge 4.14. Bir Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları

Kontrol N.				1BU 60GKS			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	314	0,14	0,8
30	323	0,23	1,3	30	319	0,19	1,1
40	330	0,3	1,7	40	325	0,25	1,4
50	335	0,35	1,9	50	328	0,28	1,6
60	340	0,4	2,2	60	333	0,33	1,8
70	347	0,47	2,6	70	337	0,37	2,1
90	355	0,55	3,1	90	340	0,4	2,2
120	368	0,68	3,8	120	347	0,47	2,6
150	385	0,85	4,7	150	363	0,63	3,5
180	390	0,9	5,0	180	370	0,7	3,9
210	404	1,04	5,8	210	380	0,8	4,4
240	412	1,12	6,2	240	388	0,88	4,9
270	420	1,2	6,7	270	395	0,95	5,3
300	430	1,3	7,2	300	404	1,04	5,8
330	438	1,38	7,7	330	411	1,11	6,2
360	447	1,47	8,2	360	419	1,19	6,6
390	452	1,52	8,4	390	424	1,24	6,9
420	459	1,59	8,8	420	428	1,28	7,1
450	463	1,63	9,1	450	432	1,32	7,3
480	468	1,68	9,3	480	435	1,35	7,5
540	473	1,73	9,6	540	437	1,37	7,6
600	476	1,76	9,8	600	441	1,41	7,8
660	481	1,81	10,1	660	443	1,43	7,9
720	485	1,85	10,3	720	446	1,46	8,1
780	490	1,9	10,6	780	450	1,5	8,3
840	495	1,95	10,8	840	455	1,55	8,6
900	505	2,05	11,4	900	460	1,6	8,9
960	515	2,15	11,9	960	470	1,7	9,4
1020	525	2,25	12,5	1020	479	1,79	9,9
1080	530	2,3	12,8	1080	484	1,84	10,2
1200	535	2,35	13,1	1200	489	1,89	10,5
1320	540	2,4	13,3	1320	498	1,98	11,0
1500	544	2,44	13,6	1500	503	2,03	11,3
1680	546	2,46	13,7	1680	506	2,06	11,4
1920	548	2,48	13,8	1920	509	2,09	11,6
2400	551	2,51	13,9	2400	510	2,1	11,7
3000	553	2,53	14,1	3000	511	2,11	11,7
3600	554	2,54	14,1	3600	512	2,12	11,8
4200	557	2,57	14,3	4200	513	2,13	11,8
4800	558	2,58	14,3	4800	514	2,14	11,9
5400	559	2,59	14,4	5400	515	2,15	11,9
6000	560	2,6	14,4	6000	516	2,16	12,0
6600	561	2,61	14,5	6600	517	2,17	12,1
7200	562	2,62	14,6	7200	518	2,18	12,1
11400	566	2,66	14,8	11400	519	2,19	12,2
13800	568	2,68	14,9	13800	520	2,2	12,2
17400	570	2,7	15,0	17400	521	2,21	12,3
20100	571	2,71	15,1	20100	522	2,22	12,3
22500	572	2,72	15,1	22500	523	2,23	12,4
24300	573	2,73	15,2	24300	524	2,24	12,4
81900	580	2,8	15,6	81900	528	2,28	12,7
86400	580	2,8	15,6	86400	528	2,28	12,7
172800	580	2,8	15,6	172800	528	2,28	12,7



Şekil 4.18. Bir Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Numunesi Şişme Eğrisi



Şekil 4.19. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi

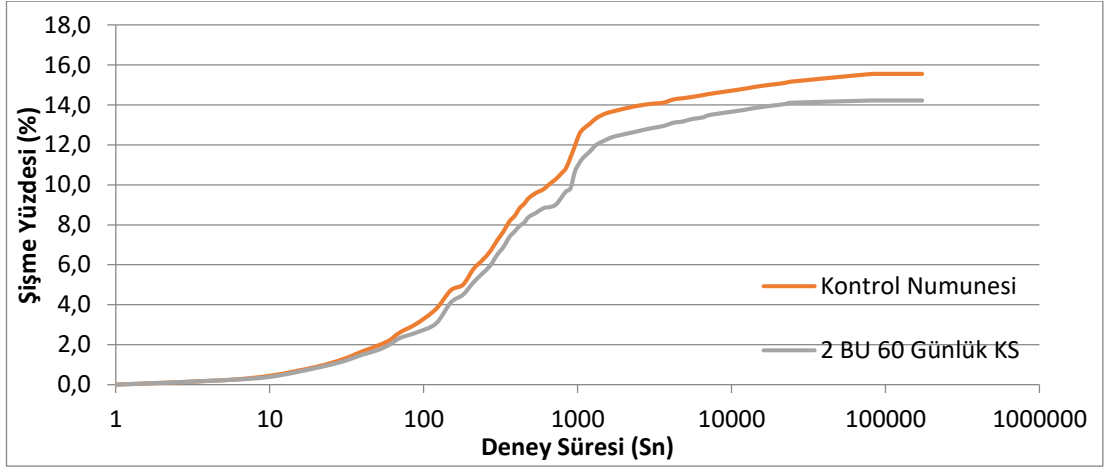
4.5.1.12. İki Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları

İki boy uzakta ve 60 günlük kür süresi ile elde edilen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 14,2 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.15’de, şişme yüzdesi eğrisi Şekil 4.20’de ve deney

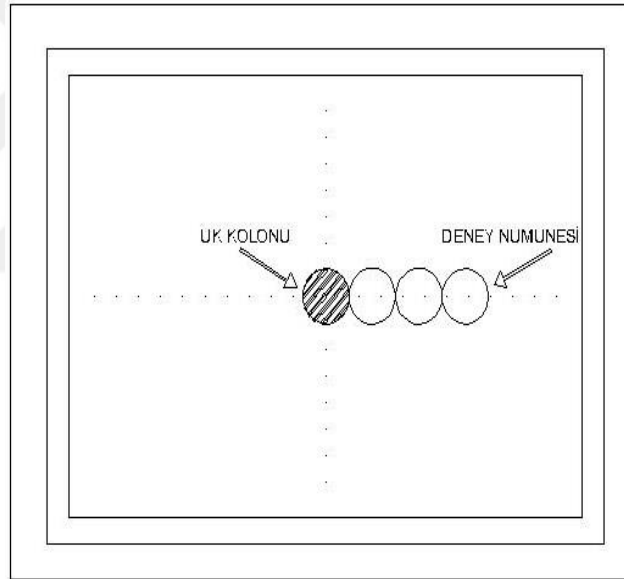
numunesi ile uçucu kül kolonunun deney tankındaki yerleşimi Şekil 4.21’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.15. İki Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları

Kontrol N.				2BU 60GKS			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	315	0,15	0,8
30	323	0,23	1,3	30	321	0,21	1,2
40	330	0,3	1,7	40	327	0,27	1,5
50	335	0,35	1,9	50	331	0,31	1,7
60	340	0,4	2,2	60	336	0,36	2,0
70	347	0,47	2,6	70	342	0,42	2,3
90	355	0,55	3,1	90	347	0,47	2,6
120	368	0,68	3,8	120	355	0,55	3,1
150	385	0,85	4,7	150	374	0,74	4,1
180	390	0,9	5,0	180	381	0,81	4,5
210	404	1,04	5,8	210	392	0,92	5,1
240	412	1,12	6,2	240	400	1	5,6
270	420	1,2	6,7	270	407	1,07	5,9
300	430	1,3	7,2	300	417	1,17	6,5
330	438	1,38	7,7	330	424	1,24	6,9
360	447	1,47	8,2	360	433	1,33	7,4
390	452	1,52	8,4	390	438	1,38	7,7
420	459	1,59	8,8	420	443	1,43	7,9
450	463	1,63	9,1	450	446	1,46	8,1
480	468	1,68	9,3	480	451	1,51	8,4
540	473	1,73	9,6	540	455	1,55	8,6
600	476	1,76	9,8	600	459	1,59	8,8
660	481	1,81	10,1	660	460	1,6	8,9
720	485	1,85	10,3	720	462	1,62	9,0
780	490	1,9	10,6	780	468	1,68	9,3
840	495	1,95	10,8	840	474	1,74	9,7
900	505	2,05	11,4	900	477	1,77	9,8
960	515	2,15	11,9	960	492	1,92	10,7
1020	525	2,25	12,5	1020	499	1,99	11,1
1080	530	2,3	12,8	1080	504	2,04	11,3
1200	535	2,35	13,1	1200	510	2,1	11,7
1320	540	2,4	13,3	1320	516	2,16	12,0
1500	544	2,44	13,6	1500	520	2,2	12,2
1680	546	2,46	13,7	1680	523	2,23	12,4
1920	548	2,48	13,8	1920	525	2,25	12,5
2400	551	2,51	13,9	2400	528	2,28	12,7
3000	553	2,53	14,1	3000	531	2,31	12,8
3600	554	2,54	14,1	3600	533	2,33	12,9
4200	557	2,57	14,3	4200	536	2,36	13,1
4800	558	2,58	14,3	4800	537	2,37	13,2
5400	559	2,59	14,4	5400	539	2,39	13,3
6000	560	2,6	14,4	6000	540	2,4	13,3
6600	561	2,61	14,5	6600	541	2,41	13,4
7200	562	2,62	14,6	7200	543	2,43	13,5
11400	566	2,66	14,8	11400	547	2,47	13,7
13800	568	2,68	14,9	13800	549	2,49	13,8
17400	570	2,7	15,0	17400	551	2,51	13,9
20100	571	2,71	15,1	20100	552	2,52	14,0
22500	572	2,72	15,1	22500	553	2,53	14,1
24300	573	2,73	15,2	24300	554	2,54	14,1
81900	580	2,8	15,6	81900	556	2,56	14,2
86400	580	2,8	15,6	86400	556	2,56	14,2
172800	580	2,8	15,6	172800	556	2,56	14,2



Şekil 4.20. İki Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Numunesi Şişme Eğrisi



Şekil 4.21. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi

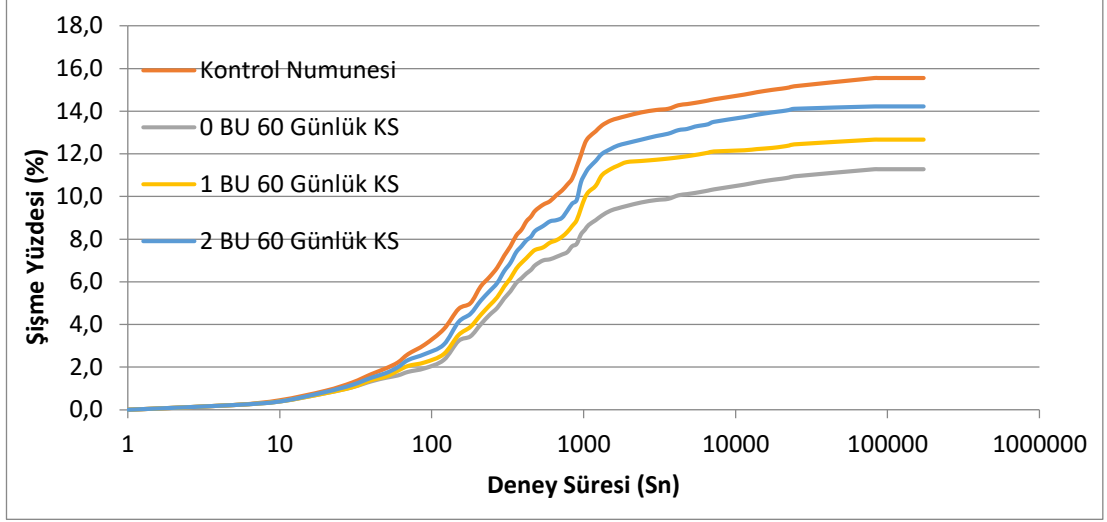
4.5.1.13. Sıfır, Bir ve İki Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları

Sıfır, bir ve iki boy uzakta ve 60 günlük kür süresi ile elde edilen numuneler üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyleri sonucunda numunelerin, sırayla yüzde 11,3; 12,7;

14,2 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.16’da ve şişme yüzdesi eğrileri Şekil 4.22’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.16. Sıfır, Bir ve İki Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları

Kontrol N.	0BU 60GKS	1BU 60GKS	2BU 60GKS
1 300 0 0,0	1 300 0 0,0	1 300 0 0,0	1 300 0 0,0
5 304 0,04 0,2	5 304 0,04 0,2	5 304 0,04 0,2	5 304 0,04 0,2
10 308 0,08 0,4	10 307 0,07 0,4	10 307 0,07 0,4	10 307 0,07 0,4
20 316 0,16 0,9	20 314 0,14 0,8	20 314 0,14 0,8	20 315 0,15 0,8
30 323 0,23 1,3	30 319 0,19 1,1	30 319 0,19 1,1	30 321 0,21 1,2
40 330 0,3 1,7	40 324 0,24 1,3	40 325 0,25 1,4	40 327 0,27 1,5
50 335 0,35 1,9	50 327 0,27 1,5	50 328 0,28 1,6	50 331 0,31 1,7
60 340 0,4 2,2	60 329 0,29 1,6	60 333 0,33 1,8	60 336 0,36 2,0
70 347 0,47 2,6	70 332 0,32 1,8	70 337 0,37 2,1	70 342 0,42 2,3
90 355 0,55 3,1	90 335 0,35 1,9	90 340 0,4 2,2	90 347 0,47 2,6
120 368 0,68 3,8	120 342 0,42 2,3	120 347 0,47 2,6	120 355 0,55 3,1
150 385 0,85 4,7	150 358 0,58 3,2	150 363 0,63 3,5	150 374 0,74 4,1
180 390 0,9 5,0	180 362 0,62 3,4	180 370 0,7 3,9	180 381 0,81 4,5
210 404 1,04 5,8	210 372 0,72 4,0	210 380 0,8 4,4	210 392 0,92 5,1
240 412 1,12 6,2	240 380 0,8 4,4	240 388 0,88 4,9	240 400 1 5,6
270 420 1,2 6,7	270 386 0,86 4,8	270 395 0,95 5,3	270 407 1,07 5,9
300 430 1,3 7,2	300 394 0,94 5,2	300 404 1,04 5,8	300 417 1,17 6,5
330 438 1,38 7,7	330 400 1 5,6	330 411 1,11 6,2	330 424 1,24 6,9
360 447 1,47 8,2	360 407 1,07 5,9	360 419 1,19 6,6	360 433 1,33 7,4
390 452 1,52 8,4	390 411 1,11 6,2	390 424 1,24 6,9	390 438 1,38 7,7
420 459 1,59 8,8	420 415 1,15 6,4	420 428 1,28 7,1	420 443 1,43 7,9
450 463 1,63 9,1	450 418 1,18 6,6	450 432 1,32 7,3	450 446 1,46 8,1
480 468 1,68 9,3	480 422 1,22 6,8	480 435 1,35 7,5	480 451 1,51 8,4
540 473 1,73 9,6	540 426 1,26 7,0	540 437 1,37 7,6	540 455 1,55 8,6
600 476 1,76 9,8	600 427 1,27 7,1	600 441 1,41 7,8	600 459 1,59 8,8
660 481 1,81 10,1	660 429 1,29 7,2	660 443 1,43 7,9	660 460 1,6 8,9
720 485 1,85 10,3	720 431 1,31 7,3	720 446 1,46 8,1	720 462 1,62 9,0
780 490 1,9 10,6	780 433 1,33 7,4	780 450 1,5 8,3	780 468 1,68 9,3
840 495 1,95 10,8	840 438 1,38 7,7	840 455 1,55 8,6	840 474 1,74 9,7
900 505 2,05 11,4	900 440 1,4 7,8	900 460 1,6 8,9	900 477 1,77 9,8
960 515 2,15 11,9	960 448 1,48 8,2	960 470 1,7 9,4	960 492 1,92 10,7
1020 525 2,25 12,5	1020 452 1,52 8,4	1020 479 1,79 9,9	1020 499 1,99 11,1
1080 530 2,3 12,8	1080 456 1,56 8,7	1080 484 1,84 10,2	1080 504 2,04 11,3
1200 535 2,35 13,1	1200 460 1,6 8,9	1200 489 1,89 10,5	1200 510 2,1 11,7
1320 540 2,4 13,3	1320 464 1,64 9,1	1320 498 1,98 11,0	1320 516 2,16 12,0
1500 544 2,44 13,6	1500 468 1,68 9,3	1500 503 2,03 11,3	1500 520 2,2 12,2
1680 546 2,46 13,7	1680 470 1,7 9,4	1680 506 2,06 11,4	1680 523 2,23 12,4
1920 548 2,48 13,8	1920 472 1,72 9,6	1920 509 2,09 11,6	1920 525 2,25 12,5
2400 551 2,51 13,9	2400 475 1,75 9,7	2400 510 2,1 11,7	2400 528 2,28 12,7
3000 553 2,53 14,1	3000 477 1,77 9,8	3000 511 2,11 11,7	3000 531 2,31 12,8
3600 554 2,54 14,1	3600 478 1,78 9,9	3600 512 2,12 11,8	3600 533 2,33 12,9
4200 557 2,57 14,3	4200 481 1,81 10,1	4200 513 2,13 11,8	4200 536 2,36 13,1
4800 558 2,58 14,3	4800 482 1,82 10,1	4800 514 2,14 11,9	4800 537 2,37 13,2
5400 559 2,59 14,4	5400 483 1,83 10,2	5400 515 2,15 11,9	5400 539 2,39 13,3
6000 560 2,6 14,4	6000 484 1,84 10,2	6000 516 2,16 12,0	6000 540 2,4 13,3
6600 561 2,61 14,5	6600 485 1,85 10,3	6600 517 2,17 12,1	6600 541 2,41 13,4
7200 562 2,62 14,6	7200 486 1,86 10,3	7200 518 2,18 12,1	7200 543 2,43 13,5
11400 566 2,66 14,8	11400 490 1,9 10,6	11400 519 2,19 12,2	11400 547 2,47 13,7
13800 568 2,68 14,9	13800 492 1,92 10,7	13800 520 2,2 12,2	13800 549 2,49 13,8
17400 570 2,7 15,0	17400 494 1,94 10,8	17400 521 2,21 12,3	17400 551 2,51 13,9
20100 571 2,71 15,1	20100 495 1,95 10,8	20100 522 2,22 12,3	20100 552 2,52 14,0
22500 572 2,72 15,1	22500 496 1,96 10,9	22500 523 2,23 12,4	22500 553 2,53 14,1
24300 573 2,73 15,2	24300 497 1,97 10,9	24300 524 2,24 12,4	24300 554 2,54 14,1
81900 580 2,8 15,6	81900 503 2,03 11,3	81900 528 2,28 12,7	81900 556 2,56 14,2
86400 580 2,8 15,6	86400 503 2,03 11,3	86400 528 2,28 12,7	86400 556 2,56 14,2
172800 580 2,8 15,6	172800 503 2,03 11,3	172800 528 2,28 12,7	172800 556 2,56 14,2



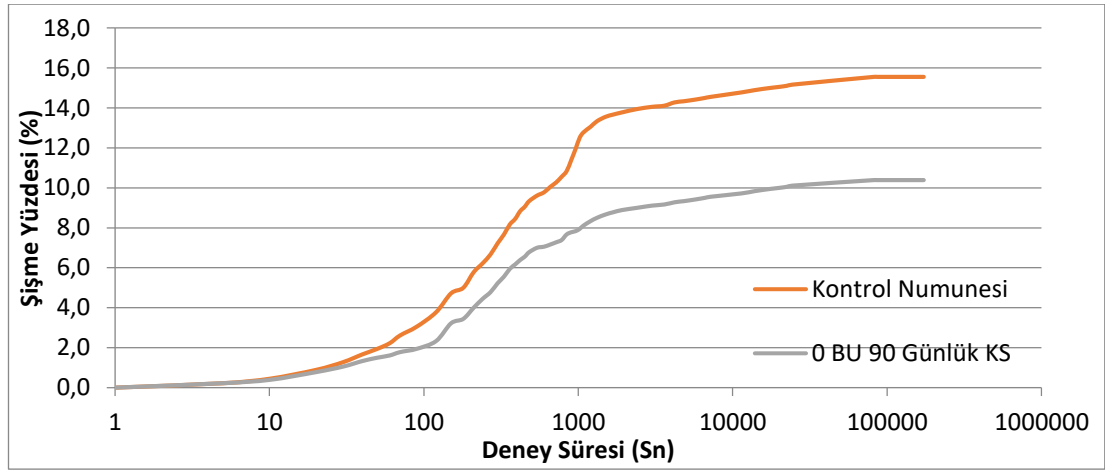
Şekil 4.22. Sıfır, Bir ve İki Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Numuneleri Şişme Eğrisi

4.5.1.14. Sıfır Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları

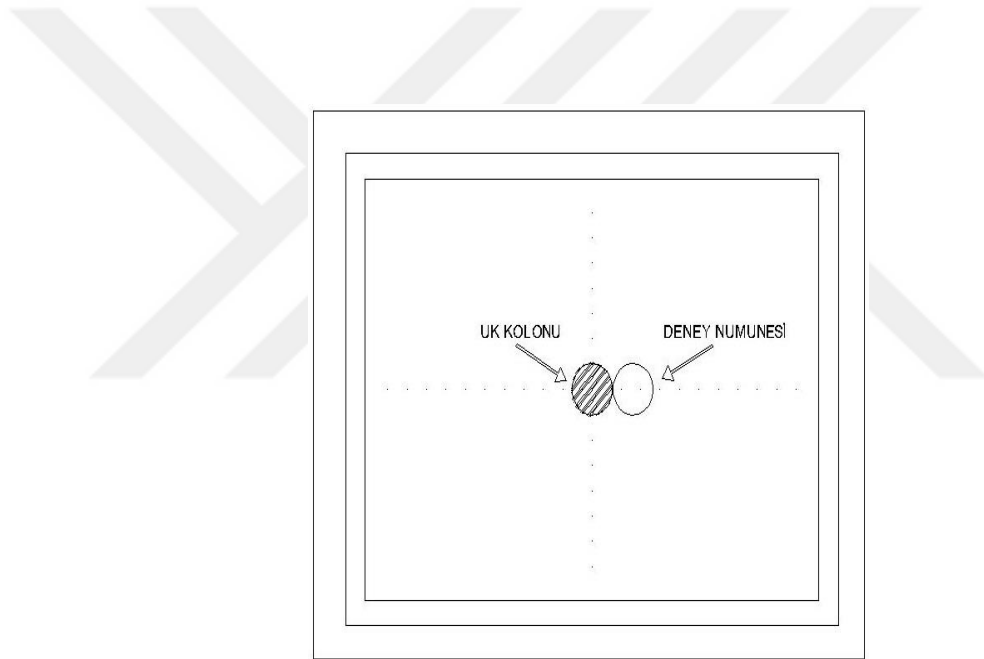
Sıfır boy uzakta ve 90 günlük kür süresi ile elde edilen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 10,4 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.17’de, şişme yüzdesi eğrisi Şekil 4.23’de ve deney numunesi ile uçucu kül kolonunun deney tankındaki yerleşimi Şekil 4.24’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.17. Sıfır Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları

Kontrol N.				0BU 90GKS			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	314	0,14	0,8
30	323	0,23	1,3	30	319	0,19	1,1
40	330	0,3	1,7	40	324	0,24	1,3
50	335	0,35	1,9	50	327	0,27	1,5
60	340	0,4	2,2	60	329	0,29	1,6
70	347	0,47	2,6	70	332	0,32	1,8
90	355	0,55	3,1	90	335	0,35	1,9
120	368	0,68	3,8	120	342	0,42	2,3
150	385	0,85	4,7	150	358	0,58	3,2
180	390	0,9	5,0	180	362	0,62	3,4
210	404	1,04	5,8	210	372	0,72	4,0
240	412	1,12	6,2	240	380	0,8	4,4
270	420	1,2	6,7	270	386	0,86	4,8
300	430	1,3	7,2	300	394	0,94	5,2
330	438	1,38	7,7	330	400	1	5,6
360	447	1,47	8,2	360	407	1,07	5,9
390	452	1,52	8,4	390	411	1,11	6,2
420	459	1,59	8,8	420	415	1,15	6,4
450	463	1,63	9,1	450	418	1,18	6,6
480	468	1,68	9,3	480	422	1,22	6,8
540	473	1,73	9,6	540	426	1,26	7,0
600	476	1,76	9,8	600	427	1,27	7,1
660	481	1,81	10,1	660	429	1,29	7,2
720	485	1,85	10,3	720	431	1,31	7,3
780	490	1,9	10,6	780	433	1,33	7,4
840	495	1,95	10,8	840	438	1,38	7,7
900	505	2,05	11,4	900	440	1,4	7,8
960	515	2,15	11,9	960	441	1,41	7,8
1020	525	2,25	12,5	1020	443	1,43	7,9
1080	530	2,3	12,8	1080	446	1,46	8,1
1200	535	2,35	13,1	1200	450	1,5	8,3
1320	540	2,4	13,3	1320	453	1,53	8,5
1500	544	2,44	13,6	1500	456	1,56	8,7
1680	546	2,46	13,7	1680	458	1,58	8,8
1920	548	2,48	13,8	1920	460	1,6	8,9
2400	551	2,51	13,9	2400	462	1,62	9,0
3000	553	2,53	14,1	3000	464	1,64	9,1
3600	554	2,54	14,1	3600	465	1,65	9,2
4200	557	2,57	14,3	4200	467	1,67	9,3
4800	558	2,58	14,3	4800	468	1,68	9,3
5400	559	2,59	14,4	5400	469	1,69	9,4
6000	560	2,6	14,4	6000	470	1,7	9,4
6600	561	2,61	14,5	6600	471	1,71	9,5
7200	562	2,62	14,6	7200	472	1,72	9,6
11400	566	2,66	14,8	11400	475	1,75	9,7
13800	568	2,68	14,9	13800	477	1,77	9,8
17400	570	2,7	15,0	17400	479	1,79	9,9
20100	571	2,71	15,1	20100	480	1,8	10,0
22500	572	2,72	15,1	22500	481	1,81	10,1
24300	573	2,73	15,2	24300	482	1,82	10,1
81900	580	2,8	15,6	81900	487	1,87	10,4
86400	580	2,8	15,6	86400	487	1,87	10,4
172800	580	2,8	15,6	172800	487	1,87	10,4



Şekil 4.23. Sıfır Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Numunesi Şişme Eğrisi



Şekil 4.24. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi

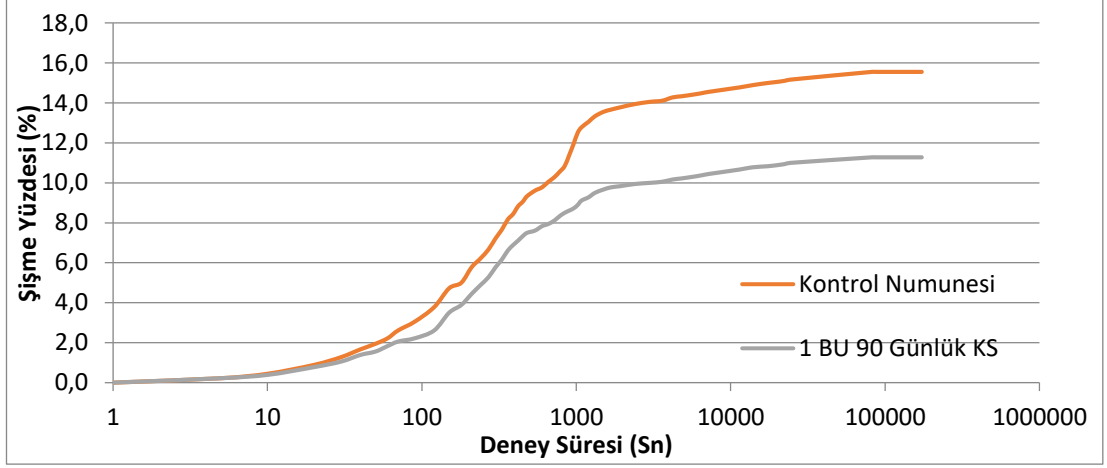
4.5.1.15. Bir Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları

Bir boy uzakta ve 90 günlük kür süresi ile elde edilen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 11,3 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.18’de, şişme yüzdesi eğrisi Şekil 4.25’de ve deney

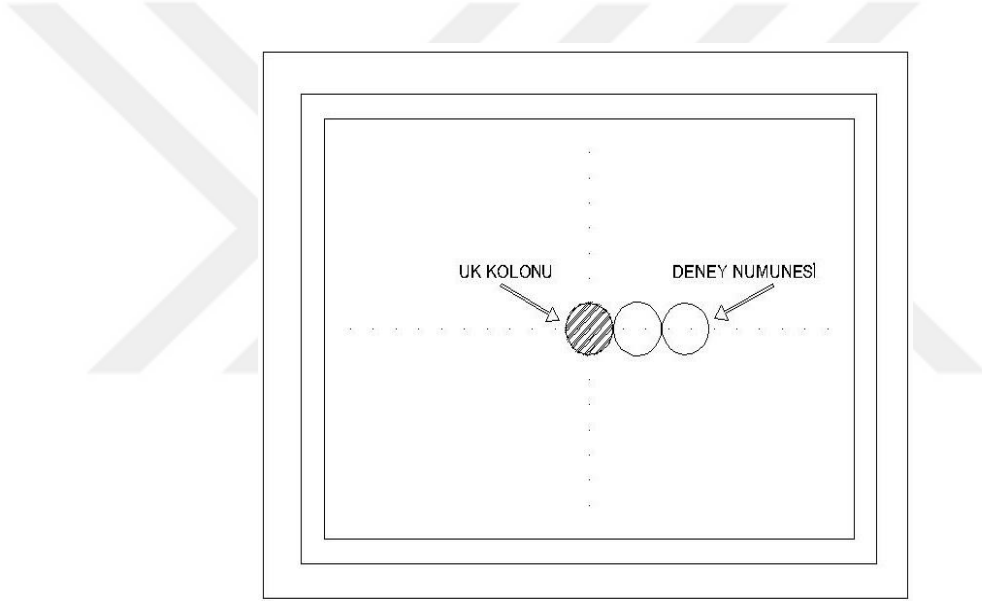
numunesi ile uçucu kül kolonunun deney tankındaki yerleşimi Şekil 4.26’da gösterilmektedir.

Çizelge 4.18. Bir Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları

Kontrol N.				1BU 90GKS			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	314	0,14	0,8
30	323	0,23	1,3	30	319	0,19	1,1
40	330	0,3	1,7	40	325	0,25	1,4
50	335	0,35	1,9	50	328	0,28	1,6
60	340	0,4	2,2	60	333	0,33	1,8
70	347	0,47	2,6	70	337	0,37	2,1
90	355	0,55	3,1	90	340	0,4	2,2
120	368	0,68	3,8	120	347	0,47	2,6
150	385	0,85	4,7	150	363	0,63	3,5
180	390	0,9	5,0	180	370	0,7	3,9
210	404	1,04	5,8	210	380	0,8	4,4
240	412	1,12	6,2	240	388	0,88	4,9
270	420	1,2	6,7	270	395	0,95	5,3
300	430	1,3	7,2	300	404	1,04	5,8
330	438	1,38	7,7	330	411	1,11	6,2
360	447	1,47	8,2	360	419	1,19	6,6
390	452	1,52	8,4	390	424	1,24	6,9
420	459	1,59	8,8	420	428	1,28	7,1
450	463	1,63	9,1	450	432	1,32	7,3
480	468	1,68	9,3	480	435	1,35	7,5
540	473	1,73	9,6	540	437	1,37	7,6
600	476	1,76	9,8	600	441	1,41	7,8
660	481	1,81	10,1	660	443	1,43	7,9
720	485	1,85	10,3	720	446	1,46	8,1
780	490	1,9	10,6	780	450	1,5	8,3
840	495	1,95	10,8	840	453	1,53	8,5
900	505	2,05	11,4	900	455	1,55	8,6
960	515	2,15	11,9	960	457	1,57	8,7
1020	525	2,25	12,5	1020	460	1,6	8,9
1080	530	2,3	12,8	1080	464	1,64	9,1
1200	535	2,35	13,1	1200	467	1,67	9,3
1320	540	2,4	13,3	1320	471	1,71	9,5
1500	544	2,44	13,6	1500	474	1,74	9,7
1680	546	2,46	13,7	1680	476	1,76	9,8
1920	548	2,48	13,8	1920	477	1,77	9,8
2400	551	2,51	13,9	2400	479	1,79	9,9
3000	553	2,53	14,1	3000	480	1,8	10,0
3600	554	2,54	14,1	3600	481	1,81	10,1
4200	557	2,57	14,3	4200	483	1,83	10,2
4800	558	2,58	14,3	4800	484	1,84	10,2
5400	559	2,59	14,4	5400	485	1,85	10,3
6000	560	2,6	14,4	6000	486	1,86	10,3
6600	561	2,61	14,5	6600	487	1,87	10,4
7200	562	2,62	14,6	7200	488	1,88	10,4
11400	566	2,66	14,8	11400	492	1,92	10,7
13800	568	2,68	14,9	13800	494	1,94	10,8
17400	570	2,7	15,0	17400	495	1,95	10,8
20100	571	2,71	15,1	20100	496	1,96	10,9
22500	572	2,72	15,1	22500	497	1,97	10,9
24300	573	2,73	15,2	24300	498	1,98	11,0
81900	580	2,8	15,6	81900	503	2,03	11,3
86400	580	2,8	15,6	86400	503	2,03	11,3
172800	580	2,8	15,6	172800	503	2,03	11,3



Şekil 4.25. Bir Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Numunesi Şişme Eğrisi



Şekil 4.26. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi

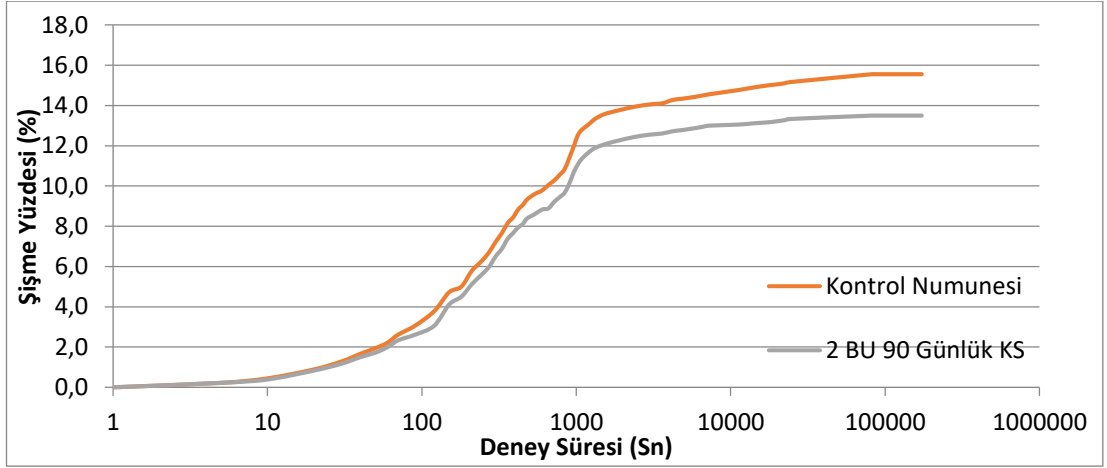
4.5.1.16. İki Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları

İki boy uzakta ve 90 günlük kür süresi ile elde edilen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 13,5 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.19’da, şişme yüzdesi eğrisi Şekil 4.27’de ve deney

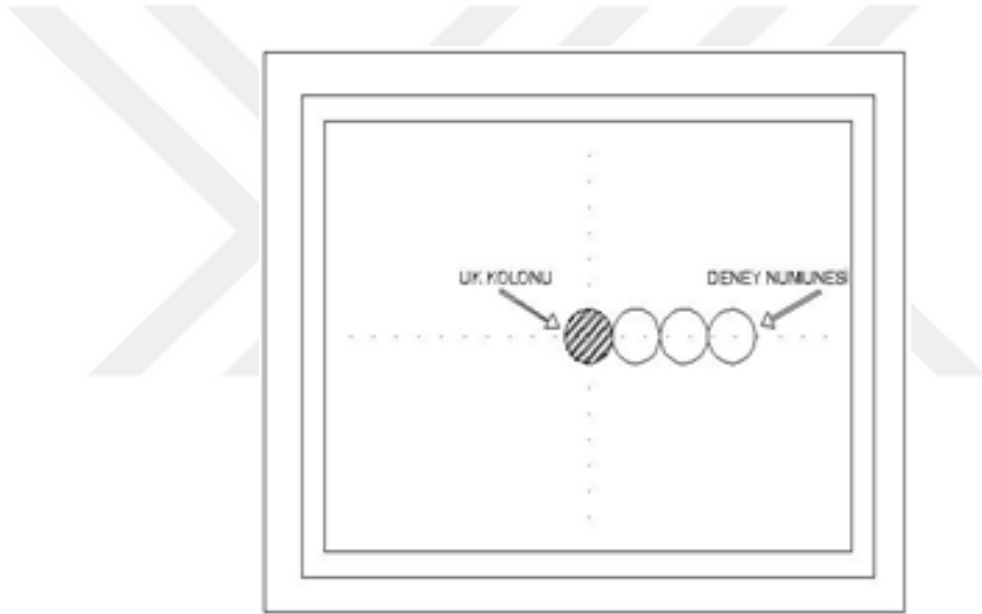
numunesi ile uçucu kül kolonunun deney tankındaki yerleşimi Şekil 4.28’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.19. İki Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları

Kontrol N.				2BU 90GKS			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	315	0,15	0,8
30	323	0,23	1,3	30	321	0,21	1,2
40	330	0,3	1,7	40	327	0,27	1,5
50	335	0,35	1,9	50	331	0,31	1,7
60	340	0,4	2,2	60	336	0,36	2,0
70	347	0,47	2,6	70	342	0,42	2,3
90	355	0,55	3,1	90	347	0,47	2,6
120	368	0,68	3,8	120	355	0,55	3,1
150	385	0,85	4,7	150	374	0,74	4,1
180	390	0,9	5,0	180	381	0,81	4,5
210	404	1,04	5,8	210	392	0,92	5,1
240	412	1,12	6,2	240	400	1	5,6
270	420	1,2	6,7	270	407	1,07	5,9
300	430	1,3	7,2	300	417	1,17	6,5
330	438	1,38	7,7	330	424	1,24	6,9
360	447	1,47	8,2	360	433	1,33	7,4
390	452	1,52	8,4	390	438	1,38	7,7
420	459	1,59	8,8	420	443	1,43	7,9
450	463	1,63	9,1	450	446	1,46	8,1
480	468	1,68	9,3	480	451	1,51	8,4
540	473	1,73	9,6	540	455	1,55	8,6
600	476	1,76	9,8	600	459	1,59	8,8
660	481	1,81	10,1	660	460	1,6	8,9
720	485	1,85	10,3	720	466	1,66	9,2
780	490	1,9	10,6	780	470	1,7	9,4
840	495	1,95	10,8	840	474	1,74	9,7
900	505	2,05	11,4	900	482	1,82	10,1
960	515	2,15	11,9	960	492	1,92	10,7
1020	525	2,25	12,5	1020	499	1,99	11,1
1080	530	2,3	12,8	1080	504	2,04	11,3
1200	535	2,35	13,1	1200	510	2,1	11,7
1320	540	2,4	13,3	1320	514	2,14	11,9
1500	544	2,44	13,6	1500	517	2,17	12,1
1680	546	2,46	13,7	1680	519	2,19	12,2
1920	548	2,48	13,8	1920	521	2,21	12,3
2400	551	2,51	13,9	2400	524	2,24	12,4
3000	553	2,53	14,1	3000	526	2,26	12,6
3600	554	2,54	14,1	3600	527	2,27	12,6
4200	557	2,57	14,3	4200	529	2,29	12,7
4800	558	2,58	14,3	4800	530	2,3	12,8
5400	559	2,59	14,4	5400	531	2,31	12,8
6000	560	2,6	14,4	6000	532	2,32	12,9
6600	561	2,61	14,5	6600	533	2,33	12,9
7200	562	2,62	14,6	7200	534	2,34	13,0
11400	566	2,66	14,8	11400	535	2,35	13,1
13800	568	2,68	14,9	13800	536	2,36	13,1
17400	570	2,7	15,0	17400	537	2,37	13,2
20100	571	2,71	15,1	20100	538	2,38	13,2
22500	572	2,72	15,1	22500	539	2,39	13,3
24300	573	2,73	15,2	24300	540	2,4	13,3
81900	580	2,8	15,6	81900	543	2,43	13,5
86400	580	2,8	15,6	86400	543	2,43	13,5
172800	580	2,8	15,6	172800	543	2,43	13,5



Şekil 4.27. İki Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Numunesi Şişme Eğrisi



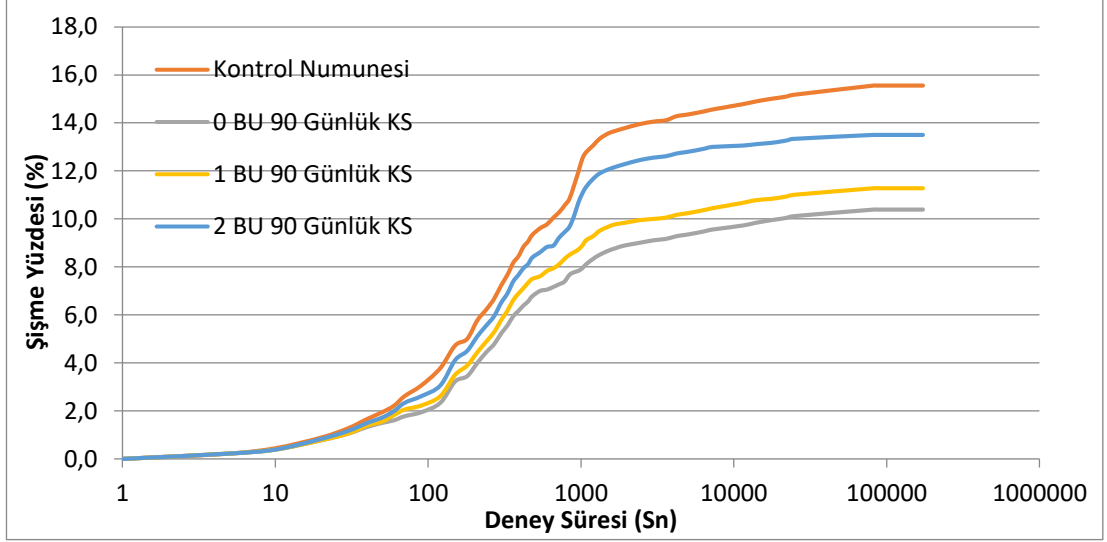
Şekil 4.28. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi

4.5.1.17. Sıfır, Bir ve İki Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları

Sıfır, bir ve iki boy uzakta ve 90 günlük kür süresi ile elde edilen numuneler üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyleri sonucunda numunelerin, sırayla yüzde 10,4; 11,3 ve 13,5 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.20’de ve şişme yüzdesi eğrileri Şekil 4.29’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.20. Sıfır, Bir ve İki Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları

Kontrol N.				0BU 90GKS				1BU 90GKS				2BU 90GKS			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0	1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4	10	307	0,07	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	314	0,14	0,8	20	314	0,14	0,8	20	315	0,15	0,8
30	323	0,23	1,3	30	319	0,19	1,1	30	319	0,19	1,1	30	321	0,21	1,2
40	330	0,3	1,7	40	324	0,24	1,3	40	325	0,25	1,4	40	327	0,27	1,5
50	335	0,35	1,9	50	327	0,27	1,5	50	328	0,28	1,6	50	331	0,31	1,7
60	340	0,4	2,2	60	329	0,29	1,6	60	333	0,33	1,8	60	336	0,36	2,0
70	347	0,47	2,6	70	332	0,32	1,8	70	337	0,37	2,1	70	342	0,42	2,3
90	355	0,55	3,1	90	335	0,35	1,9	90	340	0,4	2,2	90	347	0,47	2,6
120	368	0,68	3,8	120	342	0,42	2,3	120	347	0,47	2,6	120	355	0,55	3,1
150	385	0,85	4,7	150	358	0,58	3,2	150	363	0,63	3,5	150	374	0,74	4,1
180	390	0,9	5,0	180	362	0,62	3,4	180	370	0,7	3,9	180	381	0,81	4,5
210	404	1,04	5,8	210	372	0,72	4,0	210	380	0,8	4,4	210	392	0,92	5,1
240	412	1,12	6,2	240	380	0,8	4,4	240	388	0,88	4,9	240	400	1	5,6
270	420	1,2	6,7	270	386	0,86	4,8	270	395	0,95	5,3	270	407	1,07	5,9
300	430	1,3	7,2	300	394	0,94	5,2	300	404	1,04	5,8	300	417	1,17	6,5
330	438	1,38	7,7	330	400	1	5,6	330	411	1,11	6,2	330	424	1,24	6,9
360	447	1,47	8,2	360	407	1,07	5,9	360	419	1,19	6,6	360	433	1,33	7,4
390	452	1,52	8,4	390	411	1,11	6,2	390	424	1,24	6,9	390	438	1,38	7,7
420	459	1,59	8,8	420	415	1,15	6,4	420	428	1,28	7,1	420	443	1,43	7,9
450	463	1,63	9,1	450	418	1,18	6,6	450	432	1,32	7,3	450	446	1,46	8,1
480	468	1,68	9,3	480	422	1,22	6,8	480	435	1,35	7,5	480	451	1,51	8,4
540	473	1,73	9,6	540	426	1,26	7,0	540	437	1,37	7,6	540	455	1,55	8,6
600	476	1,76	9,8	600	427	1,27	7,1	600	441	1,41	7,8	600	459	1,59	8,8
660	481	1,81	10,1	660	429	1,29	7,2	660	443	1,43	7,9	660	460	1,6	8,9
720	485	1,85	10,3	720	431	1,31	7,3	720	446	1,46	8,1	720	466	1,66	9,2
780	490	1,9	10,6	780	433	1,33	7,4	780	450	1,5	8,3	780	470	1,7	9,4
840	495	1,95	10,8	840	438	1,38	7,7	840	453	1,53	8,5	840	474	1,74	9,7
900	505	2,05	11,4	900	440	1,4	7,8	900	455	1,55	8,6	900	482	1,82	10,1
960	515	2,15	11,9	960	441	1,41	7,8	960	457	1,57	8,7	960	492	1,92	10,7
1020	525	2,25	12,5	1020	443	1,43	7,9	1020	460	1,6	8,9	1020	499	1,99	11,1
1080	530	2,3	12,8	1080	446	1,46	8,1	1080	464	1,64	9,1	1080	504	2,04	11,3
1200	535	2,35	13,1	1200	450	1,5	8,3	1200	467	1,67	9,3	1200	510	2,1	11,7
1320	540	2,4	13,3	1320	453	1,53	8,5	1320	471	1,71	9,5	1320	514	2,14	11,9
1500	544	2,44	13,6	1500	456	1,56	8,7	1500	474	1,74	9,7	1500	517	2,17	12,1
1680	546	2,46	13,7	1680	458	1,58	8,8	1680	476	1,76	9,8	1680	519	2,19	12,2
1920	548	2,48	13,8	1920	460	1,6	8,9	1920	477	1,77	9,8	1920	521	2,21	12,3
2400	551	2,51	13,9	2400	462	1,62	9,0	2400	479	1,79	9,9	2400	524	2,24	12,4
3000	553	2,53	14,1	3000	464	1,64	9,1	3000	480	1,8	10,0	3000	526	2,26	12,6
3600	554	2,54	14,1	3600	465	1,65	9,2	3600	481	1,81	10,1	3600	527	2,27	12,6
4200	557	2,57	14,3	4200	467	1,67	9,3	4200	483	1,83	10,2	4200	529	2,29	12,7
4800	558	2,58	14,3	4800	468	1,68	9,3	4800	484	1,84	10,2	4800	530	2,3	12,8
5400	559	2,59	14,4	5400	469	1,69	9,4	5400	485	1,85	10,3	5400	531	2,31	12,8
6000	560	2,6	14,4	6000	470	1,7	9,4	6000	486	1,86	10,3	6000	532	2,32	12,9
6600	561	2,61	14,5	6600	471	1,71	9,5	6600	487	1,87	10,4	6600	533	2,33	12,9
7200	562	2,62	14,6	7200	472	1,72	9,6	7200	488	1,88	10,4	7200	534	2,34	13,0
11400	566	2,66	14,8	11400	475	1,75	9,7	11400	492	1,92	10,7	11400	535	2,35	13,1
13800	568	2,68	14,9	13800	477	1,77	9,8	13800	494	1,94	10,8	13800	536	2,36	13,1
17400	570	2,7	15,0	17400	479	1,79	9,9	17400	495	1,95	10,8	17400	537	2,37	13,2
20100	571	2,71	15,1	20100	480	1,8	10,0	20100	496	1,96	10,9	20100	538	2,38	13,2
22500	572	2,72	15,1	22500	481	1,81	10,1	22500	497	1,97	10,9	22500	539	2,39	13,3
24300	573	2,73	15,2	24300	482	1,82	10,1	24300	498	1,98	11,0	24300	540	2,4	13,3
81900	580	2,8	15,6	81900	487	1,87	10,4	81900	503	2,03	11,3	81900	543	2,43	13,5
86400	580	2,8	15,6	86400	487	1,87	10,4	86400	503	2,03	11,3	86400	543	2,43	13,5
172800	580	2,8	15,6	172800	487	1,87	10,4	172800	503	2,03	11,3	172800	543	2,43	13,5



Şekil 4.29. Sıfır, Bir ve İki Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Numuneleri Şişme Eğrisi

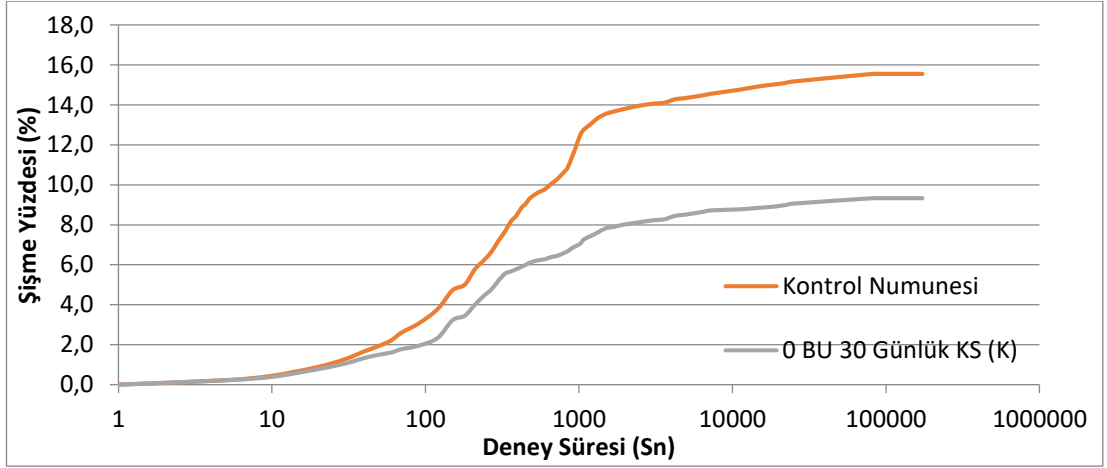
4.5.2. Labaratuar (Karelaj) Deney Okumaları ve Sonuçları

4.5.2.1. Sıfır Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

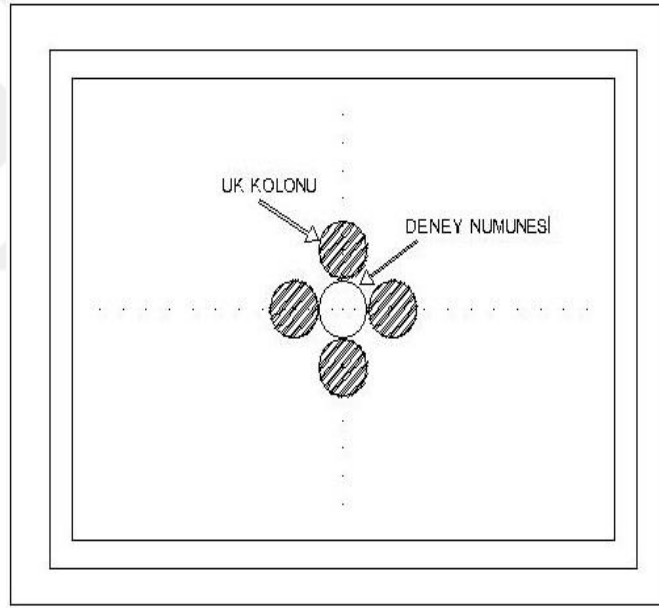
Sıfır boy uzakta ve 30 günlük kür süresi (karelaj) ile elde edilen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 9,3 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.21’de, şişme yüzdesi eğrisi Şekil 4.30’da ve deney numunesi ile uçucu kül kolonlarının deney tankındaki yerleşimi Şekil 4.31’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.21. Sıfır Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

Kontrol N.				0BU 30GKS(K)			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	314	0,14	0,8
30	323	0,23	1,3	30	319	0,19	1,1
40	330	0,3	1,7	40	324	0,24	1,3
50	335	0,35	1,9	50	327	0,27	1,5
60	340	0,4	2,2	60	329	0,29	1,6
70	347	0,47	2,6	70	332	0,32	1,8
90	355	0,55	3,1	90	335	0,35	1,9
120	368	0,68	3,8	120	342	0,42	2,3
150	385	0,85	4,7	150	358	0,58	3,2
180	390	0,9	5,0	180	362	0,62	3,4
210	404	1,04	5,8	210	372	0,72	4,0
240	412	1,12	6,2	240	380	0,8	4,4
270	420	1,2	6,7	270	386	0,86	4,8
300	430	1,3	7,2	300	394	0,94	5,2
330	438	1,38	7,7	330	400	1	5,6
360	447	1,47	8,2	360	402	1,02	5,7
390	452	1,52	8,4	390	404	1,04	5,8
420	459	1,59	8,8	420	406	1,06	5,9
450	463	1,63	9,1	450	408	1,08	6,0
480	468	1,68	9,3	480	410	1,1	6,1
540	473	1,73	9,6	540	412	1,12	6,2
600	476	1,76	9,8	600	413	1,13	6,3
660	481	1,81	10,1	660	415	1,15	6,4
720	485	1,85	10,3	720	416	1,16	6,4
780	490	1,9	10,6	780	418	1,18	6,6
840	495	1,95	10,8	840	420	1,2	6,7
900	505	2,05	11,4	900	423	1,23	6,8
960	515	2,15	11,9	960	425	1,25	6,9
1020	525	2,25	12,5	1020	427	1,27	7,1
1080	530	2,3	12,8	1080	431	1,31	7,3
1200	535	2,35	13,1	1200	434	1,34	7,4
1320	540	2,4	13,3	1320	437	1,37	7,6
1500	544	2,44	13,6	1500	441	1,41	7,8
1680	546	2,46	13,7	1680	442	1,42	7,9
1920	548	2,48	13,8	1920	444	1,44	8,0
2400	551	2,51	13,9	2400	446	1,46	8,1
3000	553	2,53	14,1	3000	448	1,48	8,2
3600	554	2,54	14,1	3600	449	1,49	8,3
4200	557	2,57	14,3	4200	452	1,52	8,4
4800	558	2,58	14,3	4800	453	1,53	8,5
5400	559	2,59	14,4	5400	454	1,54	8,6
6000	560	2,6	14,4	6000	455	1,55	8,6
6600	561	2,61	14,5	6600	456	1,56	8,7
7200	562	2,62	14,6	7200	457	1,57	8,7
11400	566	2,66	14,8	11400	458	1,58	8,8
13800	568	2,68	14,9	13800	459	1,59	8,8
17400	570	2,7	15,0	17400	460	1,6	8,9
20100	571	2,71	15,1	20100	461	1,61	8,9
22500	572	2,72	15,1	22500	462	1,62	9,0
24300	573	2,73	15,2	24300	463	1,63	9,1
81900	580	2,8	15,6	81900	468	1,68	9,3
86400	580	2,8	15,6	86400	468	1,68	9,3
172800	580	2,8	15,6	172800	468	1,68	9,3



Şekil 4.30. Sıfır Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numunesi Şişme Eğrisi



Şekil 4.31. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi

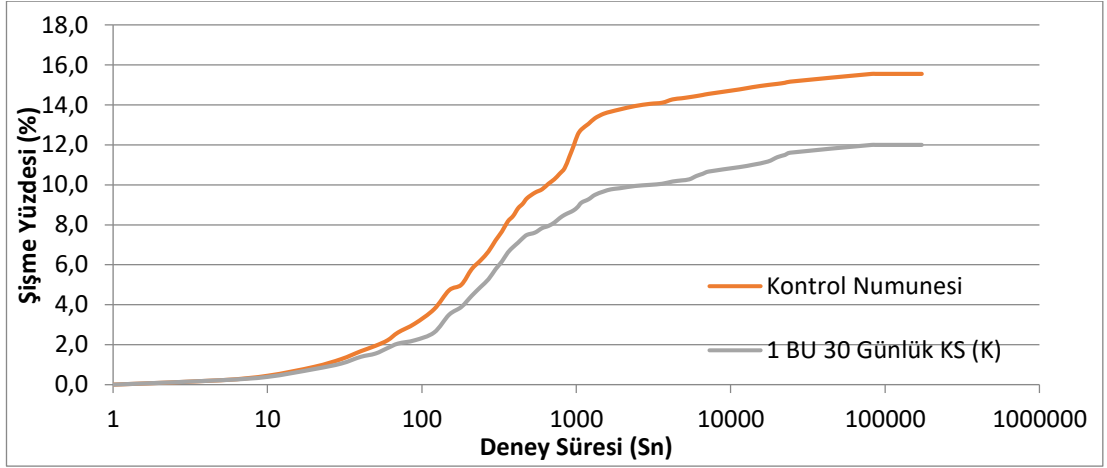
4.5.2.2. Bir Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

Bir boy uzakta ve 30 günlük kür süresi (karelaj) ile elde edilen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 12,0 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.22’de, şişme yüzdesi eğrisi Şekil

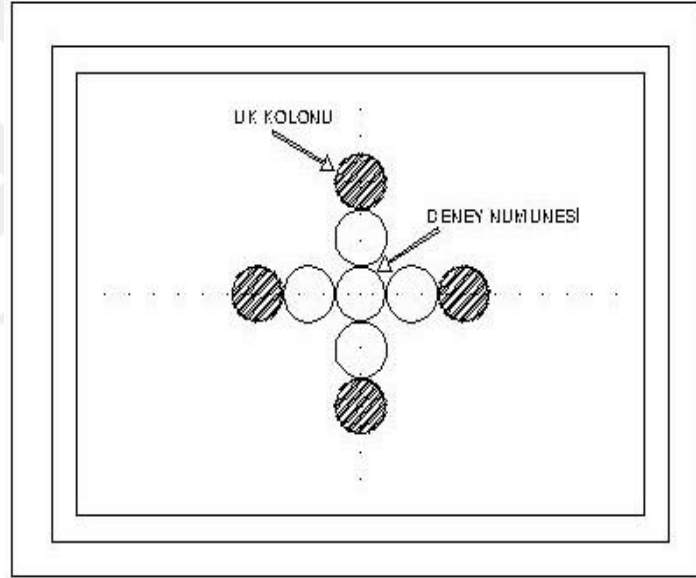
4.32’de ve deney numunesi ile uçucu kül kolonlarının deney tankındaki yerleşimi Şekil 4.33’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.22. Bir Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

Kontrol N.				1BU 30GKS(K)			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	314	0,14	0,8
30	323	0,23	1,3	30	319	0,19	1,1
40	330	0,3	1,7	40	325	0,25	1,4
50	335	0,35	1,9	50	328	0,28	1,6
60	340	0,4	2,2	60	333	0,33	1,8
70	347	0,47	2,6	70	337	0,37	2,1
90	355	0,55	3,1	90	340	0,4	2,2
120	368	0,68	3,8	120	347	0,47	2,6
150	385	0,85	4,7	150	363	0,63	3,5
180	390	0,9	5,0	180	370	0,7	3,9
210	404	1,04	5,8	210	380	0,8	4,4
240	412	1,12	6,2	240	388	0,88	4,9
270	420	1,2	6,7	270	395	0,95	5,3
300	430	1,3	7,2	300	404	1,04	5,8
330	438	1,38	7,7	330	411	1,11	6,2
360	447	1,47	8,2	360	419	1,19	6,6
390	452	1,52	8,4	390	424	1,24	6,9
420	459	1,59	8,8	420	428	1,28	7,1
450	463	1,63	9,1	450	432	1,32	7,3
480	468	1,68	9,3	480	435	1,35	7,5
540	473	1,73	9,6	540	437	1,37	7,6
600	476	1,76	9,8	600	441	1,41	7,8
660	481	1,81	10,1	660	443	1,43	7,9
720	485	1,85	10,3	720	446	1,46	8,1
780	490	1,9	10,6	780	450	1,5	8,3
840	495	1,95	10,8	840	453	1,53	8,5
900	505	2,05	11,4	900	455	1,55	8,6
960	515	2,15	11,9	960	457	1,57	8,7
1020	525	2,25	12,5	1020	460	1,6	8,9
1080	530	2,3	12,8	1080	464	1,64	9,1
1200	535	2,35	13,1	1200	467	1,67	9,3
1320	540	2,4	13,3	1320	471	1,71	9,5
1500	544	2,44	13,6	1500	474	1,74	9,7
1680	546	2,46	13,7	1680	476	1,76	9,8
1920	548	2,48	13,8	1920	477	1,77	9,8
2400	551	2,51	13,9	2400	479	1,79	9,9
3000	553	2,53	14,1	3000	480	1,8	10,0
3600	554	2,54	14,1	3600	481	1,81	10,1
4200	557	2,57	14,3	4200	483	1,83	10,2
4800	558	2,58	14,3	4800	484	1,84	10,2
5400	559	2,59	14,4	5400	485	1,85	10,3
6000	560	2,6	14,4	6000	488	1,88	10,4
6600	561	2,61	14,5	6600	490	1,9	10,6
7200	562	2,62	14,6	7200	492	1,92	10,7
11400	566	2,66	14,8	11400	496	1,96	10,9
13800	568	2,68	14,9	13800	498	1,98	11,0
17400	570	2,7	15,0	17400	501	2,01	11,2
20100	571	2,71	15,1	20100	505	2,05	11,4
22500	572	2,72	15,1	22500	507	2,07	11,5
24300	573	2,73	15,2	24300	509	2,09	11,6
81900	580	2,8	15,6	81900	516	2,16	12,0
86400	580	2,8	15,6	86400	516	2,16	12,0
172800	580	2,8	15,6	172800	516	2,16	12,0



Şekil 4.32. 1 Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numunesi Şişme Eğrisi



Şekil 4.33. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi

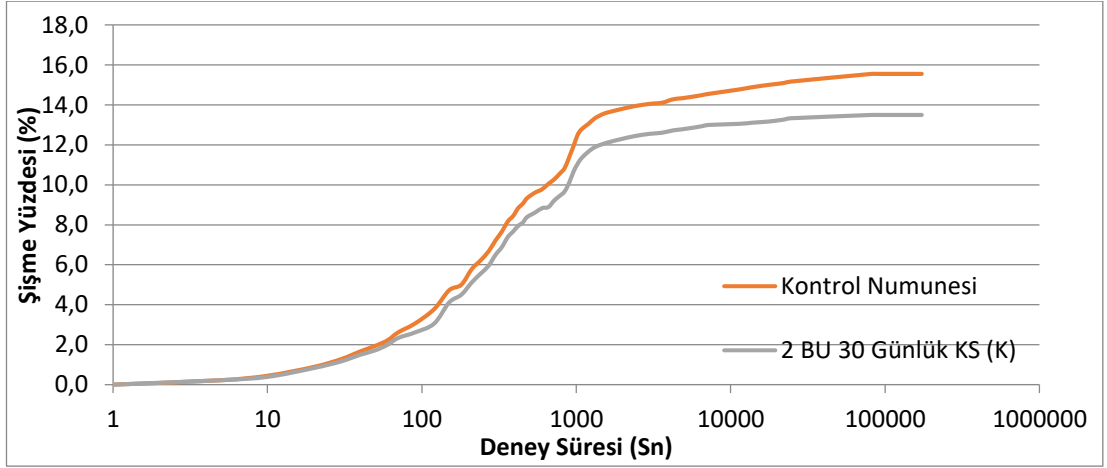
4.5.2.3. İki Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

İki boy uzakta ve 30 günlük kür süresi (karelaj) ile elde edilen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 13,5 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.23’de, şişme yüzdesi eğrisi Şekil

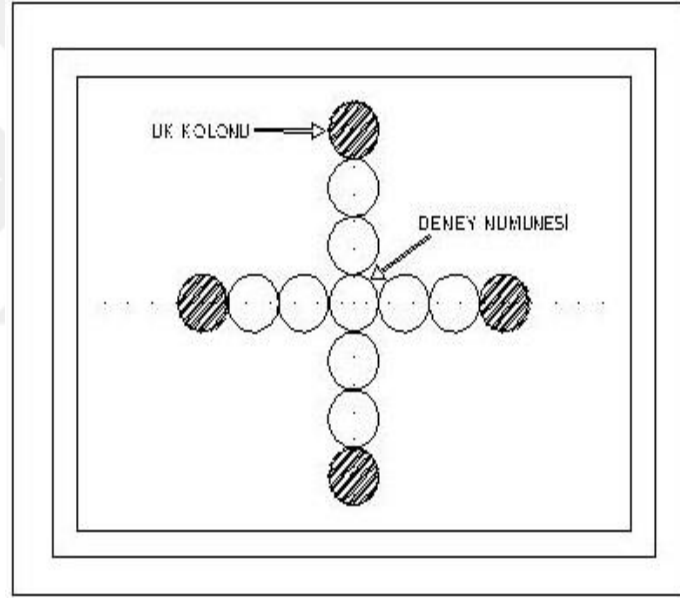
4.34’de ve deney numunesi ile uçucu kül kolonlarının deney tankındaki yerleşimi Şekil 4.35’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.23. İki Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

Kontrol N.				2BU 30GKS(K)			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	315	0,15	0,8
30	323	0,23	1,3	30	321	0,21	1,2
40	330	0,3	1,7	40	327	0,27	1,5
50	335	0,35	1,9	50	331	0,31	1,7
60	340	0,4	2,2	60	336	0,36	2,0
70	347	0,47	2,6	70	342	0,42	2,3
90	355	0,55	3,1	90	347	0,47	2,6
120	368	0,68	3,8	120	355	0,55	3,1
150	385	0,85	4,7	150	374	0,74	4,1
180	390	0,9	5,0	180	381	0,81	4,5
210	404	1,04	5,8	210	392	0,92	5,1
240	412	1,12	6,2	240	400	1	5,6
270	420	1,2	6,7	270	407	1,07	5,9
300	430	1,3	7,2	300	417	1,17	6,5
330	438	1,38	7,7	330	424	1,24	6,9
360	447	1,47	8,2	360	433	1,33	7,4
390	452	1,52	8,4	390	438	1,38	7,7
420	459	1,59	8,8	420	443	1,43	7,9
450	463	1,63	9,1	450	446	1,46	8,1
480	468	1,68	9,3	480	451	1,51	8,4
540	473	1,73	9,6	540	455	1,55	8,6
600	476	1,76	9,8	600	459	1,59	8,8
660	481	1,81	10,1	660	460	1,6	8,9
720	485	1,85	10,3	720	466	1,66	9,2
780	490	1,9	10,6	780	470	1,7	9,4
840	495	1,95	10,8	840	474	1,74	9,7
900	505	2,05	11,4	900	482	1,82	10,1
960	515	2,15	11,9	960	492	1,92	10,7
1020	525	2,25	12,5	1020	499	1,99	11,1
1080	530	2,3	12,8	1080	504	2,04	11,3
1200	535	2,35	13,1	1200	510	2,1	11,7
1320	540	2,4	13,3	1320	514	2,14	11,9
1500	544	2,44	13,6	1500	517	2,17	12,1
1680	546	2,46	13,7	1680	519	2,19	12,2
1920	548	2,48	13,8	1920	521	2,21	12,3
2400	551	2,51	13,9	2400	524	2,24	12,4
3000	553	2,53	14,1	3000	526	2,26	12,6
3600	554	2,54	14,1	3600	527	2,27	12,6
4200	557	2,57	14,3	4200	529	2,29	12,7
4800	558	2,58	14,3	4800	530	2,3	12,8
5400	559	2,59	14,4	5400	531	2,31	12,8
6000	560	2,6	14,4	6000	532	2,32	12,9
6600	561	2,61	14,5	6600	533	2,33	12,9
7200	562	2,62	14,6	7200	534	2,34	13,0
11400	566	2,66	14,8	11400	535	2,35	13,1
13800	568	2,68	14,9	13800	536	2,36	13,1
17400	570	2,7	15,0	17400	537	2,37	13,2
20100	571	2,71	15,1	20100	538	2,38	13,2
22500	572	2,72	15,1	22500	539	2,39	13,3
24300	573	2,73	15,2	24300	540	2,4	13,3
81900	580	2,8	15,6	81900	543	2,43	13,5
86400	580	2,8	15,6	86400	543	2,43	13,5
172800	580	2,8	15,6	172800	543	2,43	13,5



Şekil 4.34. İki Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numunesi Şişme Eğrisi



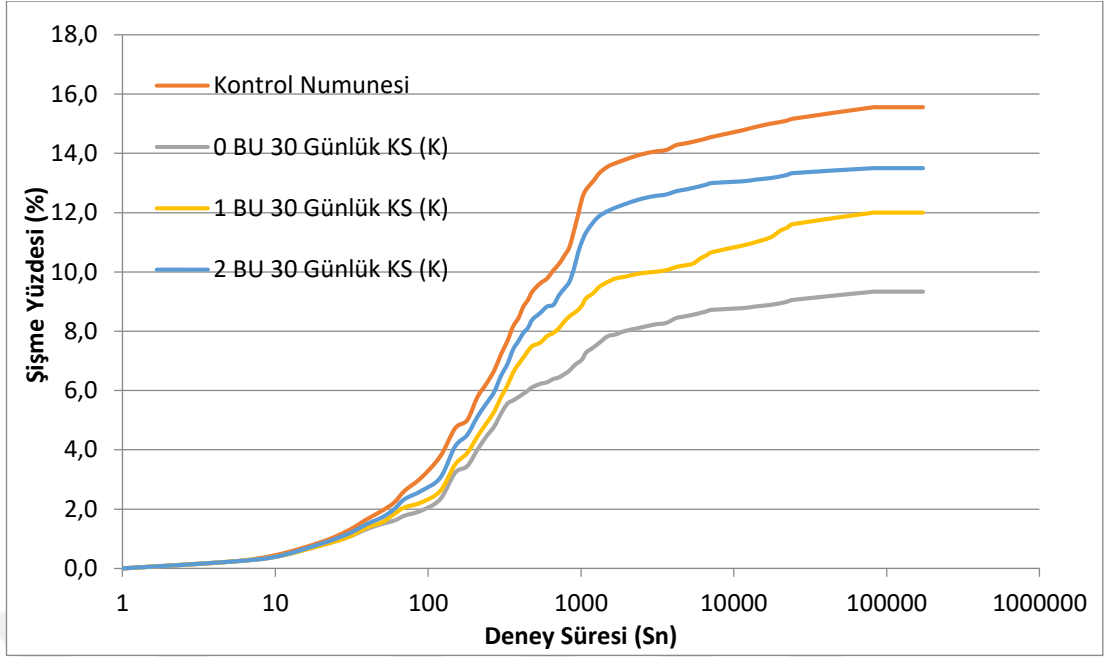
Şekil 4.35. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi

4.5.2.4. Sıfır, Bir ve İki Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

Sıfır, bir ve iki boy uzakta ve 30 günlük kür süresi (karelaj) ile elde edilen numuneler üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyleri sonucunda numunenin, sırayla yüzde 9,3; 12,0 ve 13,5 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.24’de, şişme yüzdesi eğrileri Şekil 4.36’da gösterilmektedir.

Çizelge 4.24. Sıfır, Bir ve İki Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi Okumaları
(Karelaj)

Kontrol N.	0BU 30GKS(K)	1BU 30GKS(K)	2BU 30GKS(K)
1 300 0 0,0	1 300 0 0,0	1 300 0 0,0	1 300 0 0,0
5 304 0,04 0,2	5 304 0,04 0,2	5 304 0,04 0,2	5 304 0,04 0,2
10 308 0,08 0,4	10 307 0,07 0,4	10 307 0,07 0,4	10 307 0,07 0,4
20 316 0,16 0,9	20 314 0,14 0,8	20 314 0,14 0,8	20 315 0,15 0,8
30 323 0,23 1,3	30 319 0,19 1,1	30 319 0,19 1,1	30 321 0,21 1,2
40 330 0,3 1,7	40 324 0,24 1,3	40 325 0,25 1,4	40 327 0,27 1,5
50 335 0,35 1,9	50 327 0,27 1,5	50 328 0,28 1,6	50 331 0,31 1,7
60 340 0,4 2,2	60 329 0,29 1,6	60 333 0,33 1,8	60 336 0,36 2,0
70 347 0,47 2,6	70 332 0,32 1,8	70 337 0,37 2,1	70 342 0,42 2,3
90 355 0,55 3,1	90 335 0,35 1,9	90 340 0,4 2,2	90 347 0,47 2,6
120 368 0,68 3,8	120 342 0,42 2,3	120 347 0,47 2,6	120 355 0,55 3,1
150 385 0,85 4,7	150 358 0,58 3,2	150 363 0,63 3,5	150 374 0,74 4,1
180 390 0,9 5,0	180 362 0,62 3,4	180 370 0,7 3,9	180 381 0,81 4,5
210 404 1,04 5,8	210 372 0,72 4,0	210 380 0,8 4,4	210 392 0,92 5,1
240 412 1,12 6,2	240 380 0,8 4,4	240 388 0,88 4,9	240 400 1 5,6
270 420 1,2 6,7	270 386 0,86 4,8	270 395 0,95 5,3	270 407 1,07 5,9
300 430 1,3 7,2	300 394 0,94 5,2	300 404 1,04 5,8	300 417 1,17 6,5
330 438 1,38 7,7	330 400 1 5,6	330 411 1,11 6,2	330 424 1,24 6,9
360 447 1,47 8,2	360 402 1,02 5,7	360 419 1,19 6,6	360 433 1,33 7,4
390 452 1,52 8,4	390 404 1,04 5,8	390 424 1,24 6,9	390 438 1,38 7,7
420 459 1,59 8,8	420 406 1,06 5,9	420 428 1,28 7,1	420 443 1,43 7,9
450 463 1,63 9,1	450 408 1,08 6,0	450 432 1,32 7,3	450 446 1,46 8,1
480 468 1,68 9,3	480 410 1,1 6,1	480 435 1,35 7,5	480 451 1,51 8,4
540 473 1,73 9,6	540 412 1,12 6,2	540 437 1,37 7,6	540 455 1,55 8,6
600 476 1,76 9,8	600 413 1,13 6,3	600 441 1,41 7,8	600 459 1,59 8,8
660 481 1,81 10,1	660 415 1,15 6,4	660 443 1,43 7,9	660 460 1,6 8,9
720 485 1,85 10,3	720 416 1,16 6,4	720 446 1,46 8,1	720 466 1,66 9,2
780 490 1,9 10,6	780 418 1,18 6,6	780 450 1,5 8,3	780 470 1,7 9,4
840 495 1,95 10,8	840 420 1,2 6,7	840 453 1,53 8,5	840 474 1,74 9,7
900 505 2,05 11,4	900 423 1,23 6,8	900 455 1,55 8,6	900 482 1,82 10,1
960 515 2,15 11,9	960 425 1,25 6,9	960 457 1,57 8,7	960 492 1,92 10,7
1020 525 2,25 12,5	1020 427 1,27 7,1	1020 460 1,6 8,9	1020 499 1,99 11,1
1080 530 2,3 12,8	1080 431 1,31 7,3	1080 464 1,64 9,1	1080 504 2,04 11,3
1200 535 2,35 13,1	1200 434 1,34 7,4	1200 467 1,67 9,3	1200 510 2,1 11,7
1320 540 2,4 13,3	1320 437 1,37 7,6	1320 471 1,71 9,5	1320 514 2,14 11,9
1500 544 2,44 13,6	1500 441 1,41 7,8	1500 474 1,74 9,7	1500 517 2,17 12,1
1680 546 2,46 13,7	1680 442 1,42 7,9	1680 476 1,76 9,8	1680 519 2,19 12,2
1920 548 2,48 13,8	1920 444 1,44 8,0	1920 477 1,77 9,8	1920 521 2,21 12,3
2400 551 2,51 13,9	2400 446 1,46 8,1	2400 479 1,79 9,9	2400 524 2,24 12,4
3000 553 2,53 14,1	3000 448 1,48 8,2	3000 480 1,8 10,0	3000 526 2,26 12,6
3600 554 2,54 14,1	3600 449 1,49 8,3	3600 481 1,81 10,1	3600 527 2,27 12,6
4200 557 2,57 14,3	4200 452 1,52 8,4	4200 483 1,83 10,2	4200 529 2,29 12,7
4800 558 2,58 14,3	4800 453 1,53 8,5	4800 484 1,84 10,2	4800 530 2,3 12,8
5400 559 2,59 14,4	5400 454 1,54 8,6	5400 485 1,85 10,3	5400 531 2,31 12,8
6000 560 2,6 14,4	6000 455 1,55 8,6	6000 488 1,88 10,4	6000 532 2,32 12,9
6600 561 2,61 14,5	6600 456 1,56 8,7	6600 490 1,9 10,6	6600 533 2,33 12,9
7200 562 2,62 14,6	7200 457 1,57 8,7	7200 492 1,92 10,7	7200 534 2,34 13,0
11400 566 2,66 14,8	11400 458 1,58 8,8	11400 496 1,96 10,9	11400 535 2,35 13,1
13800 568 2,68 14,9	13800 459 1,59 8,8	13800 498 1,98 11,0	13800 536 2,36 13,1
17400 570 2,7 15,0	17400 460 1,6 8,9	17400 501 2,01 11,2	17400 537 2,37 13,2
20100 571 2,71 15,1	20100 461 1,61 8,9	20100 505 2,05 11,4	20100 538 2,38 13,2
22500 572 2,72 15,1	22500 462 1,62 9,0	22500 507 2,07 11,5	22500 539 2,39 13,3
24300 573 2,73 15,2	24300 463 1,63 9,1	24300 509 2,09 11,6	24300 540 2,4 13,3
81900 580 2,8 15,6	81900 468 1,68 9,3	81900 516 2,16 12,0	81900 543 2,43 13,5
86400 580 2,8 15,6	86400 468 1,68 9,3	86400 516 2,16 12,0	86400 543 2,43 13,5
172800 580 2,8 15,6	172800 468 1,68 9,3	172800 516 2,16 12,0	172800 543 2,43 13,5



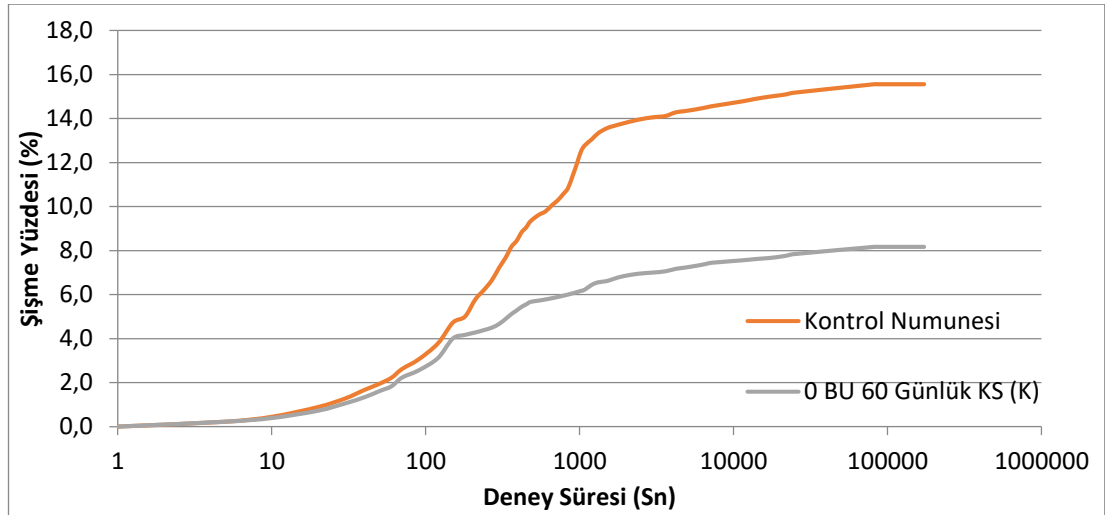
Şekil 4.36. Sıfır, Bir ve İki Boy Uzakta ve 30 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numuneleri Şişme Eğrisi

4.5.2.5. Sıfır Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

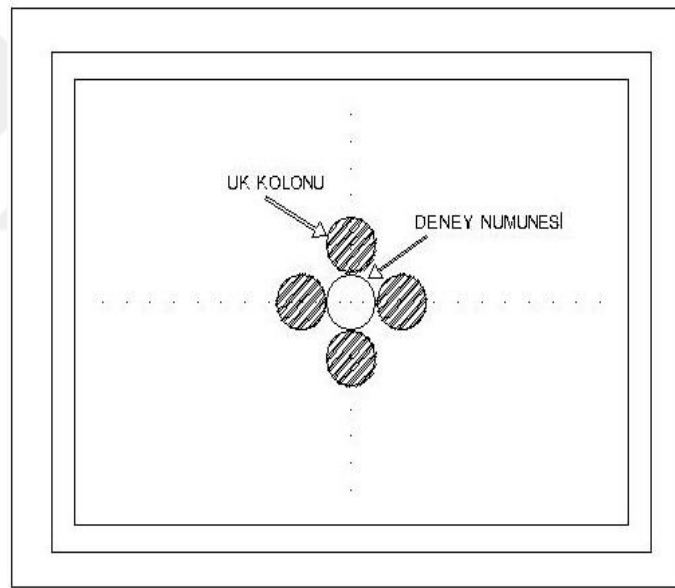
Sıfır boy uzakta ve 60 günlük kür süresi (karelaj) ile elde edilen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 8,2 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.25’de, şişme yüzdesi eğrisi Şekil 4.37’de ve deney numunesi ile uçucu kül kolonlarının deney tankındaki yerleşimi Şekil 4.38’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.25. Sıfır Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

Kontrol N.				0BU 60GKS(K)			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	313	0,13	0,7
30	323	0,23	1,3	30	319	0,19	1,1
40	330	0,3	1,7	40	324	0,24	1,3
50	335	0,35	1,9	50	329	0,29	1,6
60	340	0,4	2,2	60	333	0,33	1,8
70	347	0,47	2,6	70	340	0,4	2,2
90	355	0,55	3,1	90	346	0,46	2,6
120	368	0,68	3,8	120	356	0,56	3,1
150	385	0,85	4,7	150	372	0,72	4,0
180	390	0,9	5,0	180	375	0,75	4,2
210	404	1,04	5,8	210	377	0,77	4,3
240	412	1,12	6,2	240	379	0,79	4,4
270	420	1,2	6,7	270	381	0,81	4,5
300	430	1,3	7,2	300	384	0,84	4,7
330	438	1,38	7,7	330	388	0,88	4,9
360	447	1,47	8,2	360	392	0,92	5,1
390	452	1,52	8,4	390	395	0,95	5,3
420	459	1,59	8,8	420	398	0,98	5,4
450	463	1,63	9,1	450	400	1	5,6
480	468	1,68	9,3	480	402	1,02	5,7
540	473	1,73	9,6	540	403	1,03	5,7
600	476	1,76	9,8	600	404	1,04	5,8
660	481	1,81	10,1	660	405	1,05	5,8
720	485	1,85	10,3	720	406	1,06	5,9
780	490	1,9	10,6	780	407	1,07	5,9
840	495	1,95	10,8	840	408	1,08	6,0
900	505	2,05	11,4	900	409	1,09	6,1
960	515	2,15	11,9	960	410	1,1	6,1
1020	525	2,25	12,5	1020	411	1,11	6,2
1080	530	2,3	12,8	1080	412	1,12	6,2
1200	535	2,35	13,1	1200	416	1,16	6,4
1320	540	2,4	13,3	1320	418	1,18	6,6
1500	544	2,44	13,6	1500	419	1,19	6,6
1680	546	2,46	13,7	1680	421	1,21	6,7
1920	548	2,48	13,8	1920	423	1,23	6,8
2400	551	2,51	13,9	2400	425	1,25	6,9
3000	553	2,53	14,1	3000	426	1,26	7,0
3600	554	2,54	14,1	3600	427	1,27	7,1
4200	557	2,57	14,3	4200	429	1,29	7,2
4800	558	2,58	14,3	4800	430	1,3	7,2
5400	559	2,59	14,4	5400	431	1,31	7,3
6000	560	2,6	14,4	6000	432	1,32	7,3
6600	561	2,61	14,5	6600	433	1,33	7,4
7200	562	2,62	14,6	7200	434	1,34	7,4
11400	566	2,66	14,8	11400	436	1,36	7,6
13800	568	2,68	14,9	13800	437	1,37	7,6
17400	570	2,7	15,0	17400	438	1,38	7,7
20100	571	2,71	15,1	20100	439	1,39	7,7
22500	572	2,72	15,1	22500	440	1,4	7,8
24300	573	2,73	15,2	24300	441	1,41	7,8
81900	580	2,8	15,6	81900	447	1,47	8,2
86400	580	2,8	15,6	86400	447	1,47	8,2
172800	580	2,8	15,6	172800	447	1,47	8,2



Şekil 4.37. Sıfır Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numunesi Şişme Eğrisi



Şekil 4.38. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi

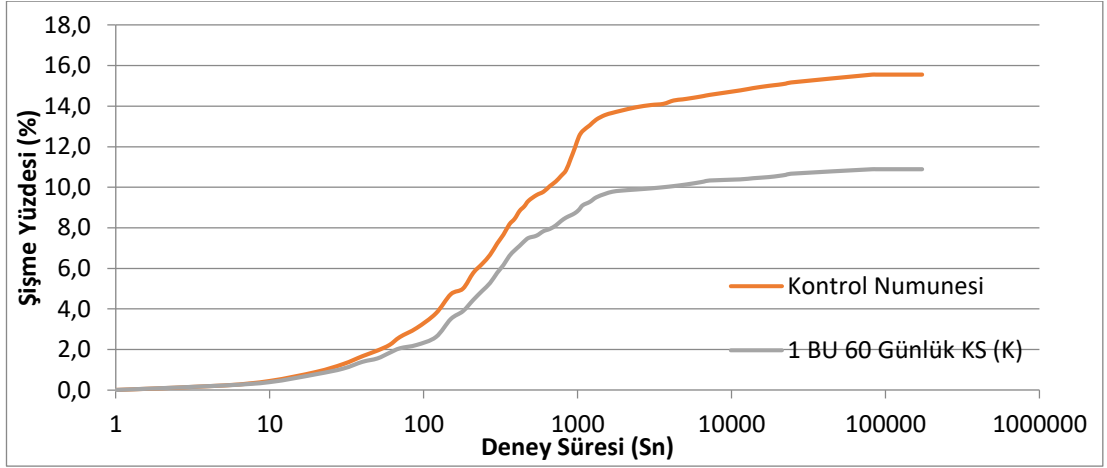
4.5.2.6. Bir Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

Bir boy uzakta ve 60 günlük kür süresi (karelaj) ile elde edilen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda, numunenin yüzde 10,9 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.26’de, şişme yüzdesi eğrisi Şekil 4.39’da ve deney numunesi ile uçucu kül kolonlarının deney tankındaki yerleşimi Şekil 4.40’da gösterilmektedir.

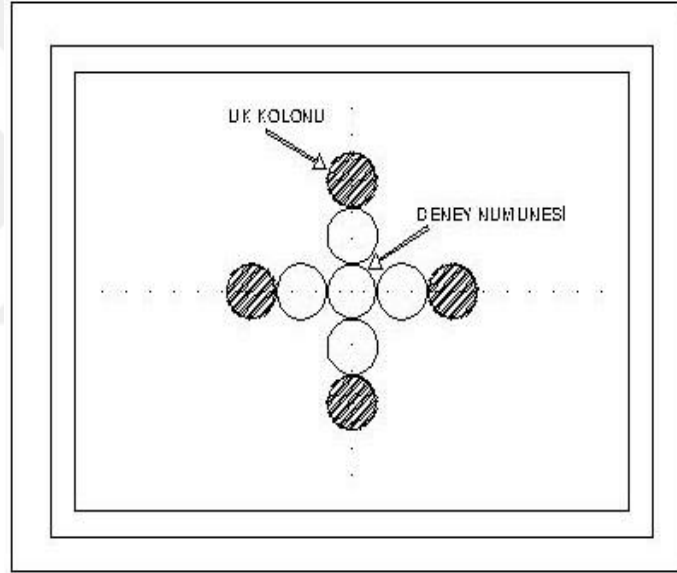


Çizelge 4.26. Bir Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

Kontrol N.				1BU 60GKS(K)			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	314	0,14	0,8
30	323	0,23	1,3	30	319	0,19	1,1
40	330	0,3	1,7	40	325	0,25	1,4
50	335	0,35	1,9	50	328	0,28	1,6
60	340	0,4	2,2	60	333	0,33	1,8
70	347	0,47	2,6	70	337	0,37	2,1
90	355	0,55	3,1	90	340	0,4	2,2
120	368	0,68	3,8	120	347	0,47	2,6
150	385	0,85	4,7	150	363	0,63	3,5
180	390	0,9	5,0	180	370	0,7	3,9
210	404	1,04	5,8	210	380	0,8	4,4
240	412	1,12	6,2	240	388	0,88	4,9
270	420	1,2	6,7	270	395	0,95	5,3
300	430	1,3	7,2	300	404	1,04	5,8
330	438	1,38	7,7	330	411	1,11	6,2
360	447	1,47	8,2	360	419	1,19	6,6
390	452	1,52	8,4	390	424	1,24	6,9
420	459	1,59	8,8	420	428	1,28	7,1
450	463	1,63	9,1	450	432	1,32	7,3
480	468	1,68	9,3	480	435	1,35	7,5
540	473	1,73	9,6	540	437	1,37	7,6
600	476	1,76	9,8	600	441	1,41	7,8
660	481	1,81	10,1	660	443	1,43	7,9
720	485	1,85	10,3	720	446	1,46	8,1
780	490	1,9	10,6	780	450	1,5	8,3
840	495	1,95	10,8	840	453	1,53	8,5
900	505	2,05	11,4	900	455	1,55	8,6
960	515	2,15	11,9	960	457	1,57	8,7
1020	525	2,25	12,5	1020	460	1,6	8,9
1080	530	2,3	12,8	1080	464	1,64	9,1
1200	535	2,35	13,1	1200	467	1,67	9,3
1320	540	2,4	13,3	1320	471	1,71	9,5
1500	544	2,44	13,6	1500	474	1,74	9,7
1680	546	2,46	13,7	1680	476	1,76	9,8
1920	548	2,48	13,8	1920	477	1,77	9,8
2400	551	2,51	13,9	2400	478	1,78	9,9
3000	553	2,53	14,1	3000	479	1,79	9,9
3600	554	2,54	14,1	3600	480	1,8	10,0
4200	557	2,57	14,3	4200	481	1,81	10,1
4800	558	2,58	14,3	4800	482	1,82	10,1
5400	559	2,59	14,4	5400	483	1,83	10,2
6000	560	2,6	14,4	6000	484	1,84	10,2
6600	561	2,61	14,5	6600	485	1,85	10,3
7200	562	2,62	14,6	7200	486	1,86	10,3
11400	566	2,66	14,8	11400	487	1,87	10,4
13800	568	2,68	14,9	13800	488	1,88	10,4
17400	570	2,7	15,0	17400	489	1,89	10,5
20100	571	2,71	15,1	20100	490	1,9	10,6
22500	572	2,72	15,1	22500	491	1,91	10,6
24300	573	2,73	15,2	24300	492	1,92	10,7
81900	580	2,8	15,6	81900	496	1,96	10,9
86400	580	2,8	15,6	86400	496	1,96	10,9
172800	580	2,8	15,6	172800	496	1,96	10,9



Şekil 4.39. Bir Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numunesi Şişme Eğrisi



Şekil 4.40. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi

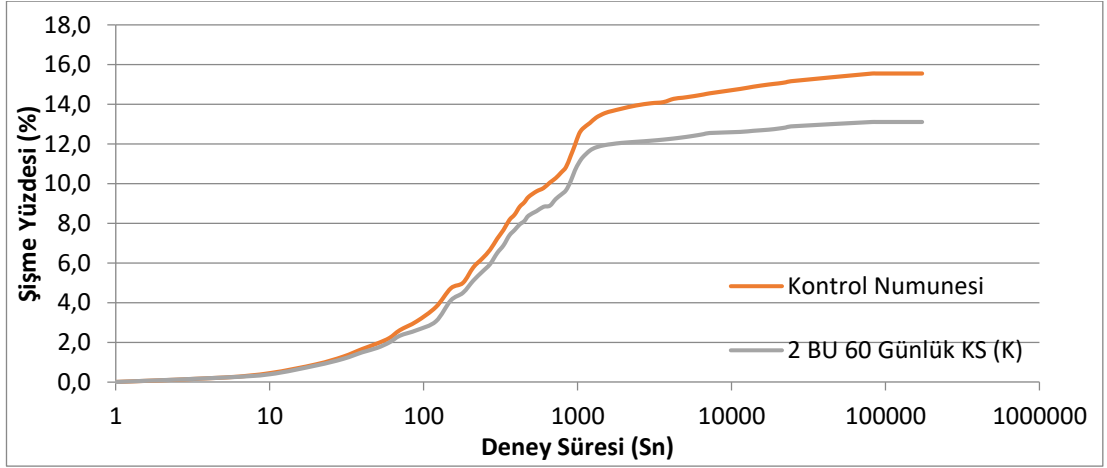
4.5.2.7. İki Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

İki boy uzakta ve 60 günlük kür süresi (karelaj) ile elde edilen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 13,1 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.27’de, şişme yüzdesi eğrisi Şekil

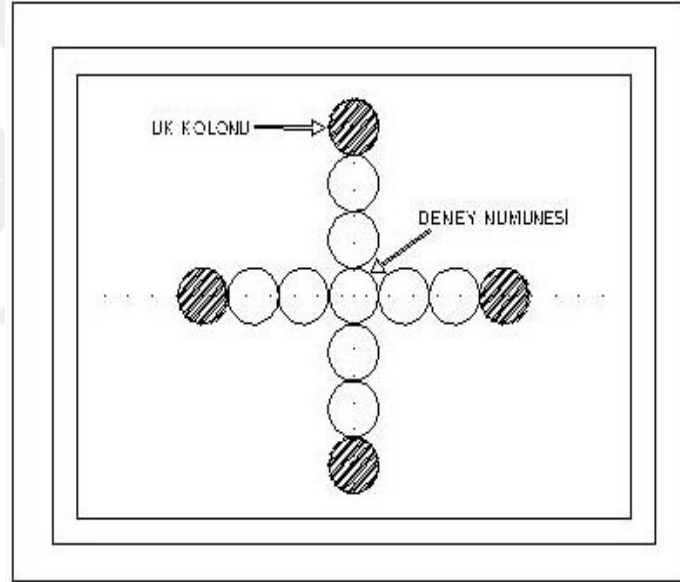
4.41’de ve deney numunesi ile uçucu kül kolonlarının deney tankındaki yerleşimi Şekil 4.42’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.27. İki Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

Kontrol N.				2BU 60GKS(K)			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	315	0,15	0,8
30	323	0,23	1,3	30	321	0,21	1,2
40	330	0,3	1,7	40	327	0,27	1,5
50	335	0,35	1,9	50	331	0,31	1,7
60	340	0,4	2,2	60	336	0,36	2,0
70	347	0,47	2,6	70	342	0,42	2,3
90	355	0,55	3,1	90	347	0,47	2,6
120	368	0,68	3,8	120	355	0,55	3,1
150	385	0,85	4,7	150	374	0,74	4,1
180	390	0,9	5,0	180	381	0,81	4,5
210	404	1,04	5,8	210	392	0,92	5,1
240	412	1,12	6,2	240	400	1	5,6
270	420	1,2	6,7	270	407	1,07	5,9
300	430	1,3	7,2	300	417	1,17	6,5
330	438	1,38	7,7	330	424	1,24	6,9
360	447	1,47	8,2	360	433	1,33	7,4
390	452	1,52	8,4	390	438	1,38	7,7
420	459	1,59	8,8	420	443	1,43	7,9
450	463	1,63	9,1	450	446	1,46	8,1
480	468	1,68	9,3	480	451	1,51	8,4
540	473	1,73	9,6	540	455	1,55	8,6
600	476	1,76	9,8	600	459	1,59	8,8
660	481	1,81	10,1	660	460	1,6	8,9
720	485	1,85	10,3	720	466	1,66	9,2
780	490	1,9	10,6	780	470	1,7	9,4
840	495	1,95	10,8	840	474	1,74	9,7
900	505	2,05	11,4	900	482	1,82	10,1
960	515	2,15	11,9	960	492	1,92	10,7
1020	525	2,25	12,5	1020	499	1,99	11,1
1080	530	2,3	12,8	1080	504	2,04	11,3
1200	535	2,35	13,1	1200	510	2,1	11,7
1320	540	2,4	13,3	1320	513	2,13	11,8
1500	544	2,44	13,6	1500	515	2,15	11,9
1680	546	2,46	13,7	1680	516	2,16	12,0
1920	548	2,48	13,8	1920	517	2,17	12,1
2400	551	2,51	13,9	2400	518	2,18	12,1
3000	553	2,53	14,1	3000	519	2,19	12,2
3600	554	2,54	14,1	3600	520	2,2	12,2
4200	557	2,57	14,3	4200	521	2,21	12,3
4800	558	2,58	14,3	4800	522	2,22	12,3
5400	559	2,59	14,4	5400	523	2,23	12,4
6000	560	2,6	14,4	6000	524	2,24	12,4
6600	561	2,61	14,5	6600	525	2,25	12,5
7200	562	2,62	14,6	7200	526	2,26	12,6
11400	566	2,66	14,8	11400	527	2,27	12,6
13800	568	2,68	14,9	13800	528	2,28	12,7
17400	570	2,7	15,0	17400	529	2,29	12,7
20100	571	2,71	15,1	20100	530	2,3	12,8
22500	572	2,72	15,1	22500	531	2,31	12,8
24300	573	2,73	15,2	24300	532	2,32	12,9
81900	580	2,8	15,6	81900	536	2,36	13,1
86400	580	2,8	15,6	86400	536	2,36	13,1
172800	580	2,8	15,6	172800	536	2,36	13,1



Şekil 4.41. İki Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numunesi Şişme Eğrisi



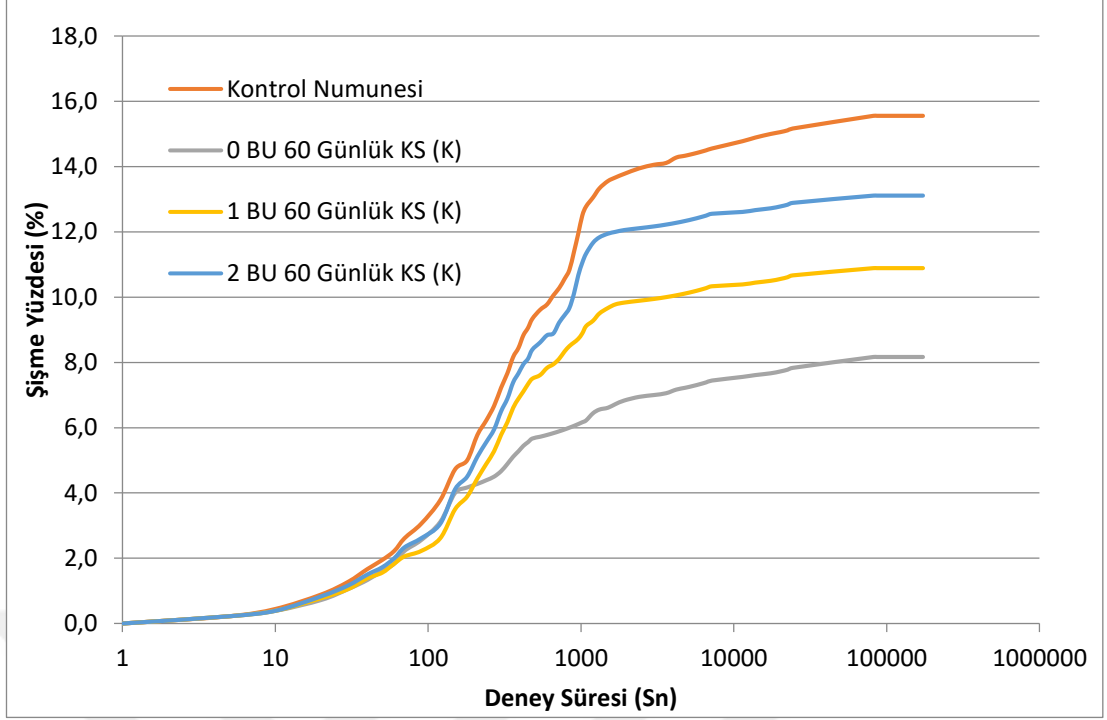
Şekil 4.42. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi

4.5.2.8. Sıfır, Bir ve İki Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

Sıfır, bir ve iki boy uzakta ve 60 günlük kür süresi (karelaj) ile elde edilen numuneler üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyleri sonucunda numunelerin, sırayla yüzde 8,2; 10,9 ve 13,1 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdeleri okuma değerleri Çizelge 4.28’de, şişme yüzdesi eğrileri Şekil 4.43’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.28. Sıfır, Bir ve İki Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi Okumaları
(Karelaj)

Kontrol N.	0BU 60GKS(K)	1BU 60GKS(K)	2BU 60GKS(K)
1 300 0 0,0	1 300 0 0,0	1 300 0 0,0	1 300 0 0,0
5 304 0,04 0,2	5 304 0,04 0,2	5 304 0,04 0,2	5 304 0,04 0,2
10 308 0,08 0,4	10 307 0,07 0,4	10 307 0,07 0,4	10 307 0,07 0,4
20 316 0,16 0,9	20 313 0,13 0,7	20 314 0,14 0,8	20 315 0,15 0,8
30 323 0,23 1,3	30 319 0,19 1,1	30 319 0,19 1,1	30 321 0,21 1,2
40 330 0,3 1,7	40 324 0,24 1,3	40 325 0,25 1,4	40 327 0,27 1,5
50 335 0,35 1,9	50 329 0,29 1,6	50 328 0,28 1,6	50 331 0,31 1,7
60 340 0,4 2,2	60 333 0,33 1,8	60 333 0,33 1,8	60 336 0,36 2,0
70 347 0,47 2,6	70 340 0,4 2,2	70 337 0,37 2,1	70 342 0,42 2,3
90 355 0,55 3,1	90 346 0,46 2,6	90 340 0,4 2,2	90 347 0,47 2,6
120 368 0,68 3,8	120 356 0,56 3,1	120 347 0,47 2,6	120 355 0,55 3,1
150 385 0,85 4,7	150 372 0,72 4,0	150 363 0,63 3,5	150 374 0,74 4,1
180 390 0,9 5,0	180 375 0,75 4,2	180 370 0,7 3,9	180 381 0,81 4,5
210 404 1,04 5,8	210 377 0,77 4,3	210 380 0,8 4,4	210 392 0,92 5,1
240 412 1,12 6,2	240 379 0,79 4,4	240 388 0,88 4,9	240 400 1 5,6
270 420 1,2 6,7	270 381 0,81 4,5	270 395 0,95 5,3	270 407 1,07 5,9
300 430 1,3 7,2	300 384 0,84 4,7	300 404 1,04 5,8	300 417 1,17 6,5
330 438 1,38 7,7	330 388 0,88 4,9	330 411 1,11 6,2	330 424 1,24 6,9
360 447 1,47 8,2	360 392 0,92 5,1	360 419 1,19 6,6	360 433 1,33 7,4
390 452 1,52 8,4	390 395 0,95 5,3	390 424 1,24 6,9	390 438 1,38 7,7
420 459 1,59 8,8	420 398 0,98 5,4	420 428 1,28 7,1	420 443 1,43 7,9
450 463 1,63 9,1	450 400 1 5,6	450 432 1,32 7,3	450 446 1,46 8,1
480 468 1,68 9,3	480 402 1,02 5,7	480 435 1,35 7,5	480 451 1,51 8,4
540 473 1,73 9,6	540 403 1,03 5,7	540 437 1,37 7,6	540 455 1,55 8,6
600 476 1,76 9,8	600 404 1,04 5,8	600 441 1,41 7,8	600 459 1,59 8,8
660 481 1,81 10,1	660 405 1,05 5,8	660 443 1,43 7,9	660 460 1,6 8,9
720 485 1,85 10,3	720 406 1,06 5,9	720 446 1,46 8,1	720 466 1,66 9,2
780 490 1,9 10,6	780 407 1,07 5,9	780 450 1,5 8,3	780 470 1,7 9,4
840 495 1,95 10,8	840 408 1,08 6,0	840 453 1,53 8,5	840 474 1,74 9,7
900 505 2,05 11,4	900 409 1,09 6,1	900 455 1,55 8,6	900 482 1,82 10,1
960 515 2,15 11,9	960 410 1,1 6,1	960 457 1,57 8,7	960 492 1,92 10,7
1020 525 2,25 12,5	1020 411 1,11 6,2	1020 460 1,6 8,9	1020 499 1,99 11,1
1080 530 2,3 12,8	1080 412 1,12 6,2	1080 464 1,64 9,1	1080 504 2,04 11,3
1200 535 2,35 13,1	1200 416 1,16 6,4	1200 467 1,67 9,3	1200 510 2,1 11,7
1320 540 2,4 13,3	1320 418 1,18 6,6	1320 471 1,71 9,5	1320 513 2,13 11,8
1500 544 2,44 13,6	1500 419 1,19 6,6	1500 474 1,74 9,7	1500 515 2,15 11,9
1680 546 2,46 13,7	1680 421 1,21 6,7	1680 476 1,76 9,8	1680 516 2,16 12,0
1920 548 2,48 13,8	1920 423 1,23 6,8	1920 477 1,77 9,8	1920 517 2,17 12,1
2400 551 2,51 13,9	2400 425 1,25 6,9	2400 478 1,78 9,9	2400 518 2,18 12,1
3000 553 2,53 14,1	3000 426 1,26 7,0	3000 479 1,79 9,9	3000 519 2,19 12,2
3600 554 2,54 14,1	3600 427 1,27 7,1	3600 480 1,8 10,0	3600 520 2,2 12,2
4200 557 2,57 14,3	4200 429 1,29 7,2	4200 481 1,81 10,1	4200 521 2,21 12,3
4800 558 2,58 14,3	4800 430 1,3 7,2	4800 482 1,82 10,1	4800 522 2,22 12,3
5400 559 2,59 14,4	5400 431 1,31 7,3	5400 483 1,83 10,2	5400 523 2,23 12,4
6000 560 2,6 14,4	6000 432 1,32 7,3	6000 484 1,84 10,2	6000 524 2,24 12,4
6600 561 2,61 14,5	6600 433 1,33 7,4	6600 485 1,85 10,3	6600 525 2,25 12,5
7200 562 2,62 14,6	7200 434 1,34 7,4	7200 486 1,86 10,3	7200 526 2,26 12,6
11400 566 2,66 14,8	11400 436 1,36 7,6	11400 487 1,87 10,4	11400 527 2,27 12,6
13800 568 2,68 14,9	13800 437 1,37 7,6	13800 488 1,88 10,4	13800 528 2,28 12,7
17400 570 2,7 15,0	17400 438 1,38 7,7	17400 489 1,89 10,5	17400 529 2,29 12,7
20100 571 2,71 15,1	20100 439 1,39 7,7	20100 490 1,9 10,6	20100 530 2,3 12,8
22500 572 2,72 15,1	22500 440 1,4 7,8	22500 491 1,91 10,6	22500 531 2,31 12,8
24300 573 2,73 15,2	24300 441 1,41 7,8	24300 492 1,92 10,7	24300 532 2,32 12,9
81900 580 2,8 15,6	81900 447 1,47 8,2	81900 496 1,96 10,9	81900 536 2,36 13,1
86400 580 2,8 15,6	86400 447 1,47 8,2	86400 496 1,96 10,9	86400 536 2,36 13,1
172800 580 2,8 15,6	172800 447 1,47 8,2	172800 496 1,96 10,9	172800 536 2,36 13,1



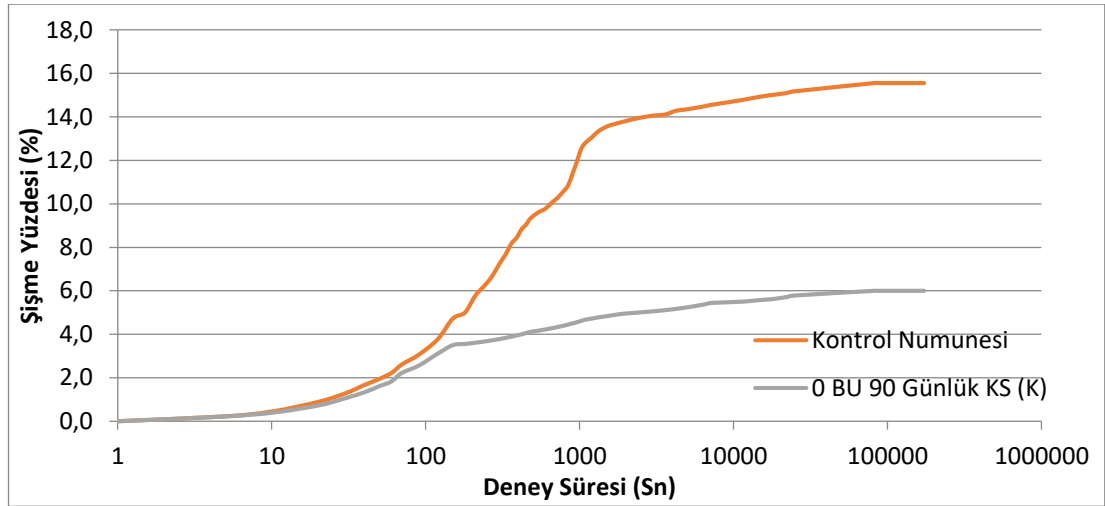
Şekil 4.43. Sıfır, Bir ve İki Boy Uzakta ve 60 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numuneleri Şişme Eğrisi

4.5.2.9. Sıfır Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

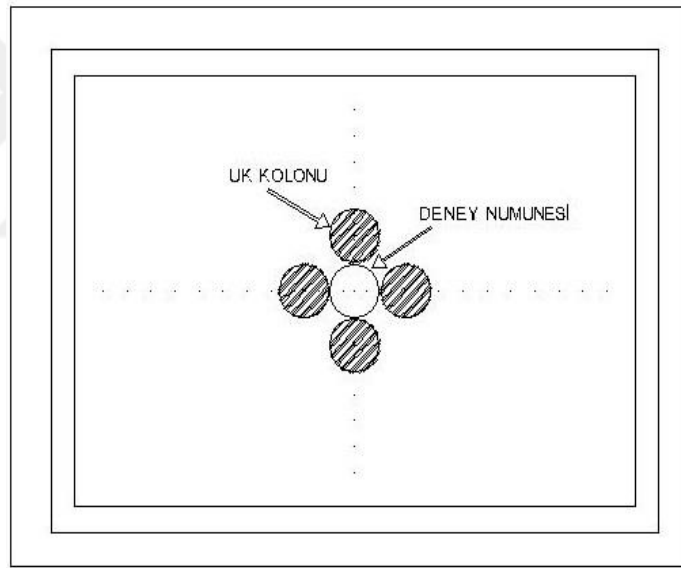
Sıfır boy uzakta ve 90 günlük kür süresi (karelaj) ile elde edilen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 6,0 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.29’da, şişme yüzdesi eğrisi Şekil 4.44’de ve deney numunesi ile uçucu kül kolonlarının deney tankındaki yerleşimi Şekil 4.45’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.29. Sıfır Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

Kontrol N.				0BU 90GKS(K)			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	313	0,13	0,7
30	323	0,23	1,3	30	319	0,19	1,1
40	330	0,3	1,7	40	324	0,24	1,3
50	335	0,35	1,9	50	329	0,29	1,6
60	340	0,4	2,2	60	333	0,33	1,8
70	347	0,47	2,6	70	340	0,4	2,2
90	355	0,55	3,1	90	346	0,46	2,6
120	368	0,68	3,8	120	356	0,56	3,1
150	385	0,85	4,7	150	363	0,63	3,5
180	390	0,9	5,0	180	364	0,64	3,6
210	404	1,04	5,8	210	365	0,65	3,6
240	412	1,12	6,2	240	366	0,66	3,7
270	420	1,2	6,7	270	367	0,67	3,7
300	430	1,3	7,2	300	368	0,68	3,8
330	438	1,38	7,7	330	369	0,69	3,8
360	447	1,47	8,2	360	370	0,7	3,9
390	452	1,52	8,4	390	371	0,71	3,9
420	459	1,59	8,8	420	372	0,72	4,0
450	463	1,63	9,1	450	373	0,73	4,1
480	468	1,68	9,3	480	374	0,74	4,1
540	473	1,73	9,6	540	375	0,75	4,2
600	476	1,76	9,8	600	376	0,76	4,2
660	481	1,81	10,1	660	377	0,77	4,3
720	485	1,85	10,3	720	378	0,78	4,3
780	490	1,9	10,6	780	379	0,79	4,4
840	495	1,95	10,8	840	380	0,8	4,4
900	505	2,05	11,4	900	381	0,81	4,5
960	515	2,15	11,9	960	382	0,82	4,6
1020	525	2,25	12,5	1020	383	0,83	4,6
1080	530	2,3	12,8	1080	384	0,84	4,7
1200	535	2,35	13,1	1200	385	0,85	4,7
1320	540	2,4	13,3	1320	386	0,86	4,8
1500	544	2,44	13,6	1500	387	0,87	4,8
1680	546	2,46	13,7	1680	388	0,88	4,9
1920	548	2,48	13,8	1920	389	0,89	4,9
2400	551	2,51	13,9	2400	390	0,9	5,0
3000	553	2,53	14,1	3000	391	0,91	5,1
3600	554	2,54	14,1	3600	392	0,92	5,1
4200	557	2,57	14,3	4200	393	0,93	5,2
4800	558	2,58	14,3	4800	394	0,94	5,2
5400	559	2,59	14,4	5400	395	0,95	5,3
6000	560	2,6	14,4	6000	396	0,96	5,3
6600	561	2,61	14,5	6600	397	0,97	5,4
7200	562	2,62	14,6	7200	398	0,98	5,4
11400	566	2,66	14,8	11400	399	0,99	5,5
13800	568	2,68	14,9	13800	400	1	5,6
17400	570	2,7	15,0	17400	401	1,01	5,6
20100	571	2,71	15,1	20100	402	1,02	5,7
22500	572	2,72	15,1	22500	403	1,03	5,7
24300	573	2,73	15,2	24300	404	1,04	5,8
81900	580	2,8	15,6	81900	408	1,08	6,0
86400	580	2,8	15,6	86400	408	1,08	6,0
172800	580	2,8	15,6	172800	408	1,08	6,0



Şekil 4.44. Sıfır Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numunesi Şişme Eğrisi



Şekil 4.45. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi

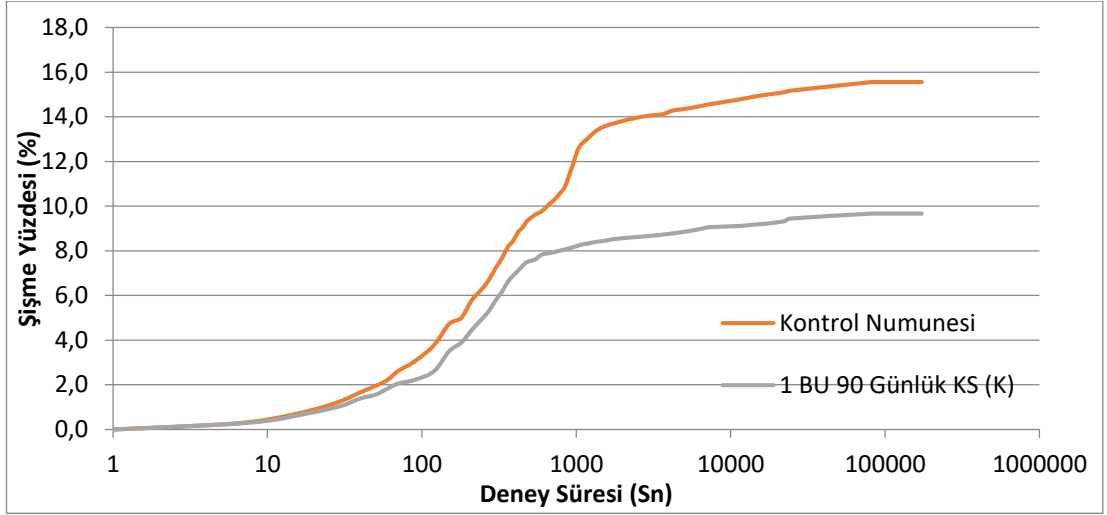
4.5.2.10. Bir Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

Bir boy uzakta ve 90 günlük kür süresi (karelaj) ile elde edilen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 9,7 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.30'da, şişme yüzdesi eğrisi Şekil 4.46'da ve

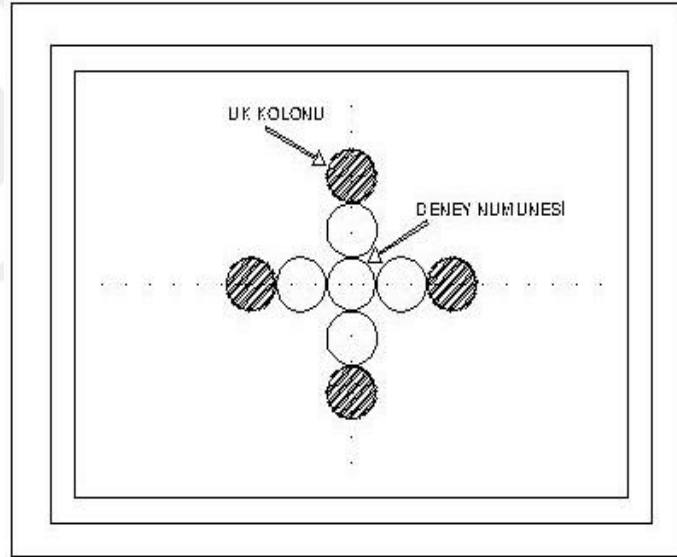
deney numunesi ile uçucu kül kolonlarının deney tankındaki yerleşimi Şekil 4.47’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.30. Bir Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

Kontrol N.				1BU 90GKS(K)			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	314	0,14	0,8
30	323	0,23	1,3	30	319	0,19	1,1
40	330	0,3	1,7	40	325	0,25	1,4
50	335	0,35	1,9	50	328	0,28	1,6
60	340	0,4	2,2	60	333	0,33	1,8
70	347	0,47	2,6	70	337	0,37	2,1
90	355	0,55	3,1	90	340	0,4	2,2
120	368	0,68	3,8	120	347	0,47	2,6
150	385	0,85	4,7	150	363	0,63	3,5
180	390	0,9	5,0	180	370	0,7	3,9
210	404	1,04	5,8	210	380	0,8	4,4
240	412	1,12	6,2	240	388	0,88	4,9
270	420	1,2	6,7	270	395	0,95	5,3
300	430	1,3	7,2	300	404	1,04	5,8
330	438	1,38	7,7	330	411	1,11	6,2
360	447	1,47	8,2	360	419	1,19	6,6
390	452	1,52	8,4	390	424	1,24	6,9
420	459	1,59	8,8	420	428	1,28	7,1
450	463	1,63	9,1	450	432	1,32	7,3
480	468	1,68	9,3	480	435	1,35	7,5
540	473	1,73	9,6	540	437	1,37	7,6
600	476	1,76	9,8	600	441	1,41	7,8
660	481	1,81	10,1	660	442	1,42	7,9
720	485	1,85	10,3	720	443	1,43	7,9
780	490	1,9	10,6	780	444	1,44	8,0
840	495	1,95	10,8	840	445	1,45	8,1
900	505	2,05	11,4	900	446	1,46	8,1
960	515	2,15	11,9	960	447	1,47	8,2
1020	525	2,25	12,5	1020	448	1,48	8,2
1080	530	2,3	12,8	1080	449	1,49	8,3
1200	535	2,35	13,1	1200	450	1,5	8,3
1320	540	2,4	13,3	1320	451	1,51	8,4
1500	544	2,44	13,6	1500	452	1,52	8,4
1680	546	2,46	13,7	1680	453	1,53	8,5
1920	548	2,48	13,8	1920	454	1,54	8,6
2400	551	2,51	13,9	2400	455	1,55	8,6
3000	553	2,53	14,1	3000	456	1,56	8,7
3600	554	2,54	14,1	3600	457	1,57	8,7
4200	557	2,57	14,3	4200	458	1,58	8,8
4800	558	2,58	14,3	4800	459	1,59	8,8
5400	559	2,59	14,4	5400	460	1,6	8,9
6000	560	2,6	14,4	6000	461	1,61	8,9
6600	561	2,61	14,5	6600	462	1,62	9,0
7200	562	2,62	14,6	7200	463	1,63	9,1
11400	566	2,66	14,8	11400	464	1,64	9,1
13800	568	2,68	14,9	13800	465	1,65	9,2
17400	570	2,7	15,0	17400	466	1,66	9,2
20100	571	2,71	15,1	20100	467	1,67	9,3
22500	572	2,72	15,1	22500	468	1,68	9,3
24300	573	2,73	15,2	24300	470	1,7	9,4
81900	580	2,8	15,6	81900	474	1,74	9,7
86400	580	2,8	15,6	86400	474	1,74	9,7
172800	580	2,8	15,6	172800	474	1,74	9,7



Şekil 4.46. Bir Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numunesi Şişme Eğrisi



Şekil 4.47. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi

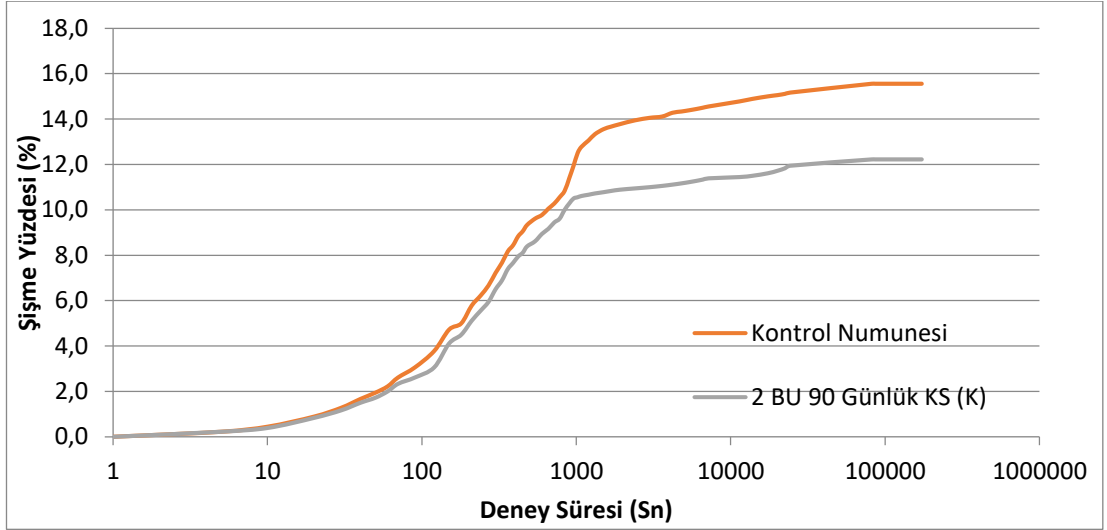
4.5.2.11. İki Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

İki boy uzakta ve 90 günlük kür süresi (karelaj) ile elde edilen numune üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyi sonucunda numunenin, yüzde 12,2 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.31’de, şişme yüzdesi eğrisi Şekil

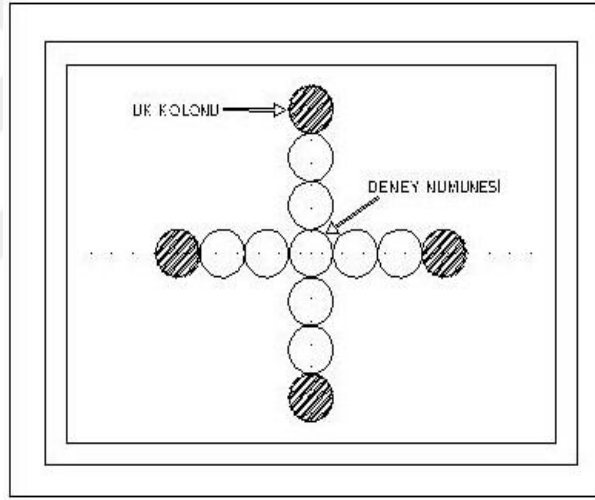
4.48’de ve deney numunesi ile uçucu kül kolonlarının deney tankındaki yerleşimi Şekil 4.49’da gösterilmektedir.

Çizelge 4.31. İki Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

Kontrol N.				2BU 90GKS(K)			
1	300	0	0,0	1	300	0	0,0
5	304	0,04	0,2	5	304	0,04	0,2
10	308	0,08	0,4	10	307	0,07	0,4
20	316	0,16	0,9	20	315	0,15	0,8
30	323	0,23	1,3	30	321	0,21	1,2
40	330	0,3	1,7	40	327	0,27	1,5
50	335	0,35	1,9	50	331	0,31	1,7
60	340	0,4	2,2	60	336	0,36	2,0
70	347	0,47	2,6	70	342	0,42	2,3
90	355	0,55	3,1	90	347	0,47	2,6
120	368	0,68	3,8	120	355	0,55	3,1
150	385	0,85	4,7	150	374	0,74	4,1
180	390	0,9	5,0	180	381	0,81	4,5
210	404	1,04	5,8	210	392	0,92	5,1
240	412	1,12	6,2	240	400	1	5,6
270	420	1,2	6,7	270	407	1,07	5,9
300	430	1,3	7,2	300	417	1,17	6,5
330	438	1,38	7,7	330	424	1,24	6,9
360	447	1,47	8,2	360	433	1,33	7,4
390	452	1,52	8,4	390	438	1,38	7,7
420	459	1,59	8,8	420	443	1,43	7,9
450	463	1,63	9,1	450	446	1,46	8,1
480	468	1,68	9,3	480	451	1,51	8,4
540	473	1,73	9,6	540	455	1,55	8,6
600	476	1,76	9,8	600	461	1,61	8,9
660	481	1,81	10,1	660	465	1,65	9,2
720	485	1,85	10,3	720	470	1,7	9,4
780	490	1,9	10,6	780	473	1,73	9,6
840	495	1,95	10,8	840	480	1,8	10,0
900	505	2,05	11,4	900	485	1,85	10,3
960	515	2,15	11,9	960	489	1,89	10,5
1020	525	2,25	12,5	1020	490	1,9	10,6
1080	530	2,3	12,8	1080	491	1,91	10,6
1200	535	2,35	13,1	1200	492	1,92	10,7
1320	540	2,4	13,3	1320	493	1,93	10,7
1500	544	2,44	13,6	1500	494	1,94	10,8
1680	546	2,46	13,7	1680	495	1,95	10,8
1920	548	2,48	13,8	1920	496	1,96	10,9
2400	551	2,51	13,9	2400	497	1,97	10,9
3000	553	2,53	14,1	3000	498	1,98	11,0
3600	554	2,54	14,1	3600	499	1,99	11,1
4200	557	2,57	14,3	4200	500	2	11,1
4800	558	2,58	14,3	4800	501	2,01	11,2
5400	559	2,59	14,4	5400	502	2,02	11,2
6000	560	2,6	14,4	6000	503	2,03	11,3
6600	561	2,61	14,5	6600	504	2,04	11,3
7200	562	2,62	14,6	7200	505	2,05	11,4
11400	566	2,66	14,8	11400	506	2,06	11,4
13800	568	2,68	14,9	13800	507	2,07	11,5
17400	570	2,7	15,0	17400	509	2,09	11,6
20100	571	2,71	15,1	20100	511	2,11	11,7
22500	572	2,72	15,1	22500	513	2,13	11,8
24300	573	2,73	15,2	24300	515	2,15	11,9
81900	580	2,8	15,6	81900	520	2,2	12,2
86400	580	2,8	15,6	86400	520	2,2	12,2
172800	580	2,8	15,6	172800	520	2,2	12,2



Şekil 4.48. İki Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numunesi Şişme Eğrisi



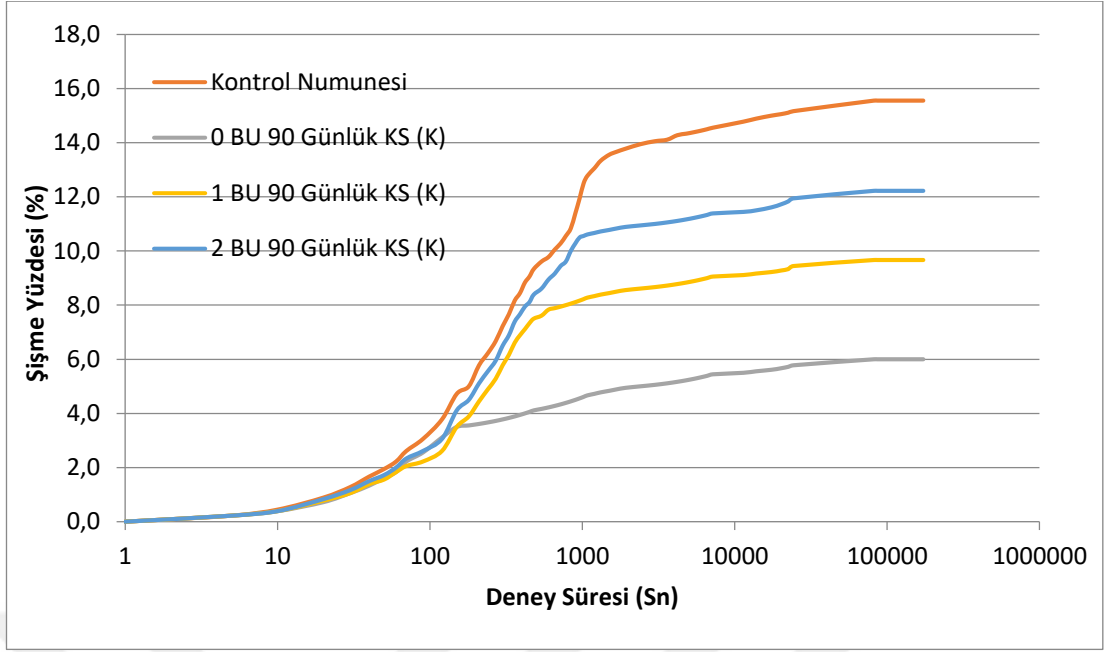
Şekil 4.49. Deney Numunesinin ve Uçucu Kül Kolonunun Deney Tankındaki Yerleşimi

4.5.2.12. Sıfır, Bir ve İki Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları (Karelaj)

Sıfır, bir ve iki boy uzakta ve 90 günlük kür süresi (karelaj) ile elde edilen numuneler üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyleri sonucunda numunelerin, sırayla yüzde 6,0; 9,7 ve 12,2 şiştiği tespit edilmiştir. Şişme yüzdesi okuma değerleri Çizelge 4.32’de ve şişme yüzdeleri eğrileri Şekil 4.50’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.32. Sıfır, Bir ve İki Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi Okumaları
(Karelaj)

Kontrol N.	0BU 90GKS(K)	1BU 90GKS(K)	2BU 90GKS(K)
1 300 0 0,0	1 300 0 0,0	1 300 0 0,0	1 300 0 0,0
5 304 0,04 0,2	5 304 0,04 0,2	5 304 0,04 0,2	5 304 0,04 0,2
10 308 0,08 0,4	10 307 0,07 0,4	10 307 0,07 0,4	10 307 0,07 0,4
20 316 0,16 0,9	20 313 0,13 0,7	20 314 0,14 0,8	20 315 0,15 0,8
30 323 0,23 1,3	30 319 0,19 1,1	30 319 0,19 1,1	30 321 0,21 1,2
40 330 0,3 1,7	40 324 0,24 1,3	40 325 0,25 1,4	40 327 0,27 1,5
50 335 0,35 1,9	50 329 0,29 1,6	50 328 0,28 1,6	50 331 0,31 1,7
60 340 0,4 2,2	60 333 0,33 1,8	60 333 0,33 1,8	60 336 0,36 2,0
70 347 0,47 2,6	70 340 0,4 2,2	70 337 0,37 2,1	70 342 0,42 2,3
90 355 0,55 3,1	90 346 0,46 2,6	90 340 0,4 2,2	90 347 0,47 2,6
120 368 0,68 3,8	120 356 0,56 3,1	120 347 0,47 2,6	120 355 0,55 3,1
150 385 0,85 4,7	150 363 0,63 3,5	150 363 0,63 3,5	150 374 0,74 4,1
180 390 0,9 5,0	180 364 0,64 3,6	180 370 0,7 3,9	180 381 0,81 4,5
210 404 1,04 5,8	210 365 0,65 3,6	210 380 0,8 4,4	210 392 0,92 5,1
240 412 1,12 6,2	240 366 0,66 3,7	240 388 0,88 4,9	240 400 1 5,6
270 420 1,2 6,7	270 367 0,67 3,7	270 395 0,95 5,3	270 407 1,07 5,9
300 430 1,3 7,2	300 368 0,68 3,8	300 404 1,04 5,8	300 417 1,17 6,5
330 438 1,38 7,7	330 369 0,69 3,8	330 411 1,11 6,2	330 424 1,24 6,9
360 447 1,47 8,2	360 370 0,7 3,9	360 419 1,19 6,6	360 433 1,33 7,4
390 452 1,52 8,4	390 371 0,71 3,9	390 424 1,24 6,9	390 438 1,38 7,7
420 459 1,59 8,8	420 372 0,72 4,0	420 428 1,28 7,1	420 443 1,43 7,9
450 463 1,63 9,1	450 373 0,73 4,1	450 432 1,32 7,3	450 446 1,46 8,1
480 468 1,68 9,3	480 374 0,74 4,1	480 435 1,35 7,5	480 451 1,51 8,4
540 473 1,73 9,6	540 375 0,75 4,2	540 437 1,37 7,6	540 455 1,55 8,6
600 476 1,76 9,8	600 376 0,76 4,2	600 441 1,41 7,8	600 461 1,61 8,9
660 481 1,81 10,1	660 377 0,77 4,3	660 442 1,42 7,9	660 465 1,65 9,2
720 485 1,85 10,3	720 378 0,78 4,3	720 443 1,43 7,9	720 470 1,7 9,4
780 490 1,9 10,6	780 379 0,79 4,4	780 444 1,44 8,0	780 473 1,73 9,6
840 495 1,95 10,8	840 380 0,8 4,4	840 445 1,45 8,1	840 480 1,8 10,0
900 505 2,05 11,4	900 381 0,81 4,5	900 446 1,46 8,1	900 485 1,85 10,3
960 515 2,15 11,9	960 382 0,82 4,6	960 447 1,47 8,2	960 489 1,89 10,5
1020 525 2,25 12,5	1020 383 0,83 4,6	1020 448 1,48 8,2	1020 490 1,9 10,6
1080 530 2,3 12,8	1080 384 0,84 4,7	1080 449 1,49 8,3	1080 491 1,91 10,6
1200 535 2,35 13,1	1200 385 0,85 4,7	1200 450 1,5 8,3	1200 492 1,92 10,7
1320 540 2,4 13,3	1320 386 0,86 4,8	1320 451 1,51 8,4	1320 493 1,93 10,7
1500 544 2,44 13,6	1500 387 0,87 4,8	1500 452 1,52 8,4	1500 494 1,94 10,8
1680 546 2,46 13,7	1680 388 0,88 4,9	1680 453 1,53 8,5	1680 495 1,95 10,8
1920 548 2,48 13,8	1920 389 0,89 4,9	1920 454 1,54 8,6	1920 496 1,96 10,9
2400 551 2,51 13,9	2400 390 0,9 5,0	2400 455 1,55 8,6	2400 497 1,97 10,9
3000 553 2,53 14,1	3000 391 0,91 5,1	3000 456 1,56 8,7	3000 498 1,98 11,0
3600 554 2,54 14,1	3600 392 0,92 5,1	3600 457 1,57 8,7	3600 499 1,99 11,1
4200 557 2,57 14,3	4200 393 0,93 5,2	4200 458 1,58 8,8	4200 500 2 11,1
4800 558 2,58 14,3	4800 394 0,94 5,2	4800 459 1,59 8,8	4800 501 2,01 11,2
5400 559 2,59 14,4	5400 395 0,95 5,3	5400 460 1,6 8,9	5400 502 2,02 11,2
6000 560 2,6 14,4	6000 396 0,96 5,3	6000 461 1,61 8,9	6000 503 2,03 11,3
6600 561 2,61 14,5	6600 397 0,97 5,4	6600 462 1,62 9,0	6600 504 2,04 11,3
7200 562 2,62 14,6	7200 398 0,98 5,4	7200 463 1,63 9,1	7200 505 2,05 11,4
11400 566 2,66 14,8	11400 399 0,99 5,5	11400 464 1,64 9,1	11400 506 2,06 11,4
13800 568 2,68 14,9	13800 400 1 5,6	13800 465 1,65 9,2	13800 507 2,07 11,5
17400 570 2,7 15,0	17400 401 1,01 5,6	17400 466 1,66 9,2	17400 509 2,09 11,6
20100 571 2,71 15,1	20100 402 1,02 5,7	20100 467 1,67 9,3	20100 511 2,11 11,7
22500 572 2,72 15,1	22500 403 1,03 5,7	22500 468 1,68 9,3	22500 513 2,13 11,8
24300 573 2,73 15,2	24300 404 1,04 5,8	24300 470 1,7 9,4	24300 515 2,15 11,9
81900 580 2,8 15,6	81900 408 1,08 6,0	81900 474 1,74 9,7	81900 520 2,2 12,2
86400 580 2,8 15,6	86400 408 1,08 6,0	86400 474 1,74 9,7	86400 520 2,2 12,2
172800 580 2,8 15,6	172800 408 1,08 6,0	172800 474 1,74 9,7	172800 520 2,2 12,2



Şekil 4.50. Sıfır, Bir ve İki Boy Uzakta ve 90 Günlük Kür Süresi (Karelaj) Numuneleri Şişme Eğrisi

4.5.3. Yapılan Deneylerin Sonuçları ve Değerlendirme

Laboratuvar deneylerine öncelikle kontrol numunesinin şişme yüzdesinin bulunması ile başlanmıştır. Hemen ardından %2, %4 ve %6 uçucu kül katkılı numunelerin şişme yüzdesi değerleri elde edilmiştir. Bu üç katkı oranının kullanımı, katkı içeren numunelerin test edilmesinde kullanılan standart bir uygulamadır. Bu standart deneylerden sonra, bu çalışmanın asıl amacını teşkil eden kür süresi ve kül kolonlarının uzaklıklarının zemin iyileştirmesi üzerindeki etkilerinin tespiti amacıyla ilave deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, öncelikle 30 günlük kür süresi için sıfır, bir ve iki boy uzakta deney grubu, ardından 60 ve 90 günlük kür süreleri için sıfır, bir ve iki boy uzakta deney grubu için şişme yüzdesi değerleri elde edilmiştir.

Tek boyutta deneyler tamamlandıktan hemen sonra iki boyutlu olan ve karelaj olarak adlandırılan deney guruplarına geçilmiştir. Bu deneyler kapsamında, 30, 60 ve 90 günlük kür süreleri ve sıfır, bir ve iki boy uzakta yer alan kül kolonları için şişme yüzdesi değerleri elde edilmiştir. Deneyler esnasında, uzaklık faktörünü kullanmak amacıyla minimum UD (Shelby) tüpü çapı (38 mm) çapı kullanılmıştır. Uçucu kül çapı 38 mm olduğundan, sıfır boy uzakta olan deneyler için uçucu kül kolonunun hemen yanından; bir boy uzakta olan deneyler için 38 mm yanından; iki boy uzakta olan deneyler için ise iki defa 38 mm bırakılarak numune alınmış ve şişme yüzdesi deneyi yapılmıştır. Tüm şişme yüzdesi deneyleri sonuçları Çizelge 4.33’de sunulmuştur.

Çizelge 4.33. Deneyler Sonucu Bulunan Şişme Yüzdesi Değerleri

DENEYLER	ŞİŞME YÜZDESİ (%)
KONTROL NUMUNESİ	15,6
%2 UK KATKISI	10,2
%4 UK KATKISI	8,1
%6 UK KATKISI	5,9
0 BOY UZAKTA 30 GÜNLÜK KÜR SÜRESİ	12,9
1 BOY UZAKTA 30 GÜNLÜK KÜR SÜRESİ	13,8
2 BOY UZAKTA 30 GÜNLÜK KÜR SÜRESİ	14,4
0 BOY UZAKTA 60 GÜNLÜK KÜR SÜRESİ	11,3
1 BOY UZAKTA 60 GÜNLÜK KÜR SÜRESİ	12,7
2 BOY UZAKTA 60 GÜNLÜK KÜR SÜRESİ	14,2
0 BOY UZAKTA 90 GÜNLÜK KÜR SÜRESİ	10,4
1 BOY UZAKTA 90 GÜNLÜK KÜR SÜRESİ	11,3
2 BOY UZAKTA 90 GÜNLÜK KÜR SÜRESİ	13,5
0 BOY UZAKTA 30 GÜNLÜK KÜR SÜRESİ (KARELAJ)	9,3
1 BOY UZAKTA 30 GÜNLÜK KÜR SÜRESİ (KARELAJ)	12,0
2 BOY UZAKTA 30 GÜNLÜK KÜR SÜRESİ (KARELAJ)	13,5
0 BOY UZAKTA 60 GÜNLÜK KÜR SÜRESİ (KARELAJ)	8,2
1 BOY UZAKTA 60 GÜNLÜK KÜR SÜRESİ (KARELAJ)	10,9
2 BOY UZAKTA 60 GÜNLÜK KÜR SÜRESİ (KARELAJ)	13,1
0 BOY UZAKTA 90 GÜNLÜK KÜR SÜRESİ (KARELAJ)	6,0
1 BOY UZAKTA 90 GÜNLÜK KÜR SÜRESİ (KARELAJ)	9,7
2 BOY UZAKTA 90 GÜNLÜK KÜR SÜRESİ (KARELAJ)	12,2

Çizelge 4.33’de görüldüğü üzere, %6 uçucu kül katkısı elde edilen numuneye ait şişme yüzdesi değeri ile 0 boy uzakta 90 günlük kür süresi ile elde edilen numunenin şişme yüzdesi değerleri (5,9 ve 6,0) neredeyse aynıdır.

Zemini tümünden kaldırıp ağırlıkça %6 uçucu kül ile karıştırmak yerine karelaaj yoluyla 90 günlük kür süresi uygulamasının tercih edilmesi, zemin şişme değerinin azaltılması üzerinde aynı etkiye sahiptir. Bu sonuç, özellikle zeminin tümünden kaldırılıp uçucu kül ile karıştırılması gibi son derece maliyetli ve zor bir uygulama yerine karelaaj uygulaması gibi nispeten daha kolay ve uygulanabilir bir yöntemle de zemin davranışında yeterli iyileşmeler sağlanabileceğini göstermiştir. Daha düşük kür süreleri ve karelaaj için oluşturulan uçucu kül kolonlarının, örnek alınan numuneden uzaklaştırılması durumunda ise istenen şişme yüzdesi değerleri karışım deneylerine

göre daha az şişme yüzdesi sağlamıştır. Sonuçlardan hareketle, kür süresinin artması şişme yüzdesinin iyileştirilmesi açısından önemli rol oynamaktadır. Uçucu kül kolonlarının iyileştirilmesi istenilen bölgeden uzaklaştırılması, beklenildiği gibi iyileştirmeyi olumsuz etkileyen başlıca faktörlerden biridir.



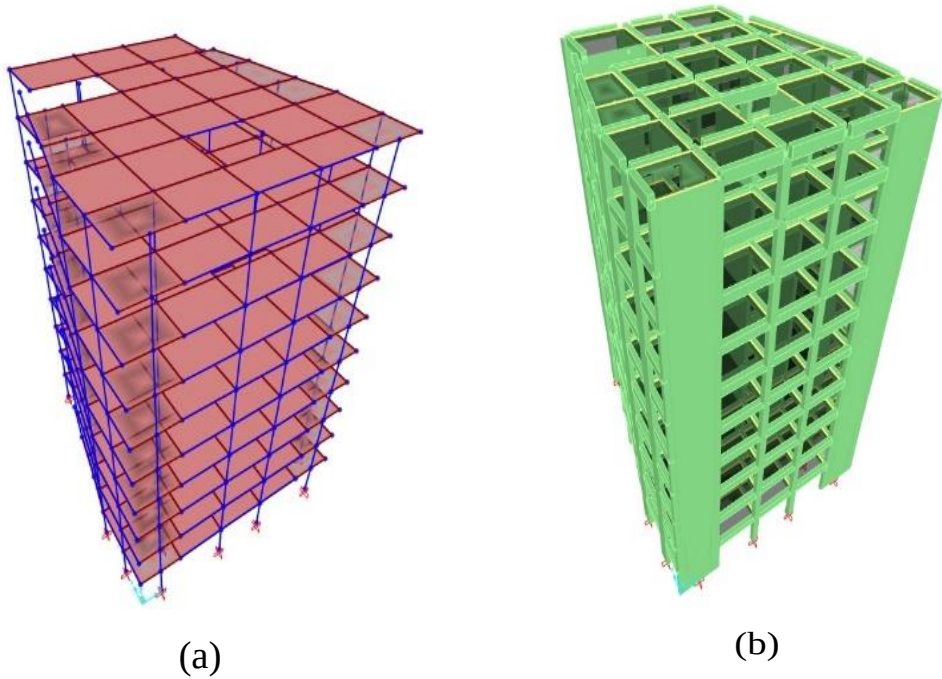
5. SONLU ELEMAN MODELİ VE SİSMİK PERFORMANS ANALİZLERİ

5.1. Sonlu Eleman Modeli Bilgileri

Bu tez kapsamında yapılan numerik hesaplamalarda SAP2000 [3] yapısal analiz yazılımı kullanılmıştır. Yapıya ait detaylı özellikler belirlendikten sonra yapının sonlu eleman modeli oluşturulurken aşağıdaki hususlar dikkate alınmıştır;

- Kolon ve kirişler çubuk (frame) eleman olarak modellenmiştir.
- Döşeme ve perde elemanlara kabuk (shell) eleman türü atanmıştır.
- Temel için ise kayma şekil değiştirmesini de dikkate alan plaka (plate) eleman tanımı yapılmıştır.

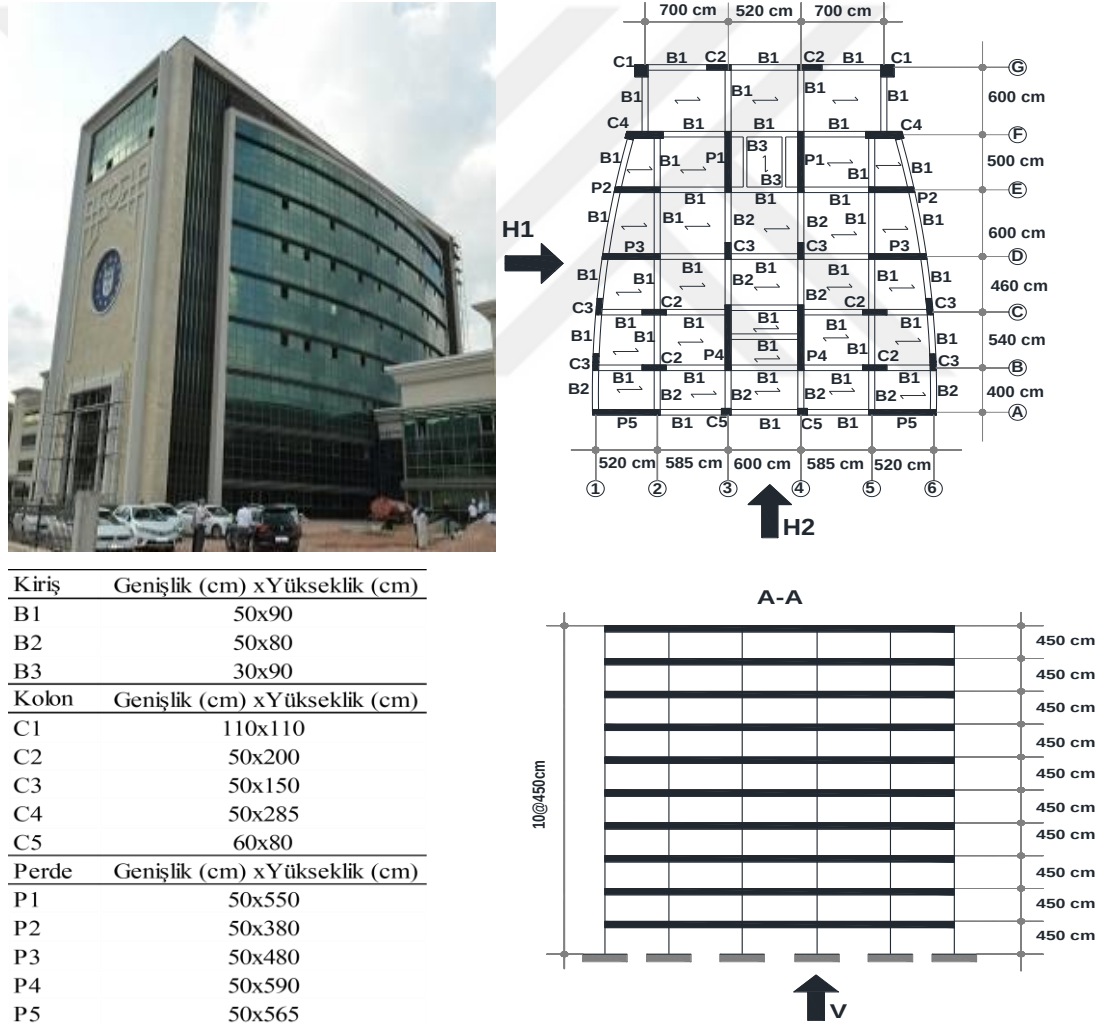
Her kat seviyesinde deprem yükünün çerçeve sistemlere aynı şekilde aktarılmasını sağlayan ve döşemelerin düzlem dışı davranışının sınırlandıran rijit diyafram ataması yapılmıştır. Oluşturulan sonlu eleman modeli Şekil 5.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Oluşturulan Sonlu Eleman Modeli

5.2. Kullanılan Örnek Yapı Bilgileri

Tez kapsamında yapılacak yapısal analizlerde kullanılmak üzere Bursa Büyükşehir Belediyesi Hizmet Binasının beşinci Bloğunun sonlu eleman modeli oluşturulmuştur. Yapı, dilatasyon derzleriyle ayrılmış 15 bloktan oluşmaktadır. Bina kullanım amacı dikkate alınarak; bina önem katsayısı 1.5 olarak belirlenmiştir. Bina taşıyıcı sisteminde toplam taban kesme kuvvetinin % 75'inden azının sistemdeki perdeler tarafından karşılanması sebebiyle yapı sistemi yarı sünekli. Yarı sünekli perdeli çerçeveli bu yapı DBYBHY (2007) [4] kurallarına göre tasarlanmıştır. Yapı sistemine ait özellikler Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.2. Yapı Sistemine Ait Özellikler

Sonlu elemanlar yöntemi ile modeli ve analizi yapılacak olan yapının önemli yapısal parametreleri DBYBHY (2007) [4] yönetmeliği esaslarına dayanarak Çizelge 5.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 5.1. Genel Yapı Özellikleri ve Yapısal Parametreler

Genel Yapı Özellikleri ve Yapısal Parametreler	
Kat sayısı:	10
Kat yüksekliği (m):	4.5
Kullanım amacı:	Resmi kamu binası
Yapısal sistem:	Yarı sünek (R=7)
Beton sınıfı:	C35 (fck=30 MPa)
Donatı sınıfı:	S420 (fyk=420 MPa)
Hareketli yük katılım katsayısı (n):	0.3
Ölü ve hareketli yük:	7.50 ve 5.0 kN/m ²
Toplam kütle =10 x kat kütlesi:	10x1342.6 (ton)=13426 (ton)
Etkin yer ivme katsayısı:	1st (A0=0.4)
Önem çarpanı (I):	1.5
Zemin türü:	Z3 (Ta=0.15 s, Tb=0.60 s)

5.3. Arazi Verilerinin Modele Aktarılması

Arazide önceden yapılmış olan SPT deneylerinde, iyileştirilmiş ve referans numunelerinde N_{30} değerleri;

$$N_{30(\text{referans})}=11$$

$N_{30(\text{iyileştirilmiş})}=14$ olarak belirlenmiştir. Bulunan N_{30} değerleri, zeminin düşey direncinin (K_v) hesaplanmasını sağlamıştır. Bu hesaplamada, literatürde sıkça tercih edilen

$$K_v = 180 \times N_{30} \quad (1)$$

eşitliği kullanılmıştır [27-28]. Eşitlik 1’de görülen K_v değeri daha sonra R/C yapılarının sismik performans analizlerinde yay sabiti olarak kullanılmıştır.

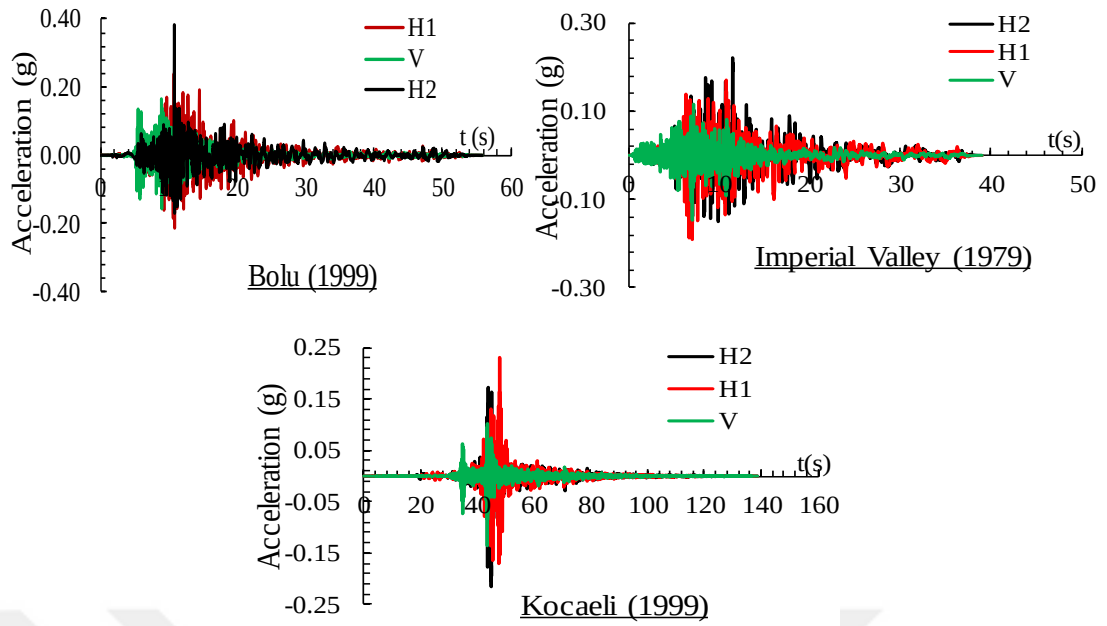
Eşitlik 1’de gösterildiği üzere, hesaplama sonucunda

$$K_V (\text{referans}) = 19.8 \cdot 10^5 \text{ kN/m}^2/\text{m}$$

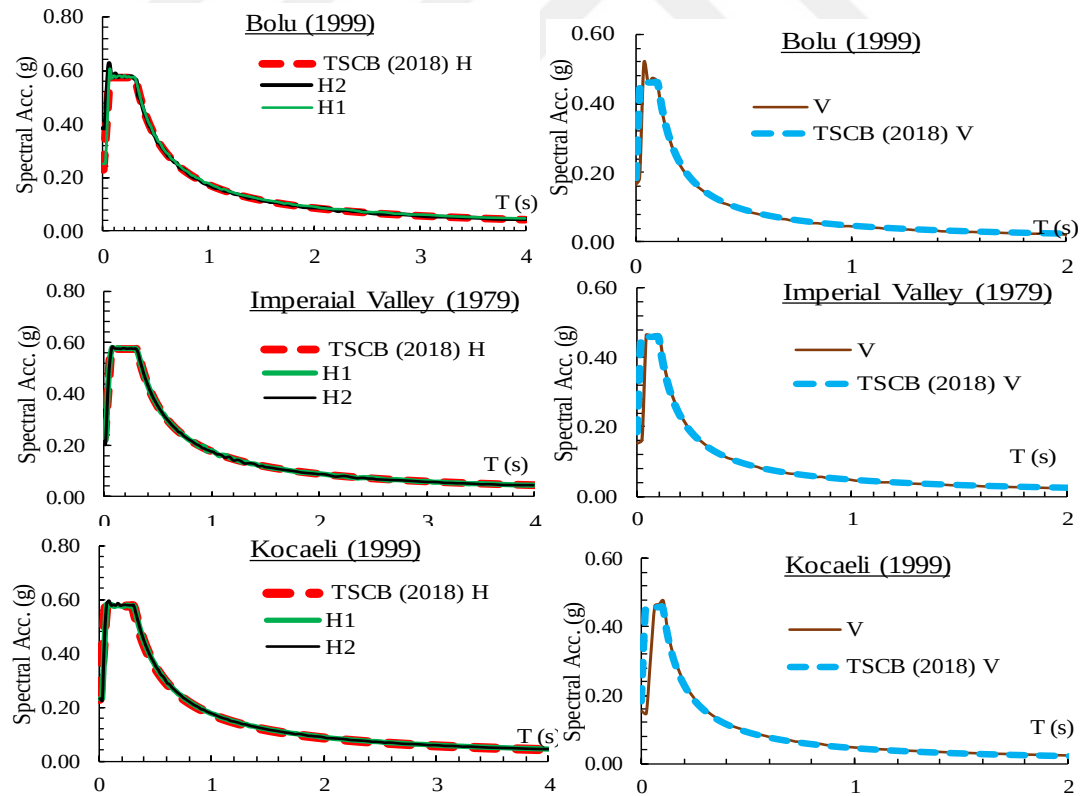
$K_V (\text{iyileştirilmiş}) = 25.2 \cdot 10^5 \text{ kN/m}^2/\text{m}$ olarak bulunmuştur.

Bu değerler, DBYBHY (2007) [4] 'ye göre yapılan betonarme (R/C) modelin deprem analizlerinde kullanılmıştır. Bu amaçla, öncelikle Kırıkkale İli için yapılmış Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY 2018) [5]'e göre sismik tehlike analizlerinde kullanılan depremlerden 11 adet ham ana kaya deprem kaydı seçilmiştir. Daha sonra bu kayıtlar, TBDY 2018 [5]’de verilen tasarım spektrumları dikkate alınarak frekans alanında ölçeklenerek yeni deprem kayıtları elde edilmiştir. Fakat, mevcut yapı, DBYBHY 2007 [4]'ye göre tasarlandığından, bu yönetmelik esasları dikkate alınarak 11 kayıttan sadece üç tanesi analizlerde kullanılmıştır. Buna göre analiz sonuçları maksimum değerler dikkate alınarak sunulmuştur.

Ölçeklenen kayıtlardan elde edilen spektrumlar, Şekil 5.4'de de gösterilmektedir. Bu şekillerde yer alan kayıtlar, PEER NGA West-2 [29] veri tabanından alınan Bolu (1999), Imperial Valley (1979) ve Kocaeli (1999) yer hareketlerine ait deprem kayıtlarıdır. Şekil 5.3'de gösterilen bu ölçekli kayıtlar, doğrusal zaman-tanım alanında deprem analizlerinde (linear time-history analysis) kullanılmıştır.

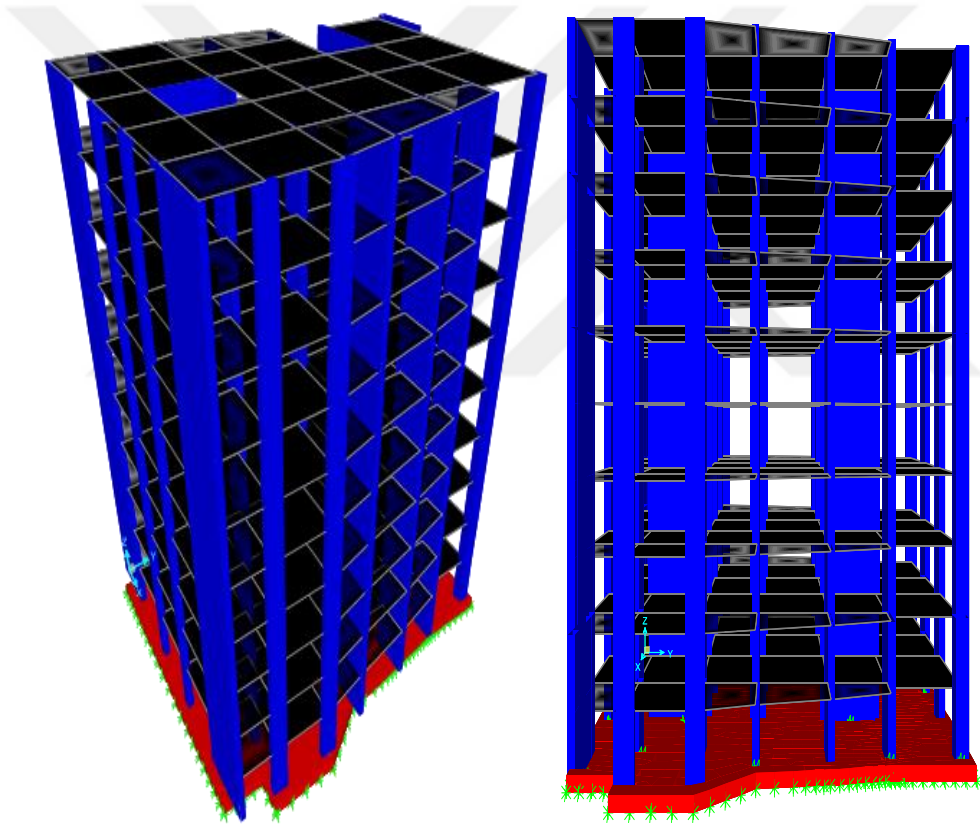


Şekil 5.3. Bolu (1999), Imperial Valley (1979) ve Kocaeli (1999) Depremeleri İçin Eşleştirilen Deprem Kayıtları



Şekil 5.4. Ölçeklenen kayıtların spektrumları ile TBDY (2018)'de [5] verilen tasarım spektrumlarının karşılaştırılması

Bir sonraki aşamada, farklı çerçeve, kabuk, rijit ve bağlantı elemanı tipleri kullanılarak, seçilen betonarme yapının üç boyutlu sonlu eleman modeli oluşturulmuştur. Yapının temeli rijit olarak modellenmiş ve bu temel, zemini sembolize eden düşey yaylara bağlanmıştır. Yay sabiti olarak mevcut zemin SPT değerlerinden elde edilmiş yatay katsayıları kullanılmıştır. Modelde, düşey yapı elemanları ve kirişler için yapı çizimlerine göre çubuk donatılar da tanımlanmıştır. Betonarme döşemeler ve temel alt yüzeyi için donatı tanımlanmamıştır. Bu durum elemanların zarar görmemesi anlamına gelir. Toplamda 800 çerçeve, 250 alan ve 7476 rijit eleman kullanılmış ve yapının FE modeli SAP 2000 (2018) [5] ile geliştirilmiştir. R/C test yapısının üç boyutlu FE modeli, Şekil 5.5'de verilmiştir.



Şekil 5.5. R/C test yapısının FE modeli

İyileştirilmiş/güçlendirilmiş kil zeminin betonarme yapılarının deprem davranışına etkilerini tahmin etmek için zaman tanım alanında doğrusal deprem analizleri yapılmıştır. Referans (güçlendirilmemiş) ve güçlendirilmiş zeminler için ayrı ayrı yapılan analizlerden elde edilen taban kesme kuvveti, taban devrilme momenti, taban

eksenel kuvveti ve temel oturması sonuçları Çizelge 5.3-5.5’de detaylı olarak sunulmuştur. Bu çizelgeler dikkatli incelendiğinde, zeminde yapılan uçucu kül kolonu iyileştirmesinin asıl katkısının taban eksenel kuvveti ve temel oturması değerlerinin azalması olduğu ve taban kesme kuvveti ve taban devrilme momenti değerlerinin sınırlı ölçüde etkilendiği belirlenmiştir. Bu sonucun, radye temel in her iki yatay yönde ötelenme ve her iki yatay eksene göre dönme hareketlerinin yapıya aktarılamaması ile bağlantılı olduğu sonucuna varılmıştır. Gelecekte, kül kolonu güçlendirmesinin yatay ötelenme ve devrilme hareketlerine karşı olan etkisini sınırlamayacak ve zeminin yatay rijitliği üzerindeki etkilerini de hesaba katacak temel sınır koşulları ve zemin modellemeleri yapılması yoluyla, zemin güçlendirmesinin taban kesme kuvveti ve devrilme momenti üzerindeki etkileri de incelenecektir.

Çizelge 5.2. Referans ve İyileştirilmiş Zeminli Analizlerin Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Taban Kesme Kuvveti (kN)							
Depm	Referans		Güçlendirilmiş		Değişim (%)		
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max	Min	Grafiksel
Duzce (1999)	11661	-12349	11776	-12055	0,99	-2,39	
Imperial Valley (1979)	10915	-12565	10888	-12673	-0,24	0,86	
Kocaeli (1999)	10882	-10727	10759	-10786	-1,13	0,55	

Çizelge 5.3. Referans ve İyileştirilmiş Zeminli Analizlerin Taban Devrilme Momentlerinin Karşılaştırılması

Taban Devrilme Momenti (kN)							
Depm	Referans		Güçlendirilmiş		Değişim (%)		
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max	Min	Grafiksel
Duzce (1999)	220297	-226300	229094	-231509	<u>3,99</u>	2,30	
Imperial Valley (1979)	249378	-228865	256309	-221302	2,78	<u>-3,30</u>	
Kocaeli (1999)	254442	-251331	249393	-253335	<u>-1,98</u>	0,80	

Çizelge 5.4. Referans ve İyileştirilmiş Zeminli Analizlerin Taban Oturması Değerlerinin Karşılaştırılması

Depm	Temel Oturması (cm)						
	Referans		Güçlendirilmiş		Değişim (%)		
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max	Min	Grafiksel
Düzce (1999)	1,037	-1,048	0,929	-0,960	<u>-10,41</u>	-8,40	
Imperial Valley (1979)	1,082	-1,244	0,963	-1,096	-11,00	<u>-11,90</u>	
Kocaeli (1999)	1,236	-1,079	1,070	-0,937	<u>-13,43</u>	-13,16	

Çizelge 5.5. Referans ve İyileştirilmiş Zeminli Analizlerin Taban Eksenel Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Depm	Taban Eksenel Kuvveti (kN)						
	Referans		Güçlendirilmiş		Değişim (%)		
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max	Min	Grafiksel
Düzce (1999)	3229	-3592	2891	-3159	-10,48	<u>-12,05</u>	
Imperial Valley (1979)	3466	-3256	2998	-2950	<u>-13,51</u>	-9,38	
Kocaeli (1999)	3068	-3307	2689	-2908	<u>-12,34</u>	-12,07	

Bununla beraber, uçucu kül kolonu yöntemiyle iyileştirilmiş kil zeminde temel oturmasının beklendiği gibi azalması sağlanmıştır. Çizelge 4.36'da gösterildiği gibi, yapının oturmasının, temel oturması açısından % 10-15 mertebesinde azalacağı öngörülmektedir. Bir diğer kritik sonuç ise, gerçek yapısal davranışa etki eden taban eksenel kuvvetinde ortaya çıkan azalmadır. Çizelge 5.5'de görüldüğü şekilde taban eksenel kuvvet değerleri %14'e kadar azalmaktadır. Bu kazanım beklenen bir durum olmamakla birlikte yapısal sistemin planında birtakım düzensizlikler olmasından kaynaklanmıştır. Yapının düşey taşıyıcı elemanları olan kolonlar ve perde duvarların plandaki yerleşiminin simetrik olmaması, zemin iyileştirmesinin temel oturması üzerindeki önemli etkilerine sebep olmuştur. Plandaki simetrik kolon/perde duvar yerleşiminin çoğu kez sağlanmasının mümkün olmadığı durumlarda, burada sunulan yaklaşım, yüksek plastisiteli killi zeminlere oturan yapılar için etkili bir çözüm olarak

kabul edilebilir. Taban eksenel kuvvetindeki azalma aynı zamanda ikinci derece momentlerde azalmaya veya yapı üzerindeki kuvvet etkisinin azalmasına da yol açar. Bu açıdan bakıldığında, taban eksenel kuvvetindeki azalma yapının temel sisteminde farklı oturmalar (göreceli oturma) oluşmasına engel olur.

5.4. Sismik Performans Analizleri Sonuçlarının İrdelenmesi

Çalışmada, yüksek plastisiteli kil zemini iyileştirmek amacıyla yeni bir yaklaşım sunulmuş ve çalışmada önerilen uçucu kül kolonu yönteminin yapının sismik tepkisi üzerindeki etkileri; taban kesme kuvveti, taban devrilme momenti, taban eksenel kuvveti ve temel oturması yapısal parametrelerine göre incelenmiştir. Analiz sonuçlarına dayanarak, aşağıdaki önemli noktalar elde edilmiştir;

- Temel yüzeyindeki yatay hareket ve iki eksene göre dönme sınır koşulları yapıya aktarılamamış olması, zemin iyileştirilmesinin taban kesme kuvveti ve taban devrilme momenti üzerindeki etkilerini oldukça sınırlamıştır.
- Uçucu kül yönteminin kullanılmasıyla temel oturmasında önemli derecelerde bir azalma elde edilmiştir. Bu sonuç, iyileştirilmiş kil zeminin yüksek sert kıvamı (katılık) ile doğrudan ilgilidir.
- Çalışmada uçucu kül kolonu yöntemi ile iyileştirilen kil zemin göz önüne alındığında, radye temelin farklı oturmalara karşı kazandığı dirence bağlı olarak sistemin taban eksenel kuvvetinin de önemli ölçüde azaldığı görülmüştür.
- Temel eksenel kuvvetindeki bu düşüş sayesinde, yapısal tasarımda daha büyük kuvvet/moment değerlerinin dikkate alınmasını gerektiren ikincil mertebe (tali) etkilerin azalması beklenmektedir.

6. SONUÇLAR

Mevcut tez çalışmasının ilk aşaması, Kırıkkale İline ait sondaj verileri kullanılarak plastisite indisi yüksek zeminlerin elde edilmesi ve bu veriler arasından seçilerek belirlenen plastisite indisi yüksek olan bir konumda uçucu kül kolonu yöntemi kullanılarak zemin iyileştirmesi yapılması çalışmalarından oluşmaktadır. Kırıkkale iline ait sondaj verileri Kırıkkale Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğünden elde edilmiştir. 2014-2017 tarihleri arasında yapılan ve onaylanan; 2014 yılına ait 340, 2015 yılına ait 536, 2016 yılına ait 612 ve 2017 yılına ait 637 adet olmak üzere toplam 2125 adet sondaj verisi incelenmiştir. Bu aşamanın sonuçları aşağıdaki gibidir:

- Taranan 2125 adet sondaj verisinden 63 adet yüksek şişme potansiyeline sahip kil (CH) zemin verisi elde edilmiştir.
- Bu CH zeminler önce tarihe göre sıralanmış, ardından mahalle bazında dağıtılmış ve hangi mahallelerde daha çok CH zemin ile karşılaşıldığı çizelgelere aktarılmıştır. Bu sayede, yapıların proje aşamasında hesap kısmında karşılaşılabilecekleri zemin türleri tahmin edilebilir hale getirilmiştir.
- Yüksek şişme potansiyeline sahip bu verilerin mahalle bazında dağıtılması sonucu, hangi mahallede hangi oranda CH zeminin olduğu daha sağlıklı bir şekilde görülebilmektedir.
- Verilerin tüm dünya tarafından kullanılan koordinat sistemine çevrilmesi, bu noktaların tek tek veya hepsi bir arada sıklaştığı bölgeleri görülebilmek hale getirmiştir.

Tez çalışmasının ikinci aşamasında, yüksek şişme potansiyeline sahip olduğu düşünülen, Kırıkkale il sınırlarına dahil olan ve Yahşihan ilçe sınırları içerisinde yer alan Erenler Mahallesi'nde belli bir nokta kontrol numunesi olarak seçilmiştir. Erenler Mahallesi, yeni bir yerleşim bölgesi olması nedeniyle bölgeden numune alınması ve arazinin gözle incelenmesi son derece rahat olmuştur. Zemin numunesine %2, %4 ve %6 oranında uçucu kül karıştırılmış, zemin kalıbına yerleştirilmiş ve 30 gün boyunca gün aşırı olmak üzere belli ölçüde sulanmıştır. 30 günün sonunda her bir karışımdan

konsolidasyon halkası yardımıyla numune alınarak konsolidasyon deneyi yapılmıştır. Tek boyutta yürütülen bu çalışmalardan sonra iki boyutta iyileşmenin ne şekilde olacağını görmek açısından karelej uçucu kül kolonu iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Karelej uçucu kül kolonu çalışmaları, konsolidasyon numunesinin kür tankının ortasında olması ve bu numunenin üst, alt, sağ ve soluna uçucu kül kolonu yerleştirilmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu aşamanın sonuçları ve çıkarımları ile numuneye bu aşamada uygulanan güçlendirme işleminin detayları ve sonuçları aşağıdaki gibidir:

- İndeks deneyleri yapılan numunelerde, yüksek şişme potansiyeline sahip killere benzer sonuçlar çıkmıştır.
- Numune üzerinde yapılan aktivite hesaplamaları sonucu numunenin aktif kil olduğu sonucuna varılmıştır.
- Kontrol numunesi üzerinde yapılan şişme yüzdesi deneyinde numunenin % 15,6 şiştiği tespit edilmiştir. Bu sonuç, alınan kontrol numunesinin yüksek şişme potansiyeline sahip olduğunu doğrular niteliktedir.
- Elde edilen okuma sonuçları öngörüldüğü üzere iyileşmenin en fazla olduğu karışım numunesi %6 uçucu kül katkısı olarak gerçekleşmiştir.
- %6 Uçucu Kül Katkısı sonucu oluşan şişme yüzdesi 5,9 olarak gerçekleşmiştir. Bu sonuç beklenildiği üzere elde edilen en yüksek iyileştirmedir.
- 30 günlük kür süreleri ile yapılan uçucu kül kolonu iyileşme sonuçlarında en iyi iyileşme beklenildiği gibi numune alınan noktaya en yakın olan sıfır boy uzakta konsolidasyon deneyinden alınmıştır ve bu iyileşme %12,9 mertebesindedir.
- 60 günlük kür süreleri ile yapılan uçucu kül kolonu iyileşme sonuçlarında en iyi iyileşme beklenildiği gibi numune alınan noktaya en yakın olan sıfır boy uzakta konsolidasyon deneyinden alınmıştır ve bu iyileşme %11,3 mertebesindedir.
- 90 günlük kür süreleri ile yapılan uçucu kül kolonu iyileşme sonuçlarında en iyi iyileşme beklenildiği gibi numune alınan noktaya en yakın olan sıfır boy uzakta konsolidasyon deneyinden alınmıştır ve bu iyileşme %10,4 mertebesindedir.

- Kontrol numunesinin şişme değerinin iyileştirilmesinde en önemli rolü konsolidasyon numunesinin alındığı noktaya uzaklık faktörü üstlenmiştir. Bu durumu doğrular nitelikteki ölçümlere göre, sıfır boy uzaktaki numune diğer numunelerden iyileştirme yönünden beklenildiği gibi daha iyi sonuçlar vermektedir.
- Kür süreleri açısından bakıldığında ise, en iyi sonucu 90 günlük kür süresi vermiştir. Yine beklenildiği şekilde, kil mineralinin iyileşme süresi uzun olmaktadır.
- 30 günlük kür süreleri (karelaj) ile yapılan uçucu kül kolonu iyileşme sonuçlarında en büyük iyileşme beklenildiği gibi numune alınan noktaya en yakın olan sıfır boy uzakta konsolidasyon deneyinde gözlemlenmiştir ve bu iyileşme %9,3 dür.
- 60 günlük kür süreleri (karelaj) ile yapılan uçucu kül kolonu iyileşme sonuçlarında en büyük iyileşme beklenildiği gibi numune alınan noktaya en yakın olan sıfır boy uzakta konsolidasyon deneyinde gözlemlenmiştir ve bu iyileşme %8,2 dir.
- 90 günlük kür süreleri (karelaj) ile yapılan uçucu kül kolonu iyileşme sonuçlarında en büyük iyileşme beklenildiği gibi numune alınan noktaya en yakın olan sıfır boy uzakta konsolidasyon deneyinden gözlemlenmiştir ve bu iyileşme %6,0 dür.
- Karelaj deney sonuçları, iki boyutlu olması sebebiyle tek boyutlu deney sonuçlarından görüleceği üzere iyileştirme açısından çok daha iyi sonuçlar vermiştir.
- Karelaj numuneleri açısından da, kontrol numunesinin şişme değerinin iyileştirmesinde en önemli rolü konsolidasyon numunesinin alındığı noktaya uzaklık faktörü oynamıştır. Bu durumu doğrular nitelikte, sıfır boy uzaktaki numune diğer numunelerden iyileştirme yönünden beklenildiği gibi daha olumlu sonuçlar vermektedir.
- Aynı zamanda, karelaj numunesi sonuçları kür süreleri açısından incelendiğinde, en iyi sonucu 90 günlük kür süresinin verdiği görülür. Bu durum, kil mineralinin daha uzun iyileşme süresi açıklanabilir.
- Konsolidasyon deney sonuçlarının tümü ele alındığında, % 6 uçucu kül katkısı sonucu elde edilen %5,9 değeri ile karelaj sıfır boy uzakta 90 günlük kür süresi

deney sonucu elde edilen %6,0 değerin birbirene oldukça yakın olduğu göze çarpmaktadır. Buna göre, üzerine yapı inşa edilecek bir zeminde iyileştirme yapılması istendiğinde; söz konusu zeminin tümünün alınarak %6 uçucu kül ile karıştırılması yerine, zeminde açılacak sondaj delikleri ile o zemine uçucu kül kolonu yapılması, bu kolonların tüm arazide karelej şeklinde düzenlenmesi ve 90 gün kür edilmesinin aynı ölçüde etkili olacağı aşikardır.

- Bu yöntem ekonomik ve hızlı olması sebebiyle uygulamada rahatça kullanılabilecek bir yöntemdir. Bu yöntemi arazide gerçekleştirmek için basit sondaj ekipmanının kullanılacak olması önemli bir avantajdır. Bu yöntem ekonomik ve basitliği sebebiyle, derin karıştırma iyileştirme yöntemine göre de son derece avantajlıdır. Uçucu kül kolonu yönteminde kullanılan malzemenin atık malzeme olması ülke ekonomisi bakımından geri kazanılan bir ekonomik kazanç olarak görülmesi mümkündür.

Çalışmanın son aşamasında ise, çalışmada önerilen uçucu kül kolonu yönteminin yapının sismik tepkisi üzerindeki etkileri; taban kesme kuvveti, taban devrilme momenti, taban eksenel kuvveti ve temel oturması yönünden yapısal parametrelere göre incelenmiştir. Daha önce inşa edilmiş olan ve yapısal düzensizlikleri bulunan betonarme çerçeve bir yapının nümerik modeli oluşturulmuş ve bu model rijit temel üzerine oturtulmuştur. Bu temeli destekleyen ve zemini sembolize eden yaylar tanımlanmıştır. Literatürde yer alan bir formül yardımıyla, referans ve güçlendirilmiş zeminler için gerçek SPT verileri yardımıyla belirlenen yatak katsayıları, yay sabiti olarak tanımlanmıştır. Bu yapısal model üzerine yapılan zaman-tanım alanında doğrusal deprem analizleri, zemin güçlendirmesinin yapısal davranışa etkilerini ortaya konulmuştur. Seçilen farklı gerçek deprem kayıtlarından en kritik sonuçları veren üç kaydın sonuçları bu tez kapsamında sunulmuş ve aşağıdaki önemli sonuçlara ulaşılmıştır:

- Çalışmada, yapı modeli açısından, taban kesme kuvveti, taban devrilme momenti, taban eksenel kuvveti ve temel oturması kriterlerinin tamamında iyileşme sağlanmıştır.

- Temel yüzeyindeki yatay hareket ve iki ekseninde dönme sınır koşulları yapıya aktarılmadığından, taban kesme kuvvetinde ve taban devrilme momentinde beklenildiği gibi çok sınırlı iyileşmeler ortaya çıkmıştır.
- Uçucu kül yönteminin kullanılmasıyla temel oturmasında nispeten yüksek değerlerde bir azalma elde edilmiştir. Bu sonuç, iyileştirilmiş kil zeminin yüksek sert kıvamı (katılık) ile doğrudan ilgilidir.
- Uçucu kül kolonu yönteminin iyileştirdiği kil zemin göz önüne alındığında, radye temelin farklı oturmalara karşı kazandığı dirence bağlı olarak sistemin temel eksenel kuvveti de önemli derecede azalmıştır.
- Temel eksenel kuvvetindeki bu düşüş sayesinde, daha fazla kuvvet/moment dikkate alınmasını gerektiren ikincil tali mertebe etkilerin de azalması beklenmektedir. Bu düşüş sayesinde, özellikle planda düzensiz olan yapılarda (rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki dışmerkezlilik fazla olan yapılarda) uçucu kül kolonu yönteminin yapısal performansı önemli derecede iyileştireceği görülmektedir.

Nihai sonuç olarak, uçucu kül kolonu iyileştirmesinin arazide karelej olarak uygulanması durumunda, yeteri kadar uzun kür süresi sonucunda yüksek plastisiteli zeminde oluşan şişme yüzdesi değerini; aynı zemine uçucu kül katkısını ağırlıkça %6 karıştırmak suretiyle yapılan iyileşme değeriyle hemen hemen aynı sonucu verecek şekilde iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Bu durum, betonarme yapılarda taban kesme kuvveti, taban devrilme momenti, taban eksenel kuvveti ve temel oturması kriterlerinin tamamında kayda değer iyileşme sağlamıştır. Tüm bu parametrelerin iyileşmesi beton ve çelik bileşenlerinin az kullanımı anlamına gelmekte ve ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır. Ayrıca deprem kuşağında olan ülkemiz için önemli bir kazanç olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Google Maps, Google Corp., Menlo Park, Kaliforniya, 2005.
- [2] NetCAD, Netcad Yazılım A.Ş., Çankaya, Ankara, 1989.
- [3] SAP 2000, SAP Computers And Structures Inc., Berkeley, Kaliforniya, 1975.
- [4] DBYBHY 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Resmi Gaz: 26454, 2007.
- [5] TBDY 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Dürüm Yönetimi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018.
- [6] Kumar, B., Garg, R., Singh, U., Utilization of fly ash as filler in hdpe/fly ash polymer composites: A review. IJAER, 1679–1682, 2012.
- [7] Aruntaş, H. Y., Uçucu Küllerin İnşaat Sektöründe Kullanım Potansiyeli. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21(1), 2006.
- [8] TS EN 450, Uçucu kül, betonda kullanılan tarifler, özellikler ve kalite kontrolü. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1998.
- [9] TMMOB Makina Mühendisleri Odası Oda Raporu, Türkiye’de Termik Termik Santraller. Ankara, 2017.
- [10] Tokyay, M., Betonda Uçucu Kül Kullanımı (Türkiye Deneyimi). End. Atıkların İnşaat Sektöründe Kul. Semp., 29-36, 18-19 Kasım, Ankara, 1993.
- [11] McCarthy, M.J., Dhir, R.K., Towards Maximising the Use of Fly Ash as a Binder. Fuel, 78(2), 121-132, 1999.

- [12] Uyanık S., Topeli, M., The Opportunities and Challenges of Fly Ash in Turkey, Report, 1 September 2014.
- [13] Lea, F.M., The Chemistry of Cement and Concrete. Chemical Publishing Co., New York, 1956.
- [14] Mármol, G., Savastano, H., Monzó, J. M., Borrachero, M. V., Soriano, L., Payá, J., Portland cement, gypsum and fly ash binder systems characterization for lignocellulosic fiber-cement. *Construction and Building Materials*, 124, 208-218. 2016.
- [15] Tokyay, M., Erdoğan, K., Türkiye Termik Santrallerinden Elde Edilen Uçucu Küllerin Karakterizasyonu. TÇMB, Ankara, 1998.
- [16] Ferreira, C., Ribeiro, A., Ottosen, L., Possible Applications for Municipal Solid Waste Fly Ash. *Journal of Hazardous Materials*, 96(2-3), 201-216, 2003.
- [17] Öztekin, E., Cimilli, T., History and Use of Blended Cements in Turkey. *Cement, Concrete and Aggregates*, 9(1), 44-48, 1987.
- [18] Manz, O.E., Coal Fly Ash: a Retrospective and Future Look. *Fuel*, 78(2), 133-136, 1999.
- [19] Schindler, A. K., Keith, K. P., Behavior of high-volume fly ash concrete in mass concrete applications. In *Construction Materials and Structures: Proceedings of the First International Conference on Construction Materials and Structures*, 268, IOS Press, 2014.
- [20] Berry, E.E., Malhotra, V.M., Fly Ash for Use in Concrete-A Critical Review. *ACI Journal, Proceedings*, 77(2), 59-73, 1980.
- [21] Manz, O.E., Coal Fly Ash: a Retrospective and Future Look. *Fuel*, 78(2), 133-136, 1999.

- [22] Pandian, N.S., Sridharan, A., Srinivas, S., Angle of Internal Friction for Pond Ashes. *Journal of Testing and Evaluation*, 28(6), 443-454, 2000.
- [23] Goodarzi, A. R., Goodarzi, S., Akbari, H. R., Assessing Geo-Mechanical And Micro-Structural Performance Of Modified Expansive Clayey Soil By Silica Fume As Industrial Waste. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 39(C2), 333, 2015.
- [24] Google Earth, Google Corp., Menlo Park, Kaliforniya, 2001.
- [25] Skempton, A.W. (1953). The colloidal activity of clays. *Proc. 3rd Int. Conf. Soil Mech. Foundation Engineering*, (1) 57-61.
- [26] Özüdoğru, K., ve Diğ., Çözümlerle Zemin Mekaniği, Birsen Yayınevi Ltd.Şti., İstanbul, 1988.
- [27] Das B. M.. *Principles of foundation engineering*, PWS Pub., 1999.
- [28] Bowles J.E., *Foundation analysis and design*, McGraw-Hill., 1997.
- [29] PEER NGA West-2 Database, Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER), Kaliforniya. ABD.
- [30] Keskin, S.N., Yıldırım, H., Ansal, M.A. Killi zeminlerde yanal şişme davranışları, *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 4. Ulusal Kongresi*, İstanbul, 14-30, 1992.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Baran TOPRAK

Doğum Tarihi : 01.06.1977

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu :

Lisans : Balıkesir Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği 2000

Yüksek Lisans : Kırıkkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği 2005

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl/Yıllar:

Kırıkkale Üniversitesi	Araştırma Görevlisi	2002-2007
Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi	2007-2014
Kırıkkale Üniversitesi	Araştırma Görevlisi	2014-Halen

Yayınları :

Toprak B., Korkmaz E., Investigation of Changes in Group Index (GI) of AASHTO Classification Used in Road Construction. International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering, 16-17 March 2018, Warsaw, Poland

Toprak B., Korkmaz E., Comparison of Efficient (Effective) Stress Analysis Methods on Highway Fill Constructed on Clay Ground, ISSN: 2394-2827, Vol 4, No 3, pp 55-57, Temmuz 2017

Ateş A., Toprak B., Yeşil B., Düzce İlinde Yapı Hasarlarının Zemin Büyütme Özellikleri ve Yapı Rezonans Uyumu İle İlgisinin Araştırılması, Vol 2, No 3, pp 76-86, Ekim 2013

Ateş A., Yeşil B., Toprak B., Kaynaşlı Düzce Toki Yerleşim Alanı Zeminlerinin Geoteknik Özelliklerinin Jeofizik ve Geoteknik Yöntemlerle Araştırılması, ISSN: 1301-7985, Vol 16, No 1, pp 1-13, Haziran 2014

Öztürk E., Toprak B., Düzce İli Karaçörtlen Köy Yolu Hattı Heyelan Riskinin İnklinometre Çalışmalarıyla Araştırılması, ISSN: 2148-2446, Vol 4, No 3, pp 902-910, Haziran 2016

Demir, İ., Sevim, Ö., Toprak, B. Filazi, A., Comparison of the Mechanical Strength of Fly Ash and Blast Furnace Slag Fineness. I. International Scientific and Vocational Studies Congress, 5 – 8 Oct 2017, Cappadocia, Nevşehir, Turkey.

Sevim, Ö., Filazi, A., Toprak, B., Kartal, S., Investigating of Mechanical Properties of Mortars Based on Fly Ash and Blast Furnace Slag Activated with Alkali. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, vol.4, no. 2, pp.091-094,2017.

Sevim, Ö., Sönmez, M., Toprak, B., Optimum Design of Truss Structure Using Artificial Bee Colony Algorithm. International Journal of Soft Computing And Artificial Intelligence (IJSCAI), ISSN: 2321-4384, Volume-4, Issue-1, pp:17-20, 2016.

Sevim, Ö., Sönmez, M., Toprak, B., Optimum Design of Truss Structure Using Artificial Bee Colony Algorithm. 19th International Academic Conference on Engineering, Technology and Innovations (IACETI-2015), ISBN: 978-93-85832-84-0, December 26th 2015, Saint Petesburg, Russia.

Toprak, B., Sevim, Ö., Kalkan İ., Gabion Walls And Their Use. International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering, ISSN: 2394-2827, Volume-3, Issue-4, pp:56-58, 2016.

Toprak, B., Sevim, Ö., Kalkan, İ., Gabion Walls And Their Use. 37th International Conference on Science, Technology, Engineering and Management (ICSTEM), 17th-18th June 2016, Helsinki, Finland.

Araştırma Alanları : Zemin Mekaniği, Temel Mühendisliği, Zemin İyileştirme, Dayanma Yapıları

