

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KENTSEL DÖNÜŞÜMDEKİ İNŞAAT VE YIKINTI
ATIKLARININ KİLLİ ZEMİNLERDE İYİLEŞTİRMEYE
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zeynep KALEM

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : GEOTEKNİK
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. İsa VURAL

Haziran 2015

YÜK
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENTSEL DÖNÜŞÜMDEKİ İNŞAAT VE YIKINTI
ATIKLARININ KİLLİ ZEMİNLERDE İYİLEŞTİRMEYE
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI


YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zeynep KALEM


Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : GEOTEKNİK

Bu tezi 22 / 06 / 2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Feriye Özgün
Jüri Başkanı


Yücel Özgün
Üye


Yücel Özgün
Üye

TEŞEKKÜR

Yapmış olduğum bu çalışmanın tamamı Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarları kullanılarak yapılmıştır.Öncelikle tez danışmanım Yrd.Doç.Dr. İsa VURAL'a teşekkür ederim.

Bana zemin mekaniğini sevdiren, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen hocam Yrd.Doç.Dr. Sedat SERT 'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma süresince bana desteğini esirgemeyen, deneysel çalışmalarım ve yazım aşamasında bilgileriyle her zaman yanımda olan değerli eşim Salih KAYA ve kardeşim Ömerül Faruk KALEM'e teşekkür ederim.

Son olarak hayatımın her anında karşılık beklemeksizin maddi ve manevi desteğini esirgmeden sunan ve bugünlere gelmemde emeği sonsuz olan aileme de teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLOLAR LİSTESİ	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
-------------	---

BÖLÜM 2.

KENTSEL DÖNÜŞÜM.....	3
2.1.Çarpık yapılaşma	3
2.2.Ülkemizde deprem gerçeği	4
2.3.Kentsel dönüşümün gerekliliği	5
2.4.Kentsel dönüşümün kapsamı ve amacı	6
2.5.Kentsel dönüşümden yararlanma ve işleyiş.....	6
2.6.Riskli yapı	8
2.7.Kentsel dönüşüm kredisi ve kira yardımı	9

BÖLÜM 3.

YIKINTI ATIKLARI VE GERİ DÖNÜŞÜM.....	11
3.1. Dünya ülkelerinde yıkıntı atıkları	11

3.2. Ülkemizde yıkıntı atıkları	12	
3.3. Kentsel dönüşüm projesi sonucunda ortaya çıkacak olan yıkıntı atıkları. 13		
3.4. Yıkıntı atıklarının geri dönüşümünün sağladığı faydalar	13	
BÖLÜM.4.		
ZEMİNLERİN STABİLİZASYONU VE KİMYASAL STABİLİZASYON		
YÖNTEMİ.....	15	
4.1. Stabilizasyon yöntemleri	16	
4.2. Kimyasal stabilizasyon	17	
4.2.1. Kireç stabilizasyonu.....	18	
4.2.2. Çimento stabilizasyonu	19	
4.2.3. Bitüm stabilizasyonu.....	21	
4.2.4. Uçucu kül stabilizasyonu	21	
BÖLÜM.5.		
KULLANILAN YÖNTEM VE DENEYLER.....		23
5.1. Piknometre deneyi.....	23	
5.2. Atterberg limitleri deneyi	24	
5.3. Kuru elek analizi deneyi	24	
5.4. Hazırlanan karışımlar ve kompaksiyon deneyi	25	
5.5. Kaliforniya taşıma oranı (CBR) deneyi	26	
BÖLÜM.6.		
DENEY SONUÇLARI VE YORUM		28
6.1. Piknometre deney sonuçları	28	
6.2. Atterberg limitleri deney sonuçları	29	
6.3. Elek analizi deney sonucu.....	30	
6.4. Kompaksiyon deney sonuçları	31	
6.5. Kaliforniya taşıma oranı (CBR) deney sonuçları ve SEM ile yorumu	33	
BÖLÜM.7.		
SONUÇ VE ÖNERİLER.....		41

KAYNAKLAR.....	42
EKLER.....	44
ÖZGEÇMİŞ	58

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

CBR	: The california bearing ratio/kaliforniya taşıma oranı
CSH	: Kalsiyum-silikat-hidrat ürünü
İ.Y.A.	: İnşaat yıkıntı atığı
kPa	: Kilopaskal
TS1900-1	: Türk standardı ‘’İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDE ZEMİN LABORATUVAR DENEYLERİ-BÖLÜM 1
TS1900-2	: Türk standardı ‘’İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDE ZEMİN LABORATUVAR DENEYLERİ- BÖLÜM 2
U.K.	: Uçucu kül
ρ_k	: Maksimum kuru birim hacim ağırlık
w	: Su muhtevası
XRD	: X Ray Diffraction/X Işınları Kırınımı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Türkiye deprem bölgeleri haritası, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1996.....	4
Şekil 4.1. İslah yöntemlerinin uygulanabilirliği (Önalp,1983)	16
Şekil 4.2. Numune serbest basınç dayanımı-çimento katkı oranı ilişkisi (Yıldırım, 2009).....	20
Şekil 5.1. Piknometre deneyi	23
Şekil 5.2. Kuru elek analizi deneyi.....	25
Şekil 5.3. Karışım hazırlama aşamaları..... Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	6
Şekil 5.4. Kompaksiyon deney aşamaları	26
Şekil 5.5. CBR deneyi	27
Şekil 6.1. Likit limit grafiği.....	29
Şekil 6.2. Plastisite kartı	30
Şekil 6.3. Dane dağılım eğrisi	31
Şekil 6.4. Sekiz numaralı karışımın kompaksiyon eğrisi	33
Şekil 6.5. Sekiz, on sekiz ve yirmi üç numaralı karışımların kompaksiyon eğrileri..	33
Şekil 6.6. Altı numaralı karışımın değişen kür süresine göre elde edilen yükleme değerleri.....	35
Şekil 6.7. Üç numaralı karışımın değişen kür süresine göre elde edilen yükleme değerleri.....	36
Şekil 6.8.On üç numaralı karışımın değişen kür süresine göre elde edilen yükleme değerleri.....	36
Şekil 6.9.On dört numaralı karışımın değişen kür süresine göre elde edilen yükleme değerleri.....	37
Şekil 6.10. İnşaat yıkıntı atığı oranı %5 için değişen uçucu kül oranlarında elde edilen CBR sonuçları	37

Şekil 6.11 İnşaat yıkıntı atığı oranı %10 için değişen uçucu kül oranlarında elde edilen CBR sonuçları	38
Şekil 6.12. İnşaat yıkıntı atığı oranı %15 için değişen uçucu kül oranlarında elde edilen CBR sonuçları	38
Şekil 6.13. İnşaat yıkıntı atığı oranı %20 için değişen uçucu kül oranlarında elde edilen CBR sonuçları	39
Şekil 6.14. İnşaat yıkıntı atığı oranı %25 için değişen uçucu kül oranlarında elde edilen CBR sonuçları	39
Şekil 6.15. Üç numaralı karışımın 1(a) 7(b) 28(c) günlük XRD görüntüleri.....	40

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1.Kireç karıştırma ile iyileştirme (Yıldırım, 2009).....	20
Tablo 5.1.Deney karışımları ve içerdiği malzemelerin ağırlıkça oranları.....	25
Tablo 6.1. Piknometre deney sonuçları.....	28
Tablo 6.2 Likit limit ve plastik limit deney sonuçları.....	29
Tablo 6.3. Kompaksiyon deney sonuçları.....	31
Tablo 6.4. Kompaksiyon deney sonuçları (Devamı).....	32
Tablo 6.5.CBR Deney Sonuçları.....	34
Tablo 6.6. Atık malzeme olarak sadece inşaat yıkıntı atığı içeren karışımların 1,7, ve 28 günlük CBR sonuçları	40

ÖZET

Anahtar kelimeler: Zemin İyileştirilmesi, İnşaat Yıkıntı Atıkları, Geri Dönüşüm, Kentsel Dönüşüm

Kentsel dönüşüm projelerinin hızla devam ettiği ülkemizde bu projeler kapsamında ortaya çıkan yapısal atıkların imhası ve geri dönüşümü yeni araştırma konularına olanak sağlamıştır. Bu konu ile ilgili ilk olarak Türkiye Hazır Beton Birliği (THBB) tarafından "Kentsel Dönüşüm Projeleri Kapsamında Oluşan İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Hazır Beton Sektöründe Yeniden Kullanım Potansiyelinin Araştırılması" isimli Ar-Ge projesi hayata geçirilmiştir.

Bu çalışmada söz konusu yapısal atıkların yumuşak killi zeminlerde zemin stabilizasyonuna etkileri araştırılmıştır. Alt yapı ve yol inşaatlarında killi zeminler için uygulanan stabilizasyon yöntemlerinden biri kireç stabilizasyonudur. Kireç stabilizasyonunun birçok yönden avantajları olsa da kirecin de doğada bulunan bir hammadde olduğu ve doğal kaynakların günümüzde hızla tükendiği unutulmamalıdır. Geri dönüşüm bu çalışmanın temel prensibini oluşturmaktadır. Killi zeminlerdeki kireç stabilizasyonu etkisinin inşaat yıkıntı atıkları ile sağlanabilirliği araştırılmıştır.

Çalışmada doğal zemin numunesi olarak kabul edilen kaolen kiline ağırlıkça sabit olarak %5 oranında kireç; %0, %5, %10, %15, %20, %25 oranlarında uçucu kül ve inşaat yıkıntı atığı katılarak numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler üzerinde kompaksiyon deneyi ile zeminin optimum su içeriğindeki maksimum kuru birim hacim ağırlık değerleri elde edilmiştir. Karışım oranlarına göre elde edilen optimum su muhtevasında sıkıştırılan bu zemin örnekleri 1 gün, 7 gün ve 28 günlük kürlere bırakılmış kürlenme süresi tamamlandıktan sonra CBR deneyi yapılarak, katkı maddeleri ile iyileştirilen bu numunelerin taşıma gücü kapasitelerinin ne kadar arttığı belirlenmiştir. Deneyler neticesinde kaolen kilinin 4,23 olan taşıma gücü oranının (CBR) inşaat yıkıntı atığı katkısı ile 24,59'a ulaşarak %500'ü aşan bir iyileşme olduğu tespit edilmiştir. İnşaat yıkıntı atığına ek olarak uçucu külün olduğu karışımlarda ise taşıma gücü oranı 52,29 olarak tespit edilmiştir.

INVESTIGATION ON THE EFFECTS OF IMPROVEMENTS IN CLAY SOILS OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE IN URBAN TRANSFORMATION

SUMMARY

Keywords: Soil Improvement, Construction Demolition Waste, Recycle, Urban Transformation

Urban transformation projects continue rapidly in our country and generate structural waste within the scope of this project. However, recycling and destructioning of these wastes enable new research topics. First project has made on this subject which is named as ‘‘Research of reusing potential of construction and demolition wastes that consisted urban transformation project’’ by Turkey Ready Mixed Concrete Association.

In this study, the effect of stabilization in soft clay soil of these urban transformation wastes were searched. One of the stabilization methods in infrastructure and road construction for clay soils is lime stabilization. Although lime stabilization has advanced in many aspects, it should be noted that lime is a raw material in nature and natural resources are depleted rapidly in our day. Recycling is the essential principle of this study. The availability of lime stabilization effect in clay soils, using construction demolition waste was investigated. Many experimental studies have been conducted with various mixture and the result of this study showed the expected positive results.

In this study kaoline clay is accepted as natural soil sample and lime %5 proportion, construction demolition waste and fly ash %0, %10, %15, %20, %25 proportions added in mixtures to compare reference and the other samples results. The compaction test was applied on prepared samples and the maximum dry density values at the optimum water content for each samples were obtained. Then soil samples were compacted according to the determined optimum water content and the curing period of 1 day, 7 days and 28 days started. After the curing periods, to see the change of the bearing capacity CBR test was performed and the increase in their carrying capacity was determined. At the end of the experiments, positive results have been obtained. As a result of experiments CBR ratio of kaolin clay reached to 24,59 from 4,23 with construction demolition waste. It has been found that the percentage of improvement exceeds %500. At mixtures contain fly ash in addition to construction demolition waste CBR capacity identified as 52,24.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Doğada birçok farklı türde zemin çeşidi bulunduğu ve zeminlerin kontrol edilebilir özelliklerinin bulunmadığı bilinen bir gerçektir. Bu sebeple her türlü inşaat yapısı projelendirilirken öncelikle yapı alanının zemin özellikleri belirlenir. Doğadaki her zemin inşaat sahası olarak kullanılmak için uygun özellikler taşımasa da, gelişmekte olan ve nüfusu her geçen gün artan dünyada her türlü zemin üzerine yapı yapma zorunluluğu ortaya çıkabilmektedir. Özellikle karayolu, demiryolu, havaalanı gibi inşaat alanlarında veya zeminin değiştirilmesinin mümkün olmadığı durumlarda zemin stabilizasyonu zorunlu hale gelmektedir.

Zemin iyileştirmesinin yumuşak kil zeminlerde amacı; düşük olan taşıma gücünü artırmak ve konsolidasyon oturmalarını sınırlar içinde tutabilmektir [1]. Bunlar için zeminin rijitliğinin artırılması gerekmektedir. Yumuşak kil zeminlere sönmemiş kireç veya çimento uygulaması yapıp yerinde karıştırıldığı zaman zeminden su çekerek, zemin ile puzolonik ve kimyasal reaksiyonlara girerek bu etkiyi sağladığı görülmüştür [2].

Benzer etkinin atık bir madde olan uçucu kül ile sağlandığı da yapılan çalışmalar ile tespit edilmiştir. Uçucu küller kömür kullanılan termik santrallerde ortaya çıkan endüstriyel bir atık ürünüdür. Uçucu küllerin puzolanik etkisinden faydalanılarak inşaat mühendisliğinde çimento, tuğla, gaz beton vb. malzemelerin üretimi ile yol stabilizasyon uygulamalarında kullanılmaktadır. Uçucu küllerin zemin stabilizasyonunda olumlu sonuçlar verdiği yapılan birçok çalışma ile belirlenmiştir. Bu çalışmaların birinde “%5kireç+%5 uçucu kül” katkılı karışımın CBR mukavemetini %95 artırdığı saptanmış ve CL sınıfı kil zeminlerde kireç ve uçucu küllerin mukavemeti artırmak için kullanılabileceği belirtilmiştir [3].

Bu çalışmada da kireç oranı ağırlıkça %5 oranında seçilerek sabit tutulmuş, inşaat yıkıntı atığı ve uçucu kül malzemelerinin ağırlıkça oranları %0, %5, %10; %15, %20 ve %25 oranlarında kullanılarak kompaksiyon ve CBR özelliklerini nasıl etkilediği deneylerle araştırılmış ve sonuçlar referans değerler ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

BÖLÜM 2. KENTSEL DÖNÜŞÜM

Ülkemizde çarpık yapılaşmanın artması, ekonomik ömrünü tamamlayan yapıların can ve mal güvenliği sağlamaması ve ülkemizin deprem kuşağında olması gibi sebepler ile eski yapıların yıkılması ve yerine daha güvenli, daha modern yapıların yapılması gerekliliği öngörülmüştür. Bu sebeple 6306 sayılı Kentsel Dönüşüm Kanunu (Afet Riskli Yapıların Yenilenmesi ile İlgili Kanun) hükümet tarafından düzenlenmiş ve 31.05.2012 tarihinde resmi gazetelerde yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

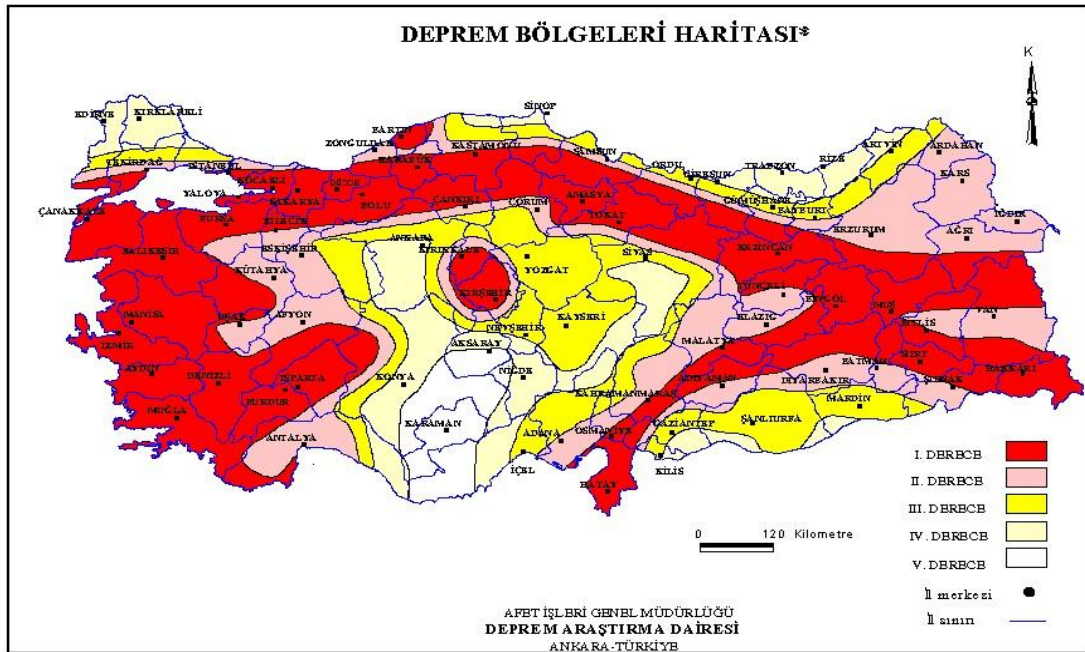
2.1. Çarpık Yapılaşma

Ülkemizde özellikle 1960 yılları ve sonrası sanayileşmenin belirli bölgelerde diğerlerine kıyasla daha fazla ve hızla gelişmiş olması sebebiyle köyden şehire göç başlamıştır. Sürekli göç alan ve nüfusları artan şehir merkezlerinde plama ve alt yapı yetersizlikleri başta olmak üzere şehirleşme açısından yoğunluğun getirdiği olumsuz durumlar da artmıştır. Gecekondu denilen yapı türünün artması ile çarpık kentleşme ve düzensiz yapılaşma başlamış olup bu durum ulaşım ve alt yapı yetersizliklerine, çevre kirliliğine, kaçak yapılaşmanın artmasına, yeşil alanların kontrolsüzce tahribine sebebiyet vermiştir. Az maliyetle yapı yapma yoluna gitmek ise dayanım koşullarından yoksun binaları çoğaltmıştır. Sonuç olarak ülkemizde altyapı donatımı yetersiz, yeşil ve sosyal alanları olmayan, can güvenliği sağlamayan yapılar inşa edilmiş ve bu durum sürdürülemez bir hal almıştır. 2012 yıl sonu itibari ile Türkiye’de bulunan 20 milyon konut stokunun 5,5 milyonu riskli yapı olarak tahmin edilmesi de çarpık yapılaşmanın vahim bir durumda olduğunu açık bir şekilde ortaya koymuştur. [4].

2.2. Ülkemizde Deprem Gerçeği

Ülkemiz deprem kuşağında olduğu bilinen bir ülkedir. Deprem yer kabuğunu oluşturan levhaların hareket etmesinden kaynaklanan enerjinin boşalması olarak tanımlanabilir [5]. Bu enerji boşalması esnasında yer kabuğunda oluşan sarsıntılar yer küre üzerinde bulunan her şeyi etkilemektedir.

Türkiye’de 1900’lü yılların başından bu yana can kaybına sebep olacak düzeyde 20’den fazla deprem kayıt altına alınmıştır [6]. Ülkemiz depremsellik açısından beş bölgeye ayrılarak tanımlanmış olup, deprem bölgeleri Şekil2.1. de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Türkiye deprem bölgeleri haritası, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1996

Haritadan da görüldüğü gibi ülkemizdeki şehirlerin büyük çoğunluğu 1. ve 2. derece deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır. Bu şehirlerde belirli periyotlarla depremler olmaktadır. Yaşanan depremlerde riskli, çürük ve kalitesiz yapılar nedeniyle telafisi mümkün olmayan can ve mal kaybı oluşmaktadır.

1999 yılı Marmara Depreminde 17 bin 480 vatandaşımız, 2011 Van depreminde ise 644 vatandaşımız riskli binalar yüzünden hayatını kaybetmiştir. Marmara depreminde 285.211 ev ile 42.902 iş yeri hasar görürken Van depreminde ise şehirdeki binaların %70’i oturulamaz hale gelmiştir [4].

Bu depremlerde yıkılan veya hasar gören yapılarda görülen en önemli sorunlar uygun olmayan projelendirme, kalitesiz malzeme kullanımı, işçilik hataları ve yapıların şartnamelere uygun olarak yapılmamış olmalarıdır. Ayakta kalan ve hasarlı hali ile kullanılmaya devam edilen yapıların olası tekrarlanan bir depremde tamamen yıkılıp yıkılmayacakları ise ayrı bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Hasarlı hali ile kullanılmaya devam edilen yapıların can güvenliği sağlamadığı açıktır.

2.3. Kentsel Dönüşümün Gerekliliği

Ülkemizde 2011 Van depreminden sonra alınan bir kararla hasarlı yapıların yıkılarak yerine yenilerinin inşa edilmesi sürecine girilmiş ve bu durum kentsel dönüşüm olarak adlandırılmıştır.

Deprem gerçeği engellenemediğinden ve depremin ne zaman olacağı tam olarak bilinemediğinden ülke olarak deprem gerçeği ile yaşamamız gerekmektedir. Depremlerde insanların hayatını kaybetmesine sebep olan şey çoğunlukla depremin kendisi değil, riskli ve çürük yapılar olduğundan; can ve mal kaybını en aza indirmek için depreme dayanıklı yapılar inşa etmek zorunlu hale gelmiştir. Bu sebeple hasarlı ve eski yapıların güçlendirilmesi ya da yıkılıp yeniden yapılması gerekmektedir. Bu durum kentsel dönüşümü bir zorunluluk olarak gündeme getirmiştir.

Ayrıca ülkemiz son dönemde hızlı gelişmelere tanıklık ederek şehirleşme açısından bir değişim ve gelişim sürecine girmiştir. Yaşamakta olduğumuz bilim çağı yeni gereksinimler ortaya çıkarmakta, bir çok mühendislik alanında modern, konforlu, emniyetli, ekonomik ve verimli olma kavramı önem kazanmaya başlamıştır. Bu gelişmeler inşaat mühendisliği yapılarında da yenilenme zarureti ortaya çıkarmaktadır. Günümüzde akıllı binalar gibi daha farklı işlevsellikleri olan yapılar inşa edilmeye başlanmış, ulaşım yapılarında son teknoloji ürünleri kullanılarak gelişmiş mühendislik yapıları üretilmektedir. Bu sebeple işlevselliğini kaybetmiş yapıların da yenilenmeye ihtiyacı olduğu açıktır.

2.4. Kentsel Dönüşümün Kapsamı ve Amacı

31.05.2012 tarihinde 6306 sayılı Kentsel Dönüşüm Kanunu (Afet Riskli Yapıların Yenilenmesi ile İlgili Kanun) resmi gazetelerde yayınlanmıştır. Bu Kanunun amacı; afet riski altındaki alanlar ile bu alanlar dışındaki riskli yapıların bulunduğu arsa ve arazilerde, fen ve sanat norm ve standartlarına uygun, sağlıklı ve güvenli yaşama çevrelerini teşkil etmek üzere iyileştirme, tasfiye ve yenilemelere dair usul ve esasları belirlemektir [7]. Kanunun uygulanmasına resmi olarak 5 Ekim 2012'de başlanmıştır. Bu sürecin 20 yıl sonunda tamamlanması planlanmakta ve 5.5 milyon kadar yapının öncelikli olarak yıkılması öngörülmektedir.

Kentsel dönüşüm süreci ile yapı kalitesi ve konforunun artması ve şehirleşmenin daha düzenli olması beklenmektedir. Böylece deprem riskine karşı güvenli yapılar elde edilmiş olacaktır. Ayrıca bu süreç inşaat sektörünün canlanmasına sağlayacağı katkı ile yeni istihdam alanları açıp ülke ekonomisine de fayda sağlayacaktır. Kentsel dönüşümü tamamlanan yapılarda gerekli tüm altyapı ve sosyal ihtiyaçlar karşılanarak, otoparkların, eğlence parklarının, yeşil alanların olduğu daha yaşanabilir, kaliteli ve sosyal donatı alanlarıyla daha modern şehirler oluşturulacaktır.

2.5. Kentsel Dönüşümden Yararlanma ve İşleyiş

Kentsel dönüşümde riskli alanlar hariç gönüllülük ilkesi vardır ve vatandaşın talebi ile gerçekleşmektedir. Kentsel dönüşümden yararlanmak için mülkiyet sahibi bir kişinin tapu, nüfus cüzdanı, dilekçe ve tapu müdürlüğünden alınmış bağımsız bölüm listesi ile bakanlıkça lisanslandırılmış kuruluşlara başvurması yeterli olmaktadır.

Kentsel dönüşümde lisanslı kuruluşların uyguladığı işleyiş ise şu şekildedir:

1. Belediye İmar Müdürlüğü veya Tapu Müdürlüğü'ne başvurularak arşivden mevcut binaya ait statik – mimari projeler (var ise) temin edilir.

2. Bina Deprem Risk Raporu almak için binaya ait (var ise) mevcut projeler, tapu (daire tapusu), kat mülkiyeti (iskan yok ise daireye ait hisseli arsa tapusu), nüfus cüzdanı fotokopisi, Tapu Müdürlüğünden alınmış bağımsız bölüm listesini gösterir belge ile T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından lisanslandırılmış kuruluşa başvuru yapılır.

3. Lisanslı kuruluşun binada yapacağı teknik inceleme, tespit ve çalışmalar sonucu bina için Deprem Risk Raporu hazırlanır.

4. Hazırlanan deprem risk raporu bakanlık lisanslı kuruluş tarafından bağlı bulunan ilin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Kentsel Dönüşüm Müdürlüğü'ne deprem risk raporunun tarihine göre en geç yedi gün içinde bir üst yazı ile sunulur.

5. Bakanlık; Deprem Risk Raporunu 10 gün içinde inceleyerek eksik yok ise onaylar. Rapor sonucu bina riskli ise bakanlık tarafından tapu müdürlüğüne bir yazı yazılarak binanın tapu kütüğüne riskli yapı şerhini koyar.

6. İlgili tapu müdürlüğünden tüm kat maliklerine bakanlık resmi yazısı iletilir. (Resmi yazının ilgili vatandaşa tebligatı ile 15 gün içinde ilgili bakanlık il müdürlüğüne rapor için itiraz hakkı vardır.) Resmi yazının ilgili vatandaşa tebliğinden sonra bina riskli ise 60 gün içinde bina maliklerinin en az 2/3 (tapu hisse) çoğunluğu ile bina ortak karar protokolü hazırlanıp imza altına alınır. (Binayı nasıl, ne zaman, ne şekilde, kime, hangi dağılımla yaptırılacağına kararı alınır.)

7. Bina ortak karar protokolü bağlı bulunan ilin çevre ve şehircilik bakanlığı kentsel dönüşüm müdürlüğüne bilgi amaçlı bir dilekçe ile sunulur. (2 ay içinde 2/3 çoğunlukla bina ortak karar protokolü imza altına alınmazsa bina bakanlıkça yıkılacaktır.)

8. Binanın yeniden inşaatı veya güçlendirmesinin yapılması için bir yüklenici firma bulunur. Tüm gerekli projeler yüklenici firma tarafından hazırlanır ve ilgili belediyeden ruhsat alınır.

9. Binanın yeniden inşaatı veya takviye - güçlendirmesi için bakanlık ile anlaşma sağlayan bankalara kentsel dönüşüm kredisi için başvuruda bulunulur. (Kentsel dönüşüm kapsamında verilen kira ya da yapım kredilerinden sadece biri kullanılabilir. Aynı anda devletçe faiz indirimi sağlanmış 2 kredi kullanılamaz.)

10. Kentsel dönüşüm kira yardımı için bakanlık il müdürlüğüne başvurulur.

11. Binanın yeniden inşaatı ve güçlendirme uygulaması için kat maliklerinin ortak karar ile seçeceği yüklenici - inşaat şirketi ile sözleşme yapılır ve yeni binanın inşaatına başlanır. (Yeni binanın inşaatı yapı denetim şirketleri ve kentsel dönüşüm kredisi kullanıldı ise bankaların uzmanları tarafından her aşamada denetlenir.)

12. Yapımı tamamlanan bina için bağlı olunan belediyeden (Depreme dayanıklı, projesine uygun yapılmış, eksiksiz bina anlamına gelen) iskanlı tapular alınır [8].

2.6. Riskli Yapı

Muhtemel bir afette yıkılacak olan, can güvenliği sağlamayan yapılar riskli yapılardır. Risk tespitinin yapılması için vatandaşlar yapılarını, Bakanlığa, belediyelere, il özel idarelerine, büyükşehirlerde büyükşehir belediyelerine, büyükşehir ilçe belediyelerine veya Bakanlıkça lisanslandırılacak, kurum ve kuruluşlara tespit ettirebilirler. Bu aşamada herhangi bir çoğunluk aranmamaktadır. Maliklerden birininveya kanuni temsilcisinin müracaatı ile bu tespit yapılabilir. Riskli yapılar, 6.3.2007 tarihli ve 26454 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik hükümlerine göre tespit edilmektedir.

Yapılan tespitler neticesinde Riskli olduğu tespit edilen yapılar, tespiti yapanlar tarafından (Bakanlığa, belediyelere, il özel idarelerine, büyükşehirlerde büyükşehir belediyelerine, büyükşehir ilçe belediyelerine veya Bakanlıkça lisanslandırılacak, kurum ve kuruluşlar) kentsel dönüşüm müdürlüğüne bildirilir ve müdürlük raporları inceledikten sonra ilgi tapu müdürlüğüne bildirir.

İlgili tapu müdürlüğünce, tapu kütüğüne işlenen belirtmeler, riskli yapı tespitine karşı tebligat tarihinden itibaren onbeş gün içinde müdürlüğe bir dilekçe ile itiraz edilebileceği, aksi takdirde tebligat tarihinden itibaren idarece altmış günden az olmamak üzere belirlenen süre içinde yapının yıktırılması gerektiği de belirtilmek suretiyle, aynî ve şahsî hak sahiplerine tebliğ edilir. Riskli yapı tespitine karşı malikler veya kanunî temsilcilerince on beş gün içinde riskli yapının bulunduğu yerdeki Müdürlüğe verilecek bir dilekçe ve dilekçeye ek olarak riskli yapının maliki olduğunu belirten tapu fotokopisi, itiraz eden malikin nüfus cüzdanı fotokopisi ve tapu müdürlüğünden gönderilen tebligat örneği ile itiraz edilebilir. İtirazları inceleyecek olan teknik heyet, üniversitelerden bildirilen dört üye ile en az ikisi inşaat mühendisi olmak üzere, Bakanlık teşkilatında görev yapan üç üyenin iştiraki ile teşkil edilir.

Riskli yapı olarak tapu kütüğüne kaydedilen taşınmazların maliklerine, altmış günden az olmamak üzere süre verilerek riskli yapıların yıktırılması istenilir. Riskli yapıların altmış günlük süre içinde maliklerince yıktırılıp yıktırılmadığı, kentsel dönüşüm müdürlüklerince mahallinde kontrol edilir. Riskli yapının yıkılmadığı durumlarda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı olaya müdahil olur ve bakanlıkça yıktırılır [9].

2.7. Kentsel Dönüşüm Kredisi ve Kira Yardımı

Kentsel Dönüşüm kanunu kapsamına girmiş riskli bina mülk sahipleri ve kiracılar için kredi ve kira yardımı teşvikleri vardır. Bunlar;

- a. Binada mülk sahibi olanlar için kentsel dönüşüm kredisi ve kira yardımı;
 - Riskli binada eğer fazla kat yok ise kentsel dönüşüm kredisi kullanarak istenilen bir inşaat şirketine yeni bina taahhüt yolu ile yaptırılabilir.
 - Bağımsız bölüm başı kredi : 100.000 TL
 - Vadesi 24 ay ila 120 ay
 - Faiz oranları aylık 0.35 -0.45
 - Eğer imardan dolayı binaya fazla kat geliyor ve kat karşılığı bir müteahhit ile inşaat yaptırılıyor ve kentsel dönüşüm kredisine ihtiyaç yok ise Kira yardımından yararlanılabilir.

- Kira Yardımı 18 ay boyunca aylık 650 TL olup; geri ödemesizdir.
- Aynı anda hem kentsel dönüşüm kredisi hem de kira yardımı kullanılamaz.
- Eğer riskli Binada mülk sahibi olarak kredi ve kira yardımı kullanılmıyorsa başka bir yerden daire alırken riskli binadan dolayı hak sahibi olunan kentsel dönüşüm kredisi bu daireyi alırken kullanılabilir, böylece ciddi bir finansman da sağlanmış olur.

b. Kiracılar için kentsel dönüşüm kredisi ile taşınma yardımı;

- Riskli Binada en az 1 yıl kiracı olduklarını belgeleyen kiracılar evlerini boşalttıktan sonra başka bir binadan daire almak istediklerinde mülk sahipleri gibi 100.000 TL 24 ay ila 120 ay vadeli aylık 0.35 -0.45 faiz oranlı kentsel dönüşüm kredisi kullanabilirler yada binayı boşaltırken 1300 TL geri ödemesiz taşınma yardımı alabilirler.

- Kentsel dönüşüm kredisi bakanlık ile anlaşmalı bankalardan, kira & taşınma yardımı ise il altyapı ve kentsel dönüşüm müdürlüklerinden başvuru ile alınmaktadır [10].

BÖLÜM 3. YIKINTI ATIKLARI VE GERİ DÖNÜŞÜM

İnşaat ve yıkıntı atıkları; konut, köprü, yol ve benzeri yapıların tamirâtı, tadilatı, yenilenmesi, yıkımı ve doğal afetler sonucu oluşan atıklardır [11]. Yapısal atık da denilen bu atık malzemeler yapı malzemelerinin üretimi esnasında da ortaya çıkan, çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sebep olan ve akıcı olabilecek kadar sıvı içermeyen beton, metal, ahşap, seramik, plastik gibi yapı malzemeleri ve bileşenlerinden oluşan katı atıklardır.

3.1. Dünya Ülkelerinde Yıkıntı Atıkları

Yıkıntı atıkları büyük hacimli olmaları, miktarları ve karmaşıklıkları nedeniyle birçok ülkede öncelikli atık olarak nitelendirilmektedir [12]. Yıkıntı atıklarının toplam atıklar içindeki yüzdesi ülkelere göre Avustralya'da % 44, Danimarka'da % 25–50, Hongkong'da % 38, Japonya'da % 36, İtalya'da % 30, İspanya'da ise % 70 olarak ifade edilmektedir [13].

1999 yılında Avrupa Birliği komisyonu tarafından inşaat ve yıkıntı atıkları hakkında bir rapor hazırlanmıştır. Bu rapora göre 350 milyon nüfusa sahip 15 üye ülkede her yıl ortalama 180 milyon ton civarında inşaat ve yıkıntı atığı oluştuğu görülmektedir. Bu atıkların ortalama olarak %28'inin geri dönüştürüldüğü, %78'inin ise depolandığı belirtilmektedir. Üye ülkelerden Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya ve İspanyada oluşan inşaat ve yıkıntı atığı miktarının AB üye ülkelerinde oluşan atık miktarının %80'i civarında olduğunun belirtildiği raporda; Hollanda, Belçika ve Danimarka inşaat ve yıkıntı atıklarının geri dönüşümünde büyük başarı sağlamış ülkeler olarak kaydedilmiştir [11].

Büyük hacimli olmaları ve doğaya verdikleri zararlar sebebi ile birçok ülkede yıkıntı atıklarının geri dönüştürülmesi ile alakalı çalışmalar düzenlenmekte ve teşvikler verilmektedir. Bazı ülkelerde ise bu durum kanunlarla belirtilmiştir. Örneğin Amerika Birleşik Devletlerinde, kanuni yaptırımla 44 eyalette geri dönüştürülmüş beton agregası kullanılmaktadır.

3.2. Ülkemizde Yıkıntı Atıkları

Ülkemizde yapısal atıklar ve yıkıntı atıkları gelişmiş illerde daha fazla olmak üzere bütün illerde çözülmesi gereken bir sorunu oluşturmaktadır. Bu sorunu çözebilmek amacı ile 2004 yılında Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından ‘‘Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği’’ çıkarılmış ve bu çerçevede yapısal atıkların yönetimiyle ilgili kapsamlı bir düzenleme yapılmıştır. Bu yönetmeliğe göre yapısal atıklar;

- a. Hafriyat toprağı,
- b. Yol yıkıntı atıkları,
- c. Yıkıntı atıkları,
- d. Karışık yıkıntı atıkları olmak üzere gruplandırmıştır [14].

Yönetmeliğin çıkması ile birlikte Türkiye’de yıkıntı atıklarının gelişigüzel ve kontrolsüz bir şekilde toprağıa dökülmesi ve çevreye bırakılması yasaklanmıştır. Yönetmelik Türkiye’de oluşan yapısal atıkların çevreye zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı bir şekilde alıcı ortama verilmesinin önlenmesi ve bu atıkların geri dönüşüm ile bertaraf edilebilecek miktarının azaltılması amacıyla; yapısal atıkların diğer atıklardan ayrı olarak biriktirilmesi, toplanması, taşınması, ayrıştırılması ve geri dönüşümünü sağlamak üzere iyi bir atık yönetim planının oluşturulmasını amaçlamış ve bu yönetim planı çerçevesinde sorunların çözülmesi hedeflenmiştir [14].

Söz konusu yönetmelik ile kapsamlı bir düzenleme yapılsa da ne yazık ki uygulamada yapılan çalışmalar henüz yeterli düzeyde değildir. İstanbul Çevre

Koruma Anonim Şirketi tarafından yapılan araştırmada İstanbul'un %50'sinden fazlasında yıkıntı atıkları konusunda hiç bir faaliyet yürütülmediği görülmüştür. (İSTAÇ, 2005)

3.3. Kentsel Dönüşüm Sonucunda Ortaya Çıkacak Yıkıntı Atıkları

Kentsel dönüşüm projesi sonucunda yapı kalitesinin artacağı, daha konforlu yapılar ortaya çıkacağı, şehirleşmenin daha düzenli olacağı, daha kaliteli bir yaşam sürmenin mümkün olacağı beklenmektedir Projenin bu önemli avantajlarının yanında, yıllık ortaya çıkaracağı yapısal atık miktarı ile bir çevre sorunu doğuracağı açıktır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atık Yönetimi Başkanlığı tarafından; Türkiye'de inşaat/yıkıntı atığı miktarının Kentsel Dönüşüm Kanunu ile birlikte yıllık 10 milyon ton olacağı hesaplanmıştır [15]. 20 yıl sürmesi planlanan bu süreçte ortaya çıkacak yıkıntı atıklarının, bir proje çerçevesinde imhası ve geri dönüşümünün yapılması gerekmektedir.

Kentsel dönüşüm kapsamında ortaya çıkması hesaplanan yapısal atıklar büyük hacimleri sebebi ile saklanacak alan problemi doğurmaktadır. Bu atıkların gelişigüzel doğaya atılması halinde çevre kirliliğine sebep olacağı ve doğal kaynakları tahrip edeceği, toprak, hava ve su üzerinde olumsuz etkilere sebep olacağı açıktır. Bu sebeple bu atıkların geri dönüşüm çalışmalarında kullanılması ön plana çıkarılmış olup, bu konu ile alakalı teşvik çalışmaları düzenlenmiştir. Konu ile alakalı olarak Türkiye Hazır Beton Birliği (THBB) tarafından "Kentsel Dönüşüm Projeleri Kapsamında Oluşan İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Hazır Beton Sektöründe Yeniden Kullanım Potansiyelinin Araştırılması" isimli Ar-Ge projesi hayata geçirilmiştir.

3.4. Yıkıntı Atıklarının Geri Dönüşümünün Sağladığı Faydalar

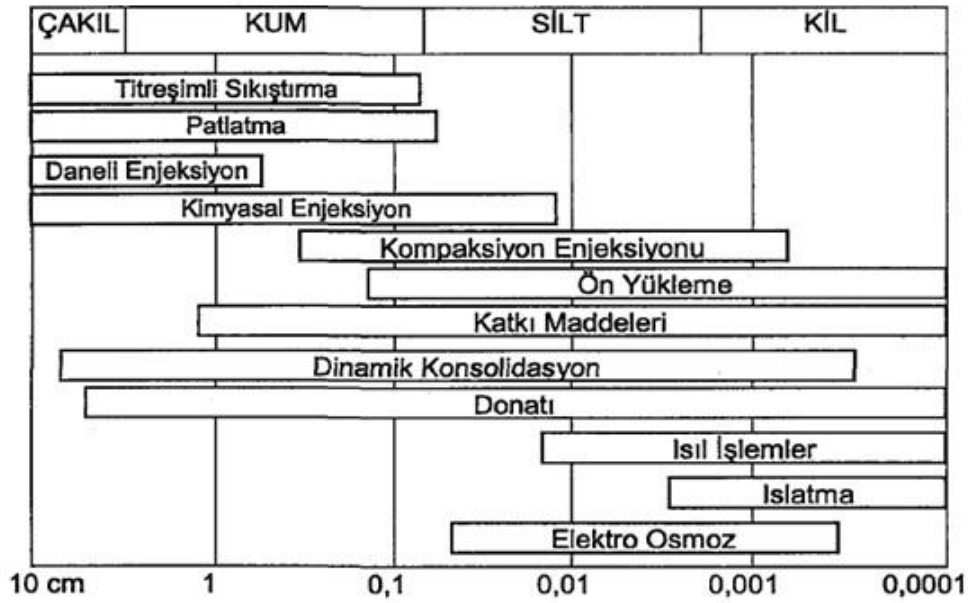
Yapısal atıkların geri dönüştürülmesi durumunda hammadde kaynaklarına talep azalacağından, tükenme tehlikesi bulunan doğal hammaddeler korunmuş ve bu kaynaklara talep azaltılmış olur. Ayrıca geri dönüşüm sayesinde taşımacılık ve üretim maliyetleri düşer, enerji tüketimi ve atık depolama sahalarının yoğunluğu azalır [16].

Her 1 metreküp inşaat/yıkıntı atığından yaklaşık 0,60 metreküp malzeme geri dönüştürülmektedir. Ülkemizde geri kazanılmış ürünler, ilgili standartları sağlamak şartı ile gerekli işlemlerden geçtikten sonra yeni beton üretiminde, yol, otopark, kaldırım, yürüyüş yolları, drenaj çalışmaları, kanalizasyon borusu ve kablo döşemelerinde dolgu malzemesi olarak, alt ve üst yapı inşaatlarında, spor ve oyun tesisleri inşaatları ile diğer dolgu çalışmalarında kullanılabilir [15].

BÖLÜM 4. ZEMİNLERİN STABİLİZASYONU VE KİMYASAL STABİLİZASYON YÖNTEMİ

Zeminler doğada çeşitli yapısal özelliklere sahip olarak bulunurlar. Tek bir ölçüm veya deney sonucu ile bütün zeminlerde hesaplamalar yapmak mümkün olmadığı gibi, doğadaki tüm zeminler de inşaat sahası olarak kullanılmaya uygun değildir. Geoteknik mühendisliği bu aşamada öne çıkmakta olup, inşaat sahası olmaya uygun özellikler taşımayan zeminleri çeşitli uygulamalar ile kullanılabilir hale getirmektedir. Zemin stabilizasyonu veya zemin ıslahı denen bu olay zeminlerin belirli özelliklerinin, amaçlanan bir mühendislik uygulamasına yönelik olarak, değişik fiziksel, kimyasal veya biyolojik yöntemler kullanılarak iyileştirilmesi olarak tarif edilmektedir [2].

Zeminlerin çeşitli özelliklere sahip olması zemin stabilizasyon yöntemlerinde de çeşitliliğe yol açmaktadır. Genel olarak zemin iyileştirmeden beklenen; taşıma gücü artışı, oturmaların sınırlandırılması, sıvılaşma potansiyelinin azaltılması, zemindeki boşlukların doldurulması, hacim değişimini en aza indirmek ve stabilitenin sağlanması gibi temel amaçlar olsa da bunların zeminlere kazandırılması farklı yöntemlerle yapılmaktadır. Kohezyonlu zeminlerde geçerli olan bir tekniğin ince daneli zeminlerde aynı etkinliği göstermesi mümkün olmamaktadır. İri daneli zeminlerde sıkıştırma tekniği ön plana çıkarken, silt ve killer için katkı maddeleri ile stabilizasyon diğer adı ile kimyasal stabilizasyon en uygulanabilir olmaktadır. Zemin türlerine göre stabilizasyon yöntemleri genel bir yaklaşımla Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. İslah yöntemlerinin uygulanabilirliği (Önalp,1983)

Şekil4.1.'den de görüldüğü üzere iri daneli zeminlerde sıkıştırma ve patlatma yöntemleri ön plana çıkarken, ince daneli zeminlerde katkı maddeleri ile stabilizasyon, dinamik konsolidasyon ve donatı ile iyileştirme daha uygulanabilir olmaktadır.

4.1. Stabilizasyon Yöntemleri

Önalp (1983) "İnşaat Mühendislerine Geoteknik Bilgisi" adlı kitabında stabilizasyon yöntemlerini işlemin özelliğine göre 6 gruba ayırmıştır. Bunlar;

1. Sıkıştırma: Zeminin titreşim ve malzeme eki yolu ile ıslah şekli.
2. Ön Yükleme: Özellikle yumuşak zeminlerin efektif gerilmelerin artırılması yoluyla konsolide edilmesi.
3. Enjeksiyon: Ortama malzeme şırınga edilerek boşluk ve çatlakların azaltılması yöntemi.
4. Isıl İşlemler: Zeminlerin suyla olan bağı, dondurma ya da yüksek sıcaklıkla zayıflatmak.
5. Katkı Maddeleri: Ortama eklenen maddelerle dane ve bloklar arasındaki bağı oluşturmak, kuvvetlendirmek.

6. Donatı: Zayıf zemin ve kayaç kitlelerinin genellikle zayıflık yönlerine dikey yerleştirilen sağlam elemanlarla özelliklerinin iyileştirilmesi yöntemi [17].

Yıldırım (2009) ise “zemin incelemesi ve temel tasarımı” isimli kitabında iyileştirme yöntemi türlerini 4 gruba ayırarak bunları;

1. Mekanik iyileştirme kısa süreli mekanik kuvvetlerin etkisi ile zemin yoğunluğunun artırılmasını amaçlayan, patlatma ile sıkıştırma, sıkıştırma kazıkları ile zeminin sıkıştırılması gibi yöntemler,

2. Hidrolik iyileştirme drenler veya kuyular yardımı ile boşluk suyu basıncının düşürülerek kayma dayanımını arttırmayı hedefleyen, diyafram duvarlar, palplanş duvarlar ve geomembranlar, keson ve tünelde basınçlı hava kullanılarak zemin suyunun uzaklaştırılması gibi yöntemler,

3. Fiziksel ve kimyasal iyileştirme yüzeysel zemin tabakalarında katkıların fiziksel olarak karışımı, katkıların derinlerde kolonlar teşkil edecek şekilde karışımı ve jet grout kolonu gibi yöntemler,

4. Ekleme ve sınırlama ile iyileştirme fiberler, şeritler, donatılar ve hasırların zemine yerleştirilmesi ile zemin kütlesi dayanımını arttırmayı hedefleyen kafes duvarlar, gabion elemanlar, geotekstilli bohçalama duvarları, taşkolon gibi yöntemler olarak açıklamıştır [18].

Bu çalışma kapsamında incelenen yöntem katkı maddeleri ile stabilizasyon olarak ifade edilen “kimyasal stabilizasyon”dur.

4.2. Kimyasal Stabilizasyon

Çeşitli katkı maddelerini zemin ile değişik yöntemlerle karıştırıp kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesini sağlayarak zemin özelliklerini iyileştirebilmek mümkündür. Kimyasal stabilizasyonda en çok kullanılan ve literatürde en geniş yer bulan katkı maddeleri; kireç, çimento ve uçucu küldür. Bu malzemeler zeminde bulunan daneler arasındaki boşlukları doldurarak ve daneler arasındaki bağları güçlendirerek zemin iyileştirmesine katkı sağlamaktadırlar.

Zemin stabilizasyonu için kullanılacak katkı maddesi seçilirken dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır;

- a. Stabilizasyonla özellikleri istenilen amaca uygun hale getirilecek olan zeminin cinsi,
- b. Stabilizasyonun amacı,
- c. Zeminin hangi özelliklerinin iyileştirileceği,
- d. Stabilize edilmiş haldeki zeminden beklenen dayanım,
- e. Ekonomi ve çevresel etkiler olarak sıralanabilir [19].

Zeminlerin kimyasal iyileşme mekanizması kimyasal katkıların içerdiği hidrate olmuş kireç ve kilde bulunan illit plaklarından kaynaklanan kalsiyum iyonlarının kaolinit yerine illit kil daneleri ile birleşmeyi tercih ettikleri hidratasyon reaksiyonu olan flokülasyondur. Flokülasyon, kireç ve illitin pozolanik reaksiyonu ile oluşan çimento ürünlerinin paralel kil tabakalarının üzerini kaplaması ve boşluklarını doldurması, aynı sırada hareketsiz duran ve kil plakları tarafından sıkıca tutulan su ile çimento ürünlerinin yer değiştirmesi olarak tanımlanır [3].

4.2.1. Kireç stabilizasyonu

Silt ve kil içeren zeminlerde daha etkin olan kireç stabilizasyonu kireç tozu ya da kireç çamurunun mevcut zemin ile karıştırılıp sıkıştırılması ile gerçekleştirilir.

Zemin iyileştirilmesinde kullanılan kireçler;

- Ca(OH)_2 Hidrate kalsiyum kireci
- CaO Klasik çabuk kireç
- $\text{Ca(OH)}_2\text{MgO}$ Monohidrate dolamatik kireç ve dolamatik çabuk kireç

olarak belirtilmiştir [18].

Yapılan çalışmalarda kireç ile zemin stabilizasyonunda kirecin ağırlıkça oranının %5 ile %10 arasında olması durumunda en etkin sonucu verdiği görülmüştür [20]. Önalp'da bu oranı %3-8 arası olarak belirtmiştir [17].

Başlangıç kireç katkısının oranı zemin-kireç karışımının pH değeri ölçülerek belirlenir. Ph değerinin yaklaşık 12.4 olması durumundaki kireç oranının katkı oranı olarak kabul edilebileceği belirtilmiştir [19].

Kireç stabilizasyonu ile yapılan uygulamada killi malzemenin kimyasal yapısı bozulmaktadır. Örneğin kalsiyum iyonları kilde potasyum ve sodyum iyonları yerine geçebilir. Bu durum kil daneciklerinin birbirine kenetlenip daha büyük danecikler oluşturmasını sağlar. Yine kireç, kil mineralinin kristal kafesinden silisi sökerek reaksiyona girer. Oluşan jel kil topaklarını çevreleyip boşlukları tıkar [17]. Sonuç olarak likit limit azalırken plastik limit artmasıyla plastisite indeksi azalmış olur, işlenebilirlik artar ve dayanım ile sıkışabilirlikte iyileşme görülür [18]. Kilin su tutma ve şişme özelliğini kaybetmesi ve tekrar su ile temas ettiğinde kil davranışı göstermemesi kireç stabilizasyonunun avantajları arasında sayılmaktadır [21].

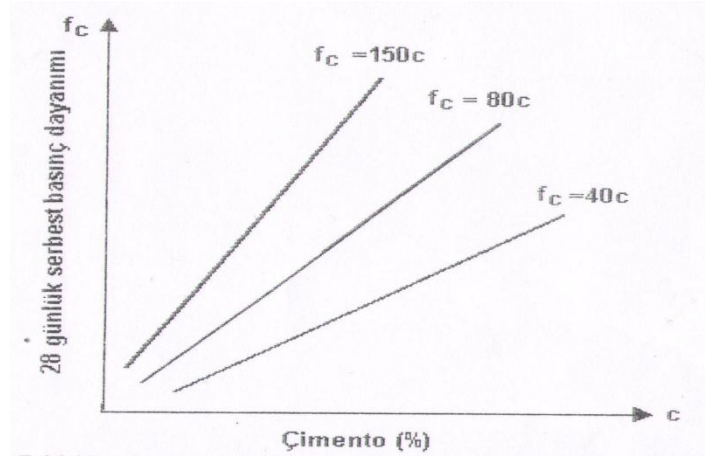
Kireç ile yapılan stabilizasyon sonunda;

- Oluşan kimyasal bağlar sonucunda kirletici ve zararlı madde miktarında azalma meydana gelmektedir.
- Ortamda bulunan mevcut sıvı miktarı azalmaktadır.
- Stabilize karışımının mukavemeti (direnci) artmaktadır.
- Stabilize karışımının donma/çözölmeye karşı dayanıklılığı dolayısı ile durabilitesi de artmaktadır [22].

4.2.2. Çimento stabilizasyonu

Çimento, su ile etkileşime girerek tıpkı kireçte olduğu gibi CSH ürünü vererek sertleşen bir malzemedir. Böylelikle genel olarak zeminlerin çimento ile stabilizasyonu sonucunda permeabilitelerinin düştüğü söylenebilir. Yine kireç de olduğu gibi çimento stabilizasyonu ile zeminlerin likit limitleri azalırken plastik limitleri artmaktadır. Çimento ile yapılan stabilizasyonda stabilize edilmiş zeminin

dayanımı genellikle serbest basınç deneyi ile ölçülür. Stabilize edilmiş zeminlerin dayanımının çimento oranına bağlı olarak değişimi Şekil4.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Numune serbest basınç dayanımı-çimento katkı oranı ilişkisi (Aytekin, 2004)

Serbest basınç deneyimi ile bulunan dayanımlarda zemin cinsi, çimentonun özellikleri, çimento oranı, yoğunluğu, kürü ve kür süresi önemli olmaktadır.

Çimentonun kayma dayanımını artırdığı bilinmektedir bu artış ise kür süresi ile artmaktadır. Ağırlıkça çimento yüzdesine göre verilmiş bir çizelge aşağıda görülmektedir [19].

Tablo 4.1.Kireç karıştırma ile iyileştirme (Yıldırım, 2009)

Zemin	Ağırlıkça Çimento%	Kayma Mukavemeti (kPa)	Şev Açısı (Derece)
A-2-4 Siltli ve killi çakıl - kum Max %30 No 200 altı	0	140	29
	2	350	41
	4	490	44
	6	630	48
	8	700	49
A-1-b Çakıllı kum ve kumlu çakıl Max %25 No200 altı	0	70	38
	2	260	49
	4	500	52
	5	665	55
A-4 Siltli zemin Min %30 No 200 altı	0	35	37
	2,5	210	46
	5,5	455	45
	7,5	600	45
	9,5	875	45

4.2.3. Bitüm stabilizasyonu

Kireç ve çimentoya oranla daha pahalı olması sebebi ile daha az kullanılan bitümlü üstabilizasyonda danelerin asfalt ile kaplanması gerekir. İnce daneli malzemenin suya karşı isteğini azaltırken, daneli malzemeye kohezyon veren bitüm, emülsiyon ya da köpük biçiminde katılmaktadır [17].

Asfalt karışımları yapılırken başlangıç yüzdesinin belirlenmesi için farklı yaklaşımlar kullanılmakta olup bunlardan en çok kullanılan Asphalt Enstitüsü metodu aşağıda verilmiştir.

$$P = 0.035a + 0.045b + K \times c + F \quad (4.1)$$

P: karışımdaki yaklaşık asfalt yüzdesi

a: 8 nolu elek üzerinde kalan(%)

b: 8 nolu elekten geçen ve 200 nolu elek üzerinde kalan malzeme (%)

c: 200 nolu elekten geçen % (11-15) için K=0.015

% (6-10) için K=0.18

% (5) için K=0.20

F değeri 0 ile 2 arasında bir sabit olup agreganın hafif veya ağır absorpsiyonuna bağlıdır. Genellikle F=0.7 olarak kullanılır [19].

4.2.4. Uçucu kül stabilizasyonu

Uçucu küller termik santrallerde yanma sonucu baca gazları ile sürüklenen ve puzolanik özellik taşıyan atıklardır. Uçucu külün kimyasal yapısı kullanılan kömüre göre farklılık gösterse de temel bileşikleri silis ve alüminadır.

Uçucu küllerin özgül ağırlıkları 1,90-2,4 arasında değişirken; birim hacim ağırlıkları ise gevşek durumda 5,5 kN/m³, sıkı durumda 8,5 kN/m³ civarındadır Dane boyutları ise 0,5-200 mikron arasındadır [23].

Uçucu küller toprak, su kaynakları ve hava için potansiyel birer kirlilik kaynağıdır. Bu sebeple doğaya atılması yerine geri dönüşüm malzemesi olarak kullanılması ile

ilgili süregelen çalışmalar neticesinde uçucu kül inşaat sektöründe yaygın olarak imento ve beton üretimi, hafif agrega üretimi, tuğla ve gaz beton üretimi ile zemin ve yol stabilizasyon çalışmalarında kullanılmaktadır.

Zemin ıslahı ile ilgili yapılan bir çalışmada killi bir zemin Tunçbilek uçucu külü kullanılarak stabilize edilmiş ve artan uçucu kül oranı ile zeminin optimum su muhtevası ve serbest basınç mukavemetinin de arttığı gözlenmiştir [24].

BÖLÜM 5. KULLANILAN YÖNTEM VE DENEYLER

Çalışmada iyileştirme deneylerinden önce doğal zemin numunesi olarak kabul edilen kaolin kiline sınıflandırma deneyleri yapılarak ait olduğu zemin sınıfı bulunmuş, kireç, uçucu kül ve inşaat yıkıntı atığının özgül ağırlıklarını belirlemek için ise piknometre deneyleri yapılmıştır.

5.1. Piknometre Deneyi

Piknometre deneyi ile kullanılan malzemelerin özgül ağırlıkları bulunmuştur. Özgül ağırlık bir maddenin birim hacminin ağırlığıdır. Deney TS1900-1’de anlatıldığı şekli ile yürütülmüştür. Öncelikle etüvde kurutulan kuru piknometre şişeleri hassas terazide tartılıp ağırlıkları not edilmiş, daha sonra içlerine özgül ağırlığı belirlenecek malzemeden en az 10 gr olmak üzere eklenip piknometre şişesi kapağı ile beraber tekrar tartılmıştır. Üzerine numuneyi örtecek kadar havası alınmış damıtılmış su eklenip vakum yapılarak karışımın havası alındıktan sonra ise piknometre şişesi ağzına kadar havası alınmış damıtılmış su ile doldurulup tekrar tartıldıktan sonra piknometre şişesi temizlenmiş, sadece su ile dolu ağırlığı not edilmiştir.



Şekil 5.1. Piknometre deneyi

5.2. Atterberg Limitleri Deneyi

Kaolen kili ince daneli bir zemin türüdür. Zemin sınıfını belirlemek için atterberg kıvam deneyleri yapılmıştır. Atterberg kıvam limitleri likit limit, plastik limittir ve rötre limitidir. Likit limit zeminin kıvamlı halden akıcı hale geçtiği andaki su muhtevasıdır. Casagrande aleti veya koni penetrasyon aleti kullanılarak belirlenir. Deney yöntemi olarak koni penetrasyonun seçildiği çalışmada kaolen kili üç farklı su muhtevasında homojen olarak karıştırılıp penetrasyon kabına sıkıca yerleştirilmiştir. Penetrasyon kabı, deney aletine konularak konik ucun batma miktarları tespit edilmiştir. Daha güvenilir sonuçlar almak için her bir deneyde 3 farklı noktadan okuma alınmıştır. En son ise numuneden örnek temsil edecek bir parça etüve konularak su muhtevası hesaplanmıştır.

Plastik limit için ise zemin belli su muhtevasında 3 mm'lik çubuklar halinde yuvarlanmış üzerinde çatlakların görüldüğü anda deney sonlandırılmıştır. Etüve bırakılan çubukların su muhtevası hesaplanarak plastik limit değeri elde edilmiştir.

5.3. Kuru Elek Analizi Deneyi

Karışımlarda kullanılacak olan ve kaynağından öğütülmüş olarak gelen inşaat yıkıntı atığının dane dağılımını belirlemek amacı ile TS1900-1'de anlatıldığı şekli ile granülometre deneyi yapılmıştır. İnşaat yıkıntı atığından 193,916 gram alınarak büyük çaptan küçük çapa doğru sıralanmış olan elek takımına dökülüp sarsma işlemine tabi tutularak elenmiştir. Eleme işlemi tamamlandıktan sonra elek üzerinde kalan kısımlar hassas terazide tartılarak ağırlıkları not edilmiş, en son tavada kalan kısmın da ağırlığı not edilerek geçen yüzdeler hesaplanmış ve yatay eksende dane çapı düşey eksende yüzde geçen alınarak eğri çizilmiştir.



Şekil 5.2. Kuru Elek Analizi Deneyi

5.4. Hazırlanan Karışımlar ve Kompaksiyon Deneyi

Sınıflama deneyleri tamamlandıktan sonra iyileştirme deneylerine geçilmiştir. İyileştirme yöntemi için ağırlıkça inşaat yıkıntı atığı ve uçucu külden %0, %5, %10, %15, %20, %25 oranlarında, kireçten ise sabit olarak %5 oranında alınarak 27 farklı karışım hazırlanmıştır. Bu karışımların içerikleri Tablo 5.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Deney Karışımları ve İçerdiği Malzemelerin Ağırlıkça Oranları

NO	İ.Y.A.	U.K.	KİREÇ	KAOLEN
1	0%	0%	0%	100%
2	0%	0%	5%	95%
3	5%	0%	5%	90%
4	5%	5%	5%	85%
5	5%	10%	5%	80%
6	5%	15%	5%	75%
7	5%	20%	5%	70%
8	10%	0%	5%	85%
9	10%	5%	5%	80%
10	10%	10%	5%	75%
11	10%	15%	5%	70%
12	10%	20%	5%	65%
13	15%	0%	5%	80%
14	15%	5%	5%	75%
15	15%	10%	5%	70%
16	15%	15%	5%	65%
17	15%	20%	5%	60%
18	20%	0%	5%	75%
19	20%	5%	5%	70%
20	20%	10%	5%	65%
21	20%	15%	5%	60%
22	20%	20%	5%	55%
23	25%	0%	5%	70%
24	25%	5%	5%	65%
25	25%	10%	5%	60%
26	25%	15%	5%	55%
27	25%	20%	5%	50%

Şekil 5.3.'de örnek bir karışımın hazırlanma aşamaları gösterilmiştir. Her bir karışım için belirtilen oranlarda malzemeler hassas terazide tartılıp hazırlandıktan sonra uygun genişlikte bir kaptta homojen şekilde karıştırılmıştır.



Şekil 5.3. Karışım hazırlama aşamaları

Her bir karışım için ayrı ayrı kompaksiyon eğrileri elde edilmiştir. Bazı karışımlarda 5 farklı su oranı yeterli olurken bazı karışımlarda deney sayısı 6'ya çıkarılmıştır. Kompaksiyon deneyi TS1900-1'de anlatıldığı şekli ile yapılmıştır. Belirli su muhtevasında homojen bir şekilde karıştırılan deney numuneleri hava almayacak şekilde paketlenip 24 saat bekletildikten sonra proktor kalıbında 3 tabaka halinde sıkıştırılmıştır. Her tabakada uygulanan tokmak vuruş sayısı 25' tir. Sıkıştırılan deney numunelerinin üzeri düzeltikten sonra tartılıp ağırlıkları not edilmiş, su muhtevası için örnek alındıktan sonra ikinci deneye geçilmiştir. Şekil 5.4.'de kompaksiyon deney aşamaları gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Kompaksiyon deney aşamaları

5.5. Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) Deneyi

Kompaksiyon deneyleri tamamlandıktan sonra her bir karışım için optimum su muhtevası değerleri elde edildikten sonra CBR için yeni karışımlar bu su muhtevalarına göre

tekrar hazırlanıp paketlenmiş halde 1 gün bekletilip modifiye proktor kalıbında TS1900-2’de anlatıldığı şekilde sıkıştırılıp küre bırakılmışlardır. 1, 7 ve 28 gün olmak üzere üç farklı kür süresini tamamlayan numuneler TS1900-2’de anlatıldığı şekli ile CBR (The California Bearing Ratio/Kaliforniya taşıma oranı) deneyine tabi tutulmuşlardır. Numuneye dikey olarak uygulanan yük altında oluşan deformasyonlara karşılık gelen gerilmeler not edilmiştir. 2,5 mm ve 5 mm deformasyonlarında okunan yükler, TS1900-2’de belirtilen standart yüklere (13,2 kN ve 20 kN) bölünerek taşıma oranları bulunmuştur.



Şekil 5.5. CBR deneyi

BÖLÜM 6. DENEY SONUÇLARI VE YORUM

Bu bölümde, bölüm 5’de anlatılan deneylerin sonuçları verilmiş ve sonuçlar grafiklerle yorumlanmıştır.

6.1. Piknometre Deney Sonuçları

Piknometre deneyinde özgül ağırlık 6.1’ de gösterilen formül ile hesaplanır.

$$G_s = \frac{M_2 - M_1}{M_4 + M_2 - M_1 - M_3} \quad (6.1)$$

G_s : Kullanılan zeminin özgül ağırlığı (g/cm^3)

M_1 : Hacim şişesinin kütlesi (gr)

M_2 : Hcim şişesi ile kuru zemin kütlesi (gr)

M_3 : Hacim şişesi, zemin ve sıvısının kütlesi (gr)

M_4 : Hacim şişesinin sadece sıvı ile dolu kütlesi (gr)

Formül 6.1 ile hesaplanan deney sonuçları Tablo 6.1.’ de verilmiştir.

Tablo 6.1. Piknometre deney sonuçları

	Kireç	Uçucu Kül	Kaolen Kili	İnşaat Yıkıntı Atığı
Deney No:1	2,25	1,94	2,32	2,62
Deney No:2	2,28	1,97	2,33	2,65
Deney No:3	2,27	1,98	2,36	2,61
Deney Ortalaması	2,27	1,96	2,34	2,63

Piknometre deneyinde daha güvenilir sonuçlara ulaşmak için her bir malzemede piknometre deneyi 3 kere tekrarlanmış, nihai sonuç olarak 3 değerın ortalaması kullanılmıştır. Piknometre deney sonuçlarına bakıldığında en yüksek özgül ağırlık değerinin inşaat yıkıntı atığına ait olduğu görülür. En düşük özgül ağırlık ise uçucu küle aittir.

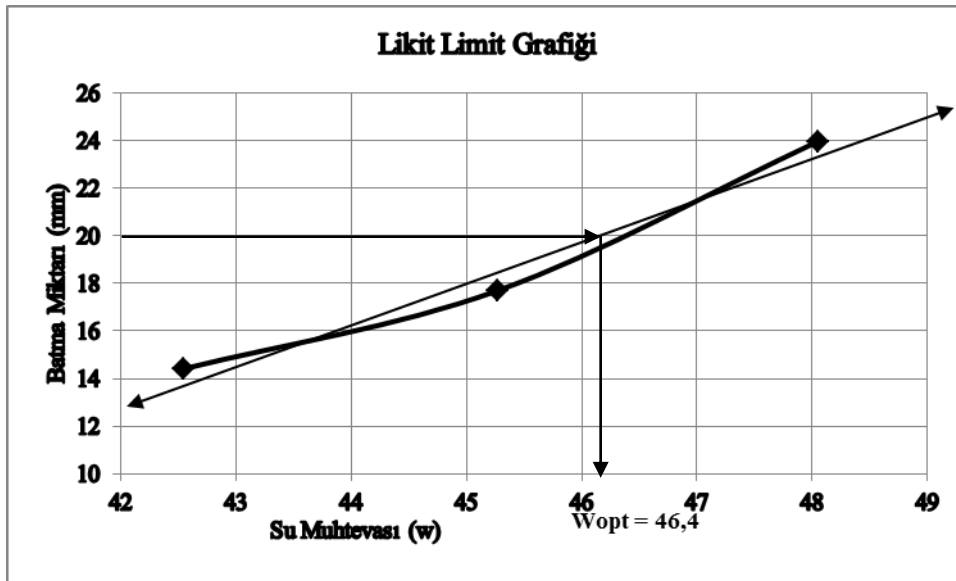
6.2. Atterberg Limitleri Deney Sonuçları

Kaolen kilinin ait olduğu zemin sınıfını bulmak için yapılan kıvam limit deney sonuçları Tablo 6.2’de verilmiştir.

Tablo 6.2. Likit limit ve plastik limit deney sonuçları

	1.Deney	2.Deney	3.Deney
Batma Miktarı (mm)	13,78	18,03	22,35
Batma Miktarı (mm)	14,52	17,86	26,01
Batma Miktarı (mm)	14,96	17,22	23,55
Batma Miktarı Ortalamaları (mm)	14,42	17,70	23,97
Su Muhtevası (%)	42,55	45,27	48,05
Plastik Limit (P.L.)	23,78		

Likit limiti bulmak için yatay eksende su muhtevalarının, dikey eksende ise batma miktarı değerlerinin olduğu bir grafik çizilir. Her bir batma miktarı değerinin ait olduğu su muhtevaları işaretlenerek ortaya çıkan noktalar doğrusal olarak birleştirilir. 20 mm’lik batma miktarının bu doğruyu kestiği noktaya denk gelen su muhtevası likit limit olarak alınır.



Şekil 6.1. Likit limit grafiği

Elde edilen likit limit ve plastik limit değerleri ile plastisite indisi hesaplanır.

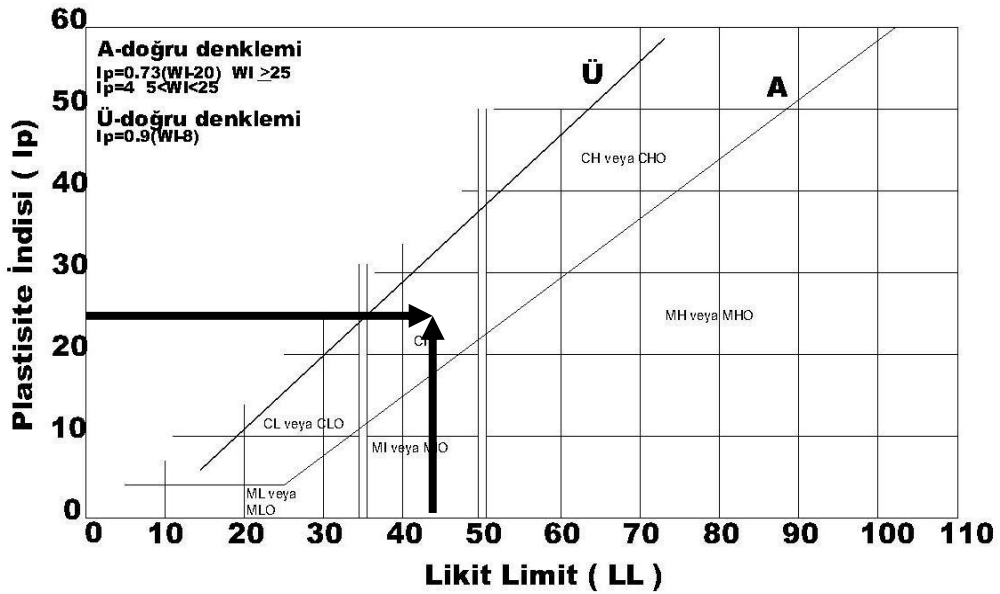
$$P.I. = L.L. - P.L. \quad (6.2)$$

P.I.= Plastisite indisi

L.L.= Likit limit değeri

P.L.= Plastik limit değeri

Şekil 6.1'den elde edilen 46,4 likit limit değeri ile Tablo 6.2'de görülen 23,78 değerleri Formül 6.2'de yerlerine konulduğunda plastisite indisi değeri 23,39 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Şekil 6.2.'de gösterilen TS1500'de yer alan abak üzerine işaretlenmiştir.

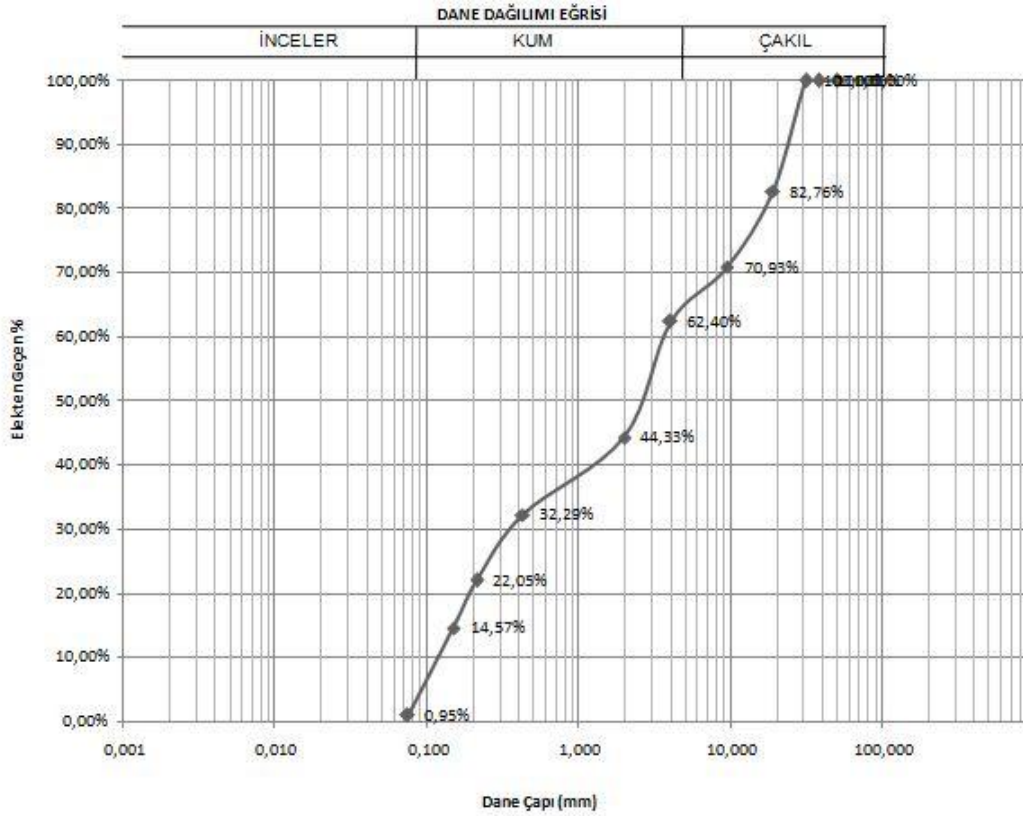


Şekil 6.2. Plastise kartı

Bulunan değerler plastise kartında işaretlenip kesişim noktasına bakıldığında kaolen kilinin zemin sınıfı "CL" olarak bulunmuştur.

6.3. Elek Analizi Deney Sonucu

Öğütülmüş olarak elde edilen inşaat yıkıntı atığına ait elek analizi sonucunda çizilen granülometre eğrisi Şekil 6.3. de gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Dane Dağılım Eğrisi

6.4. Kompaksiyon Deney Sonuçları

Sınıflama deneyleri tamamlandıktan sonra başlanan iyileştirme deneylerinin ilk aşaması kompaksiyon deneyi olmuştur. Hazırlanan 27 farklı karışımın her biri en az 5 farklı su muhtevasında sıkıştırılarak birim hacim ağırlık değerlerine karşılık gelen bu muhtevası değerleri elde edilmiştir. Çizilen kompaksiyon eğrilerinden ise her bir karışım için maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su muhtevası değerleri bulunmuştur. Elde edilen değerler Tablo 6.3’de verilmiştir.

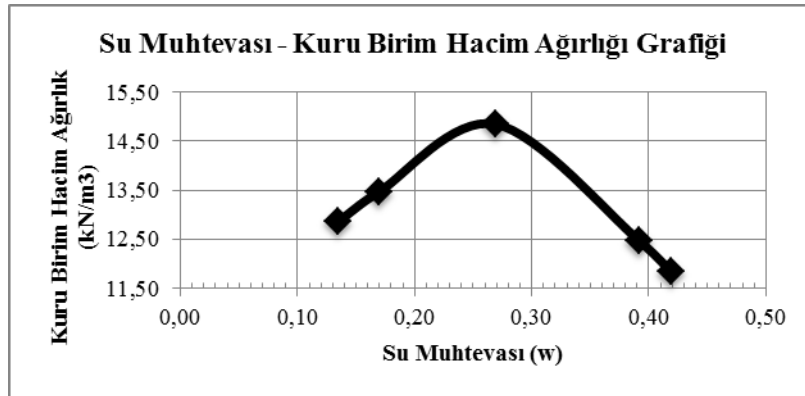
Tablo 6.3. Kompaksiyon deney sonuçları

KARIŞIM NO	KARIŞIM İÇERİKLERİ				MAKSİMUM KURU BİRİM HACİM AĞIRLIK	OPTİMUM SU MUHTEVASI
	İ.Y.A.	U.K.	KİREÇ	KAOLEN		
1	0%	0%	0%	100%	10,97	31
2	0%	0%	5%	95%	12,09	33,67
3	5%	0%	5%	90%	12,87	36,31
4	5%	5%	5%	85%	12,65	36,49
5	5%	10%	5%	80%	12,35	31,04

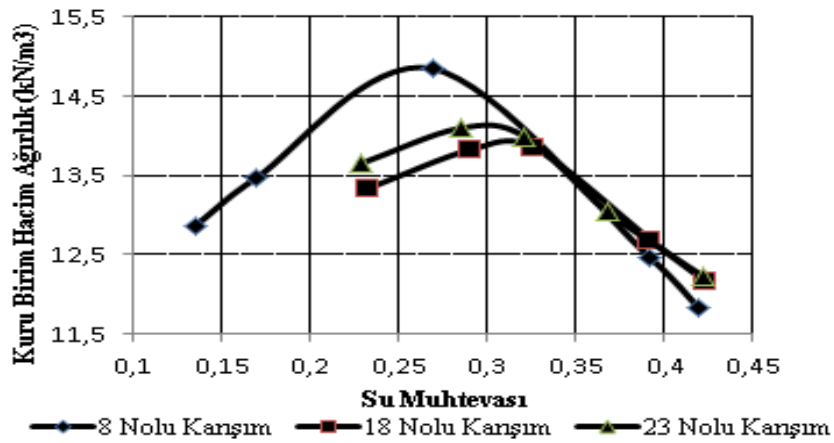
Tablo 6.4. Kompaksiyon deney sonuçları (Devamı)

KARIŞIM NO	KARIŞIM İÇERİKLERİ				MAKSİMUM KURU BİRİM HACİM AĞIRLIK (Y _k)	OPTİMUM SU MUHTEVASI (w)
	İ.Y.A.	U.K.	KİREÇ	KAOLEN		
6	5%	15%	5%	75%	11,32	29
7	5%	20%	5%	70%	11,01	33,2
8	10%	0%	5%	85%	14,19	35
9	10%	5%	5%	80%	12,2	29,1
10	10%	10%	5%	75%	11,92	31,3
11	10%	15%	5%	70%	11,67	26,7
12	10%	20%	5%	65%	10,92	31,12
13	15%	0%	5%	80%	12,97	36,58
14	15%	5%	5%	75%	12,23	36,5
15	15%	10%	5%	70%	12,59	28
16	15%	15%	5%	65%	12	26,2
17	15%	20%	5%	60%	11,31	28
18	20%	0%	5%	75%	13,85	32,5
19	20%	5%	5%	70%	13,43	29
20	20%	10%	5%	65%	12,45	28
21	20%	15%	5%	60%	11,98	29
22	20%	20%	5%	55%	12,25	37
23	25%	0%	5%	70%	14	32
24	25%	5%	5%	65%	13,34	27
25	25%	10%	5%	60%	12,89	28
26	25%	15%	5%	55%	12,2	29
27	25%	20%	5%	50%	11,58	29

Kompaksiyon deney sonuçlarına göre en yüksek kuru birim hacim ağırlık 8 numaralı karışımda elde edilmiştir. 8 numaralı karışımın içeriği; %10 inşaat yıkıntı atığı ve %5 kireçten oluşmaktadır. 18 ve 23 numaralı karışımlarında maksimum kuru birim hacim ağırlık değerleri 8 numaralı karışıma yakın çıkmıştır. Söz konusu karışımları kompaksiyon eğrileri Şekil 6.3. ve Şekil 6.4.' de verilmiştir.



Şekil.6.4. Sekiz Numaralı Karışımın Kompaksiyon Eğrisi



Şekil 6.5. Sekiz, Onsekiz ve Yirmi Üç Numaralı Karışımların Kompaksiyon Eğrileri

6.5. Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) DeneY Sonuçları ve SEM ile Yorumu

Kompaksiyon deneyleri tamamlandıktan sonra her bir karışım için elde edilen optimum su muhtevasında hazırlanan numunelere CBR deneyi uygulanmıştır. CBR deneyinde elde edilen sonuçlar Tablo 6.4'de verilmiştir.

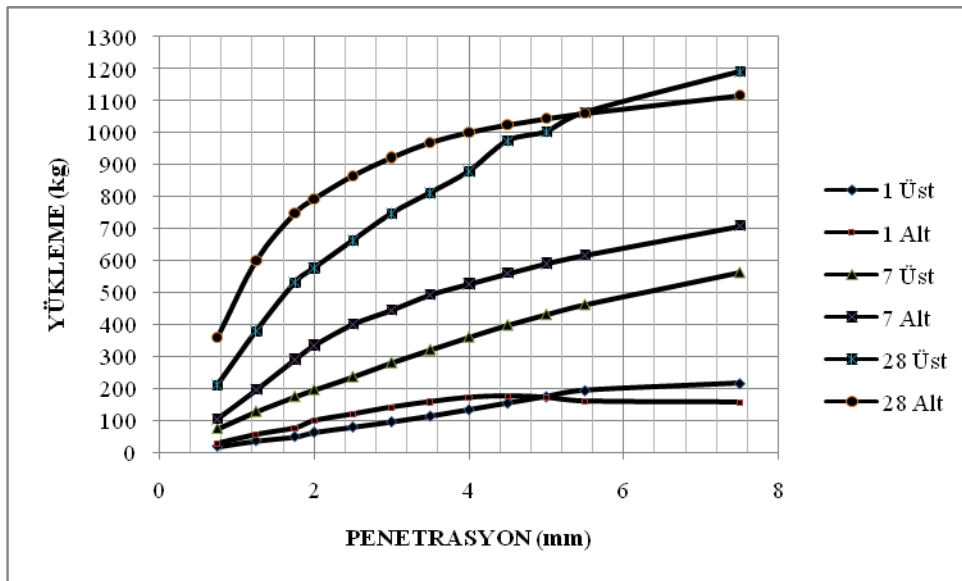
Tablo 6.5. CBR Deney Sonuçları

Karışım Numarası	KARIŞIM İÇERİKLERİ				CBR (%)
	İ.Y.A.	U.K.	KİREÇ	KAOLEN	
1	0%	0%	0%	100%	4,23
2	0%	0%	5%	95%	8,81
3	5%	0%	5%	90%	24,59
4	5%	5%	5%	85%	30,34
5	5%	10%	5%	80%	43,96
6	5%	15%	5%	75%	52,24
7	5%	20%	5%	70%	35,14
8	10%	0%	5%	85%	12,55
9	10%	5%	5%	80%	15,42
10	10%	10%	5%	75%	17,35
11	10%	15%	5%	70%	34,41
12	10%	20%	5%	65%	20,22
13	15%	0%	5%	80%	9,23
14	15%	5%	5%	75%	10,34
15	15%	10%	5%	70%	31,62
16	15%	15%	5%	65%	46,44
17	15%	20%	5%	60%	35,96
18	20%	0%	5%	75%	15,22
19	20%	5%	5%	70%	38,67
20	20%	10%	5%	65%	33,12
21	20%	15%	5%	60%	30,03
22	20%	20%	5%	55%	17,82
23	25%	0%	5%	70%	16,03
24	25%	5%	5%	65%	25,55
25	25%	10%	5%	60%	22,38
26	25%	15%	5%	55%	20,42
27	25%	20%	5%	50%	16,72

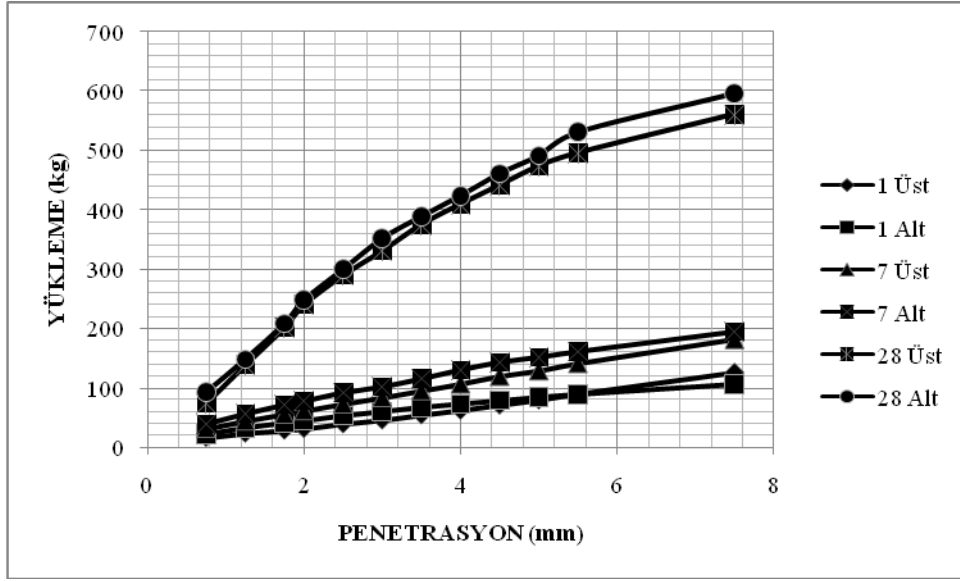
Tablo 6.4. incelendiğinde en yüksek CBR oranının %52,24 ile 6 numaralı karışımda olduğu görülmüştür. 6 numaralı karışımın içeriği %5 inşaat yıkıntı atığı, %15 uçucu kül, %5 kireçten oluşmaktadır. Kompaksiyon deney sonuçlarında en yüksek kuru birim hacim ağırlığı veren 8 nolu karışımın CBR yüzdesi ise 12,55 olarak ölçülmüştür. Kompaksiyon deneyinde en yüksek kuru birim hacim ağırlık değerinin elde edildiği 8 numaralı karışımdan en yüksek CBR sonucunun alınamamış olması kompaksiyon özelliklerinde sağlanan iyileşmenin taşıma gücü özelliklerine doğrudan etki etmediğini düşündürmüştür.

Tek başına inşaat yıkıntı atıkları ile sağlanan en yüksek taşıma gücü oranı ise 24,59 ile 3 numaralı karışımda elde edilmiştir. Karışımdaki inşaat yıkıntı atığı oranı %5'dir.

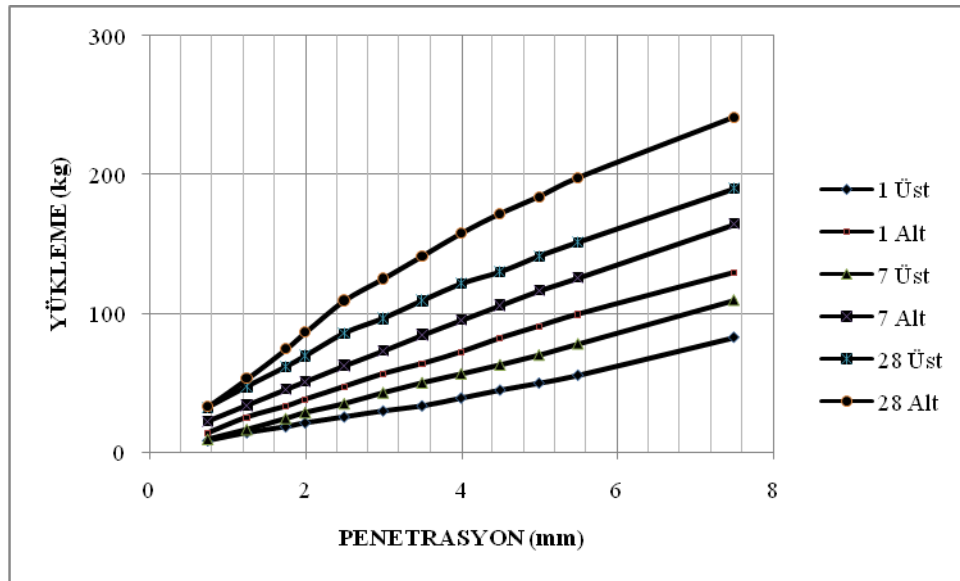
Tablo 6.4'de verilen sonuçlar 28 günlük kür sonucunda elde edilen değerlerdir. Deney aşamasında numuneler 1, 7 ve 28 günlük kürlere bırakılmış ve bekleme süresi arttıkça numunelerin taşıma oranı değerleri artmıştır. En yüksek taşıma gücü oranının elde edildiği karışım olan 6 numaralı karışımın ve uçucu külün olmadığı durumda en yüksek taşıma gücü oranı değerini veren 3 numaralı karışımın CBR eğrileri ile inşaat yıkıntı atığı ile sağlanan taşıma gücü artışında en düşük değeri veren 13 numaralı karışımın ve uçucu külün bulunduğu durumlar arasında en düşük taşıma gücü oranı değerinin elde edildiği 14 numaralı karışımların yükleme eğrileri sırası ile Şekil 6.5., Şekil 6.6., Şekil 6.7 ile Şekil 6.8'de verilmiştir.



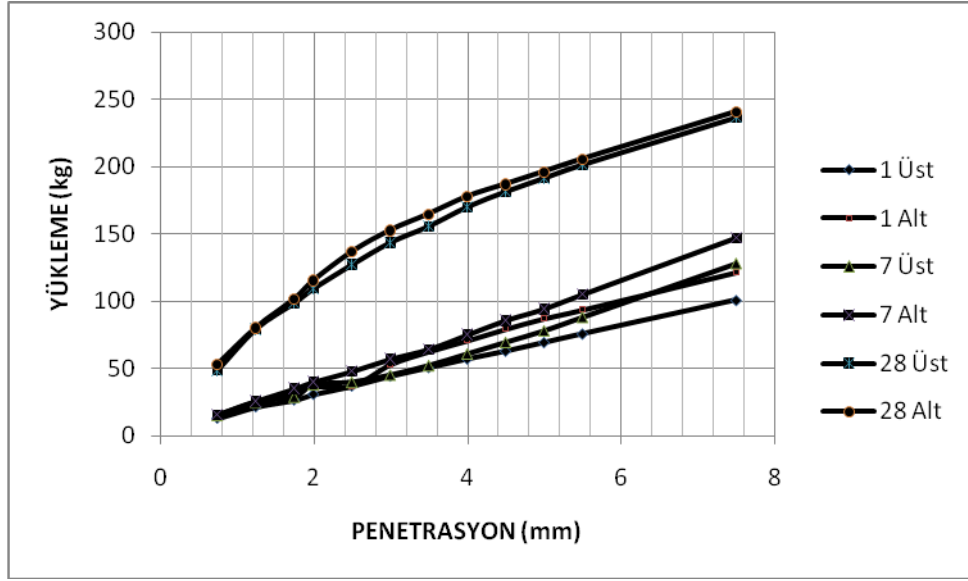
Şekil 6.6. Altı numaralı karışımın değişen kür süresine göre elde edilen yükleme değerleri



Şekil 6.7. Üç numaralı karşımın değişen kür süresine göre elde edilen yükleme değerleri

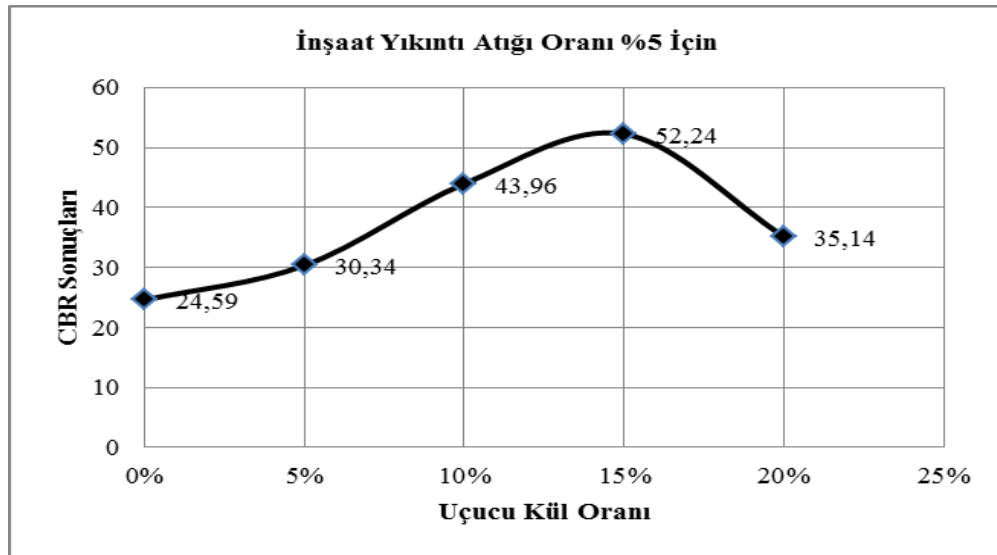


Şekil 6.8. On üç numaralı karşımın değişen kür süresine göre elde edilen yükleme değerleri



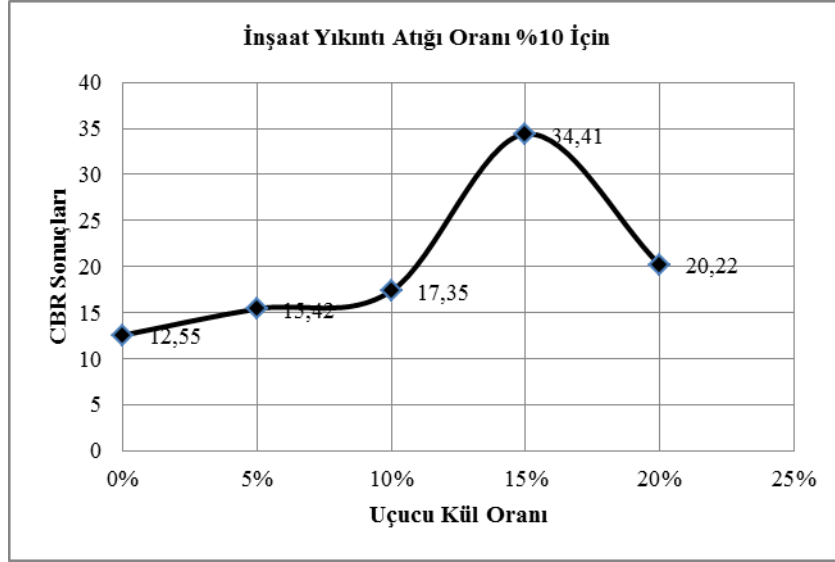
Şekil 6.9. On dört numaralı karşımın değişen kür süresine göre elde edilen yüklem değerleri

İnşaat yıkıntı atığı oranı sabit tutulduğunda değişen uçucu kül oranının taşıma gücü değerlerine etkisini görebilmek için Şekil 6.10., Şekil 6.11., Şekil 6.12., Şekil 6.13. ve Şekil 6.14 incelenmelidir.



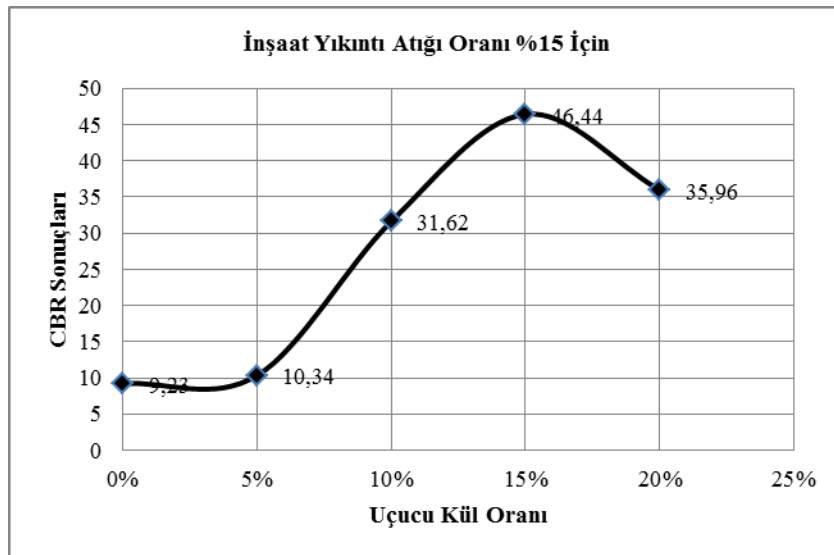
Şekil 6.10. İnşaat yıkıntı atığı oranı %5 için değişen uçucu kül oranlarında elde edilen CBR sonuçları

İnşaat yıkıntı atığının %5 olduğu durumda %15 uçucu kül oranında en yüksek CBR değeri elde edilmiştir. 52,24 olan bu değer aynı zamanda elde edilen en yüksek CBR sonucudur.



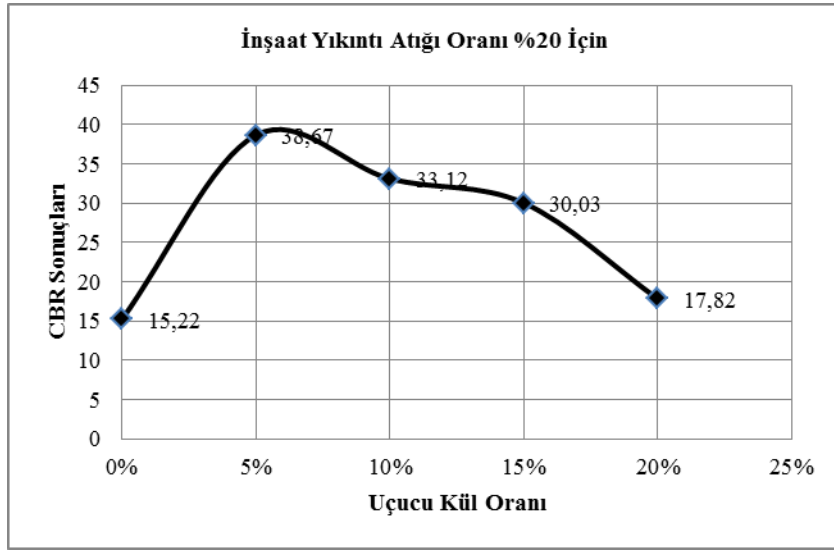
Şekil 6.11. İnşaat yıkıntı atığı oranı %10 için değişen uçucu kül oranlarında elde edilen CBR sonuçları

İnşaat yıkıntı atığının %10 olduğu durumda %15 uçucu kül oranında en yüksek CBR değeri elde edilmiştir. Uçucu kül %20'ye çıktığında ise maksimum CBR değerinden düşüş gözlenmiştir.



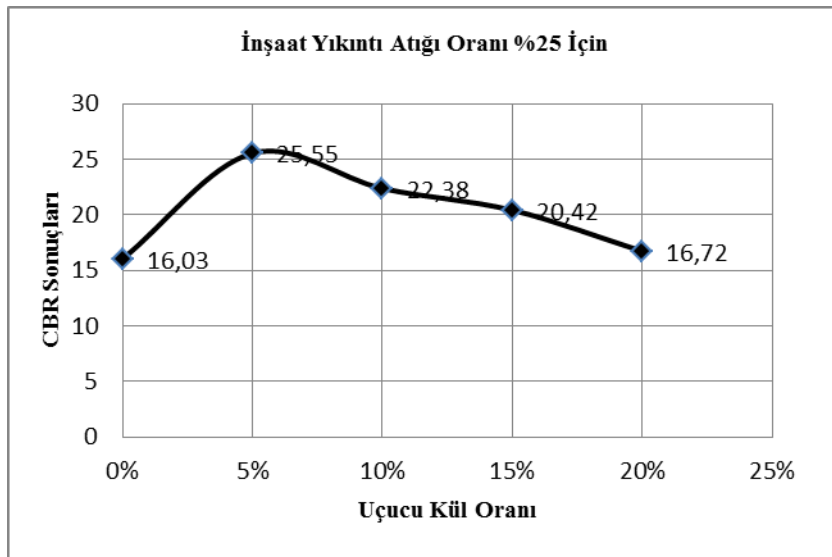
Şekil 6.12. İnşaat yıkıntı atığı oranı %15 için değişen uçucu kül oranlarında elde edilen CBR sonuçları

İnşaat yıkıntı atığının %15 olduğu durumda yine optimum uçucu kül oranı %15 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 6.13. İnşaat yıkıntı atığı oranı %20 için değişen uçucu kül oranlarında elde edilen CBR sonuçları

İnşaat yıkıntı atığı oranı %20'ye çıktığında ise en yüksek CBR değerinin elde edildiği uçucu kül oranı %5 olmuştur. Uçucu kül seviyesinin %5'i aştığı durumlarda CBR sonuçlarında düşüş gözlenmiştir.



Şekil 6.14. İnşaat yıkıntı atığı oranı %25 için değişen uçucu kül oranlarında elde edilen CBR sonuçları

İnşaat yıkıntı atığı oranı %25'e ulaştığında maksimum CBR değeri yine %5 uçucu kül oranında elde edilmiştir. Uçucu kül oranının arttığı numunelerin CBR sonuçlarında ise düşüş saptanmıştır.

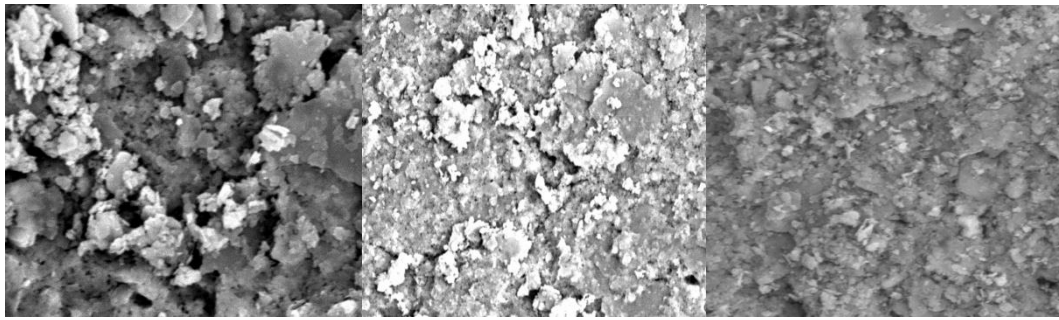
İnşaat yıkıntı atığının uçucu kül olmadan sağladığı taşıma gücü artışı değerleri artan kür süresine bağlı olarak Tablo 6.6.'da verilmiştir.

Tablo 6.6. Atık malzeme olarak sadece inşaat yıkıntı atığı içeren karışımların 1,7, ve 28 günlük CBR sonuçları

KARIŞIM NO	KÜR SÜRESİ		
	1 GÜN	7 GÜN	28 GÜN
3	4,25	7,62	24,59
8	5,28	6,57	12,55
13	3,55	4,69	9,23
18	6,5	13,38	17,93
23	5,37	11,25	16,03

Uçucu külün artan kür süresine bağlı olarak bir puzolonik aktivitesi olduğu bilinmektedir. Tablo 6.6.'daki sonuçlar incelendiğinde uçucu külün bulunmadığı, inşaat yıkıntı atığının sadece kireçle olduğu karışımlarda da artan kür süresine bağlı olarak taşıma gücü oranında bir artış olduğu görülmektedir. Bu durum inşaat yıkıntı atığının da benzer bir puzolonik aktiviteye sahip olabileceği anlamına gelmektedir.

Bu duruma kanıt olarak atık malzeme olarak sadece uçucu külün kullanıldığı karışımlardan en yüksek taşıma gücü oranını veren 3 numaralı karışımın SEM görüntüleri Şekil 6.15.'de görülmektedir.



(a)

(b)

(c)

Şekil 6.15. Üç numaralı karışımın 1(a), 7(b), 28(c) günlük XRD görüntüleri

Görüntülerdeki siyah noktalar boşlukları göstermektedir. Sırası ile 1,7 ve 28 günlük karışımlardan alınan bu örneklerde boş alanların giderek azaldığı görülmektedir. Bunun da dayanım artışı sağladığı düşünülmektedir.

BÖLÜM 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kentsel dönüşüm projesi çerçevesinde ortaya çıkacak olan inşaat yıkıntı atıklarının, killi zeminlerde dayanım gücü artışı sağlamak amacı ile kullanılabilirliği araştırılmıştır. Doğal zemin numunesi olarak kabul edilen kaolen kiline ağırlıkça 5 farklı oranda inşaat yıkıntı atığı katılmıştır. Puzolonik aktivitesi olduğu bilinen uçucu kül ve bu aktivite için gerekli olacak miktarda kireç de karışımlarda bulundurulmuştur.

Deneyler neticesinde inşaat yıkıntı atığının tek başına killi zeminin taşıma gücünü artırdığı saptanmıştır. %5 inşaat yıkıntı atığı ve %5 kireç katkısında elde edilen CBR sonucu %24,59 olmuştur. Bu da kaolen kilinin %4,23 olan taşıma gücü oranında %581 gibi bir oranla iyileşme olduğu anlamına gelmektedir.

Yapılan XRD çekimlerinde 1 gün, 7 gün ve 28 gün olarak ayarlanan kür süreleri boyunca karışımlardaki boşluk miktarının azaldığı gözlemlenmiştir. Bu da inşaat yıkıntı atıklarının dayanım kazandırma özelliğini açıklamaktadır.

En yüksek taşıma gücü oranına ise 52,24 değeri ile 6 numaralı karışımda ulaşılmıştır. 6 numaralı karışımda ağırlıkça %15 oranında uçucu kül bulunmaktadır. Bu da uçucu külün bulunduğu durumlarda çok küçük yüzey alanına sahip olan ve güçlü puzolonik aktivitesi olduğu bilinen uçucu küllerin, inşaat yıkıntı atığı ile sağlanan puzolonik aktivitenin önüne geçtiğini göstermektedir.

Bu sonuçlara göre katkı malzemeleri ile iyileştirme sağlanacak olan ulaşım yapılarında taşıma oranı değerinin %50 seviyelerinde olması isteniyorsa, inşaat yıkıntı atığının uçucu kül ile beraber; eğer istenen taşıma oranı %20 seviyelerinde ise inşaat yıkıntı atığının tek başına kullanılması uygundur denilebilir.

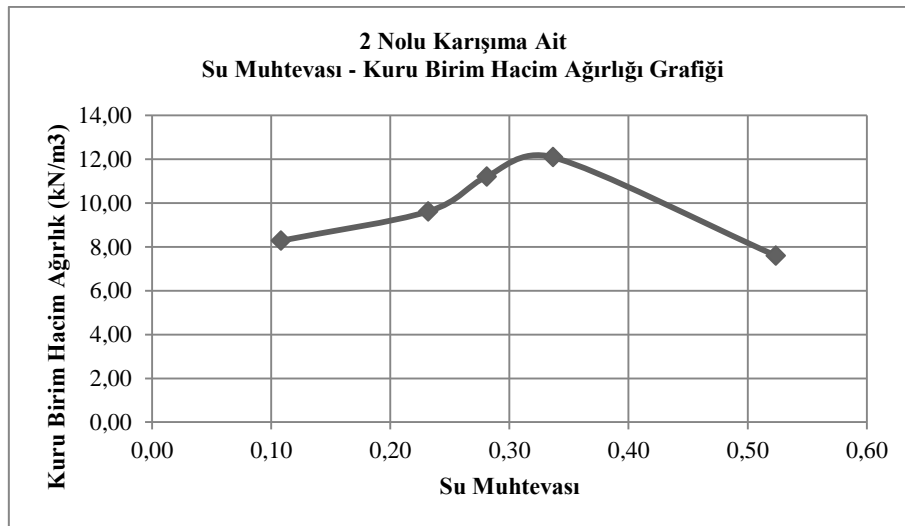
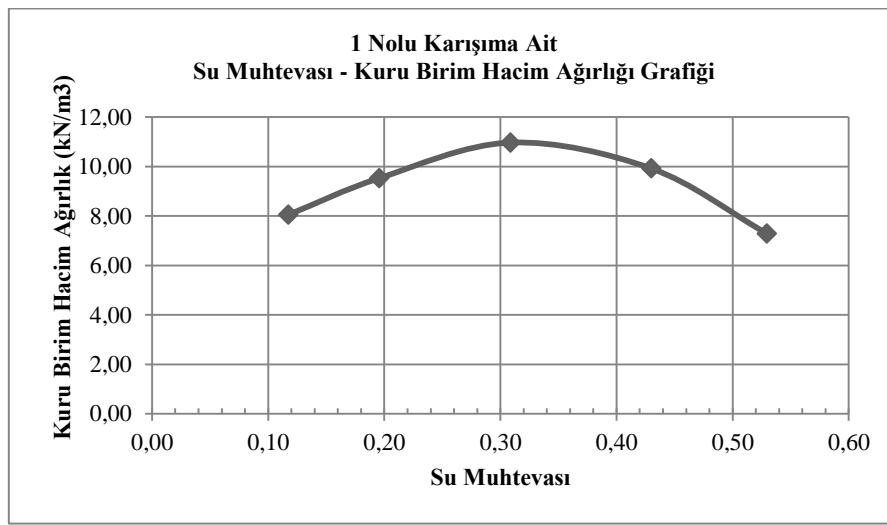
KAYNAKLAR

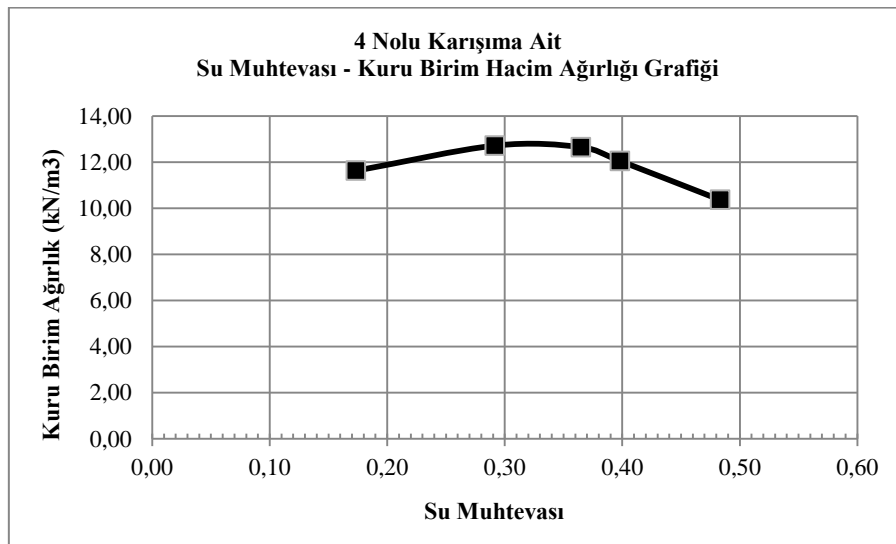
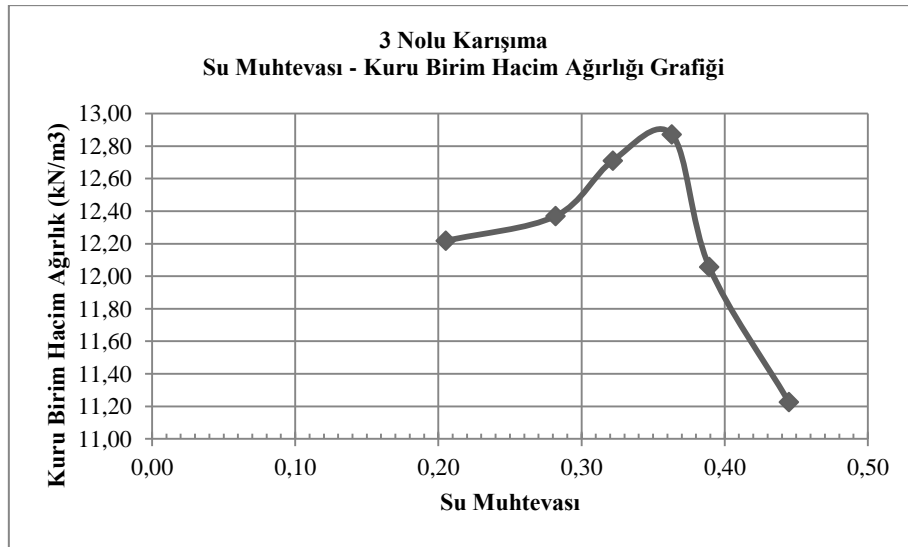
- [1] ÖZTOPRAK, S., Zeminlerin iyileştirilmesi: Yöntemlere genel bir bakış ve uygulamadan örnekler, İMO, İstanbul, 2011
- [2] ÖZAYDIN, K., Zemin mekaniği ve temel mühendisliği on dördüncü ulusal kongresi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul, 2012
- [3] CÖMERT, A. T., Uçucu küllerin zemin stabilizasyonuna etkileri, Yüksek lisans tezi , Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Sakarya, 2005
- [4] YAZICI, M., Kentsel dönüşüm nedir?, <http://www.bilgiustam.com/kentsel-donusum-nedir/>, Nisan, 2015
- [5] CELEP, Z., Deprem mühendisliğine giriş, Beta basım yayın dağıtım İstanbul, 2004
- [6] Boğaziçi üniversitesi kandilli rasathanesive deprem araştırma enstitüsü www.koeri.boun.edu.tr/sismo/, Ağustos, 2013
- [7] Kentsel dönüşüm kanunu (Afet riskli yapıların yenilenmesi ile ilgili kanun), Türkiye, 2012
- [8] 12 adımda kentsel dönüşüm, <http://www.kentseldestek.com/12-adimda-kentsel-donusum>, Nisan, 2015
- [9] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İstanbul altyapı ve kentsel dönüşüm müdürlüğü, riskli yapı süreci, <http://www.csb.gov.tr/iller/istanbulakdm/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=webmenu&Id=10106>, Nisan, 2015
- [10] Kentsel dönüşüm nedir?, <http://www.tektaskentseldonusum.com/index.php/bilgi-edinme/kentsel-donusum-nedir>, Nisan 2015
- [11] ÖLMEZ, E., YILDIZ, S., İnşaat ve yıkıntı atıklarının yönetimi ve planlanan İstanbul modeli, Kent yönetimi, insan ve çevre sorunları sempozyumu, Kasım 2008

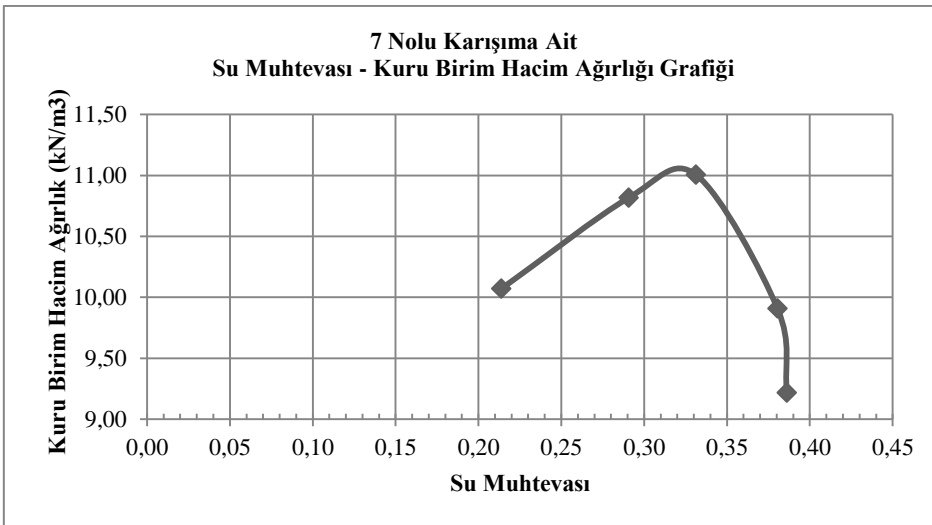
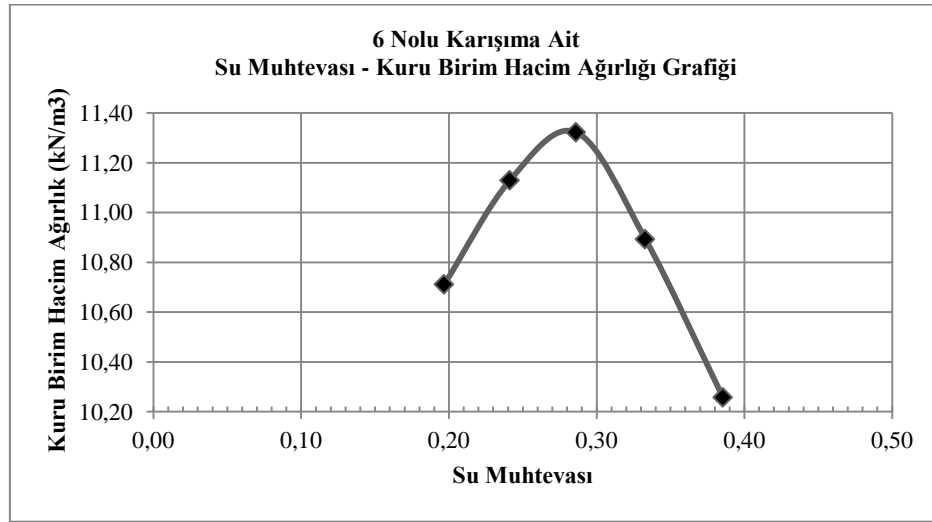
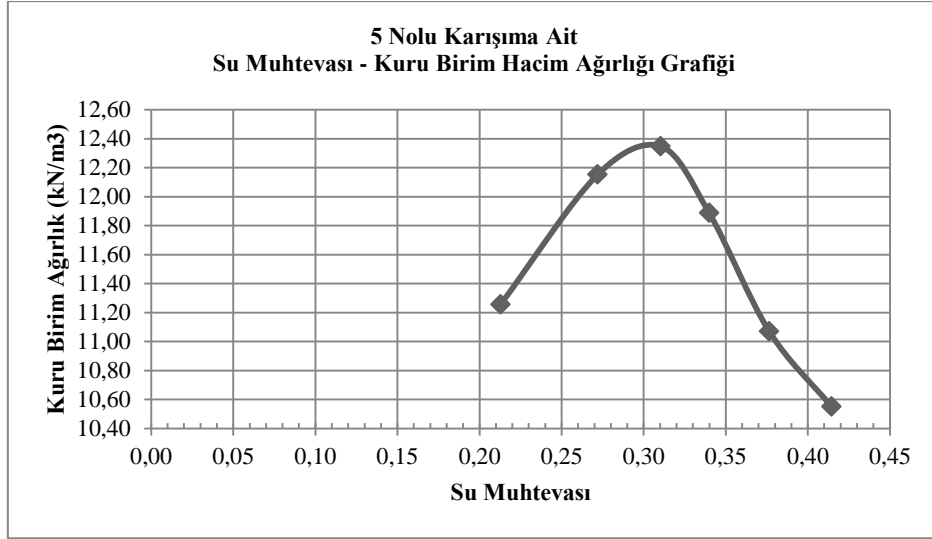
- [12] COŞGUN, N., GÜLER, T., DOĞAN, B., Mimarlık yapısal atıkların önlenmesinde/azaltılmasında tasarımcının rolü, Mimarlık dergisi, 2009
- [13] TAM, V.W.Y., ve TAM, C.M., Re-use of construction and demolition waste in housing developments, Nova science publications, New York, ss.1-2, 2008
- [14] Hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıklarının kontrolü yönetmeliğı, Çevre ve orman bakanlığı, 2004
- [15] KILIÇ, N., Kentsel dönüşümde geri dönüşüm atağı, AR&GE bülten-sektörel, 2012
- [16] TOPAL, S., Yapısal atıkların geri dönüşüm potansiyellerinin araştırılması, Yüksek lisans tezi, Gebze, 2009
- [17] ÖNALP, A., İnşaat mühendislerine geoteknik bilgisi, Cilt 2, ss. 1147, 1983
- [18] YILDIRIM, S., Zemin incelemesi ve temel tasarımı, Birsen yayınevi, ss. 438-439, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2009
- [19] AYTEKİN, M., Deneysel zemin mekaniğı, Genişletilmiş ikinci baskı, ss.217, Teknik yayınevi, Türkiye, 2004
- [20] BALTA, İ., Doğu karadeniz bölgesi topraklarının çimento ve kireçle stabilizasyonu, Doktora tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1984
- [21] AKYARLI, A., KAVAK, A., ATAY, S., ALKAYA, S., Killi zeminlerin kireç ile iyileştirilmesi, TSE-Standart ekonomik ve teknik dergi, Türkiye, 2009
- [22] TUNCAN, A., TUNCAN, M., KOYUNCU, H., SOYAL, A. K., Petrollü sondaj atıkların yol alt malzemesi olarak değerlendirilmesi, Zemin mekaniğı ve temel mühendisliğı altıncı ulusal kongresi, İzmir , 1996
- [23] [KOYUNCU, H., Stabilizasyon/Solidifikasyon Yöntemiyle İyileştirilmiş Petrollü Sondaj Atıkların Fiziko-Kimyasal Mikro-Yapısal ve Geoteknik Özellikleri, Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi, 1998]
- [24] AKSOY, H. S., YILMAZ, M., AKARSU, E. E., Killi zeminin tunçbilek uçucu külü kullanılarak stabilizasyonu, 2.Geoteknik Sempozyumu, 2007
- [25] İMANÇLI, G., Uçucu küllerin zemin özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 2002
- [26] X-Işını Kırınımı (XRD), <http://www.jal.itu.edu.tr/Icerik.aspx?sid=10416> , Mayıs, 2015

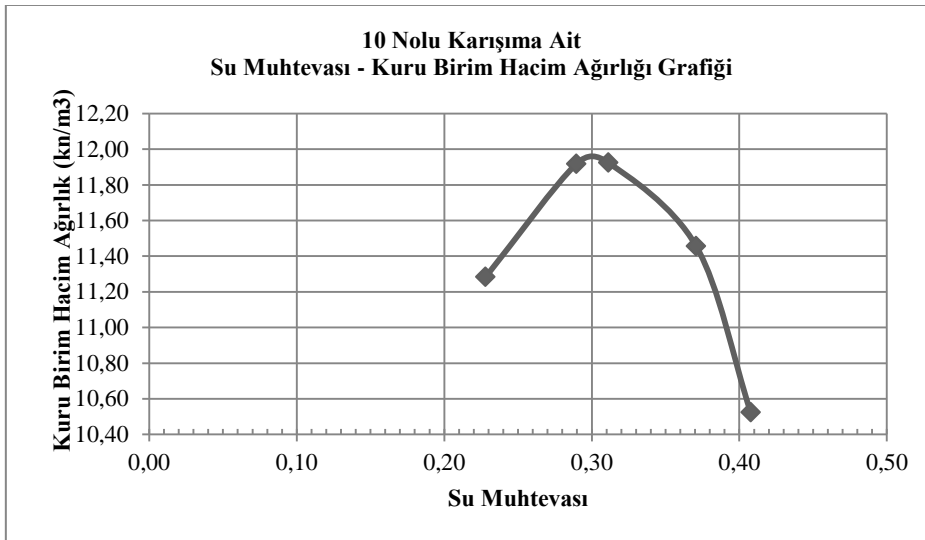
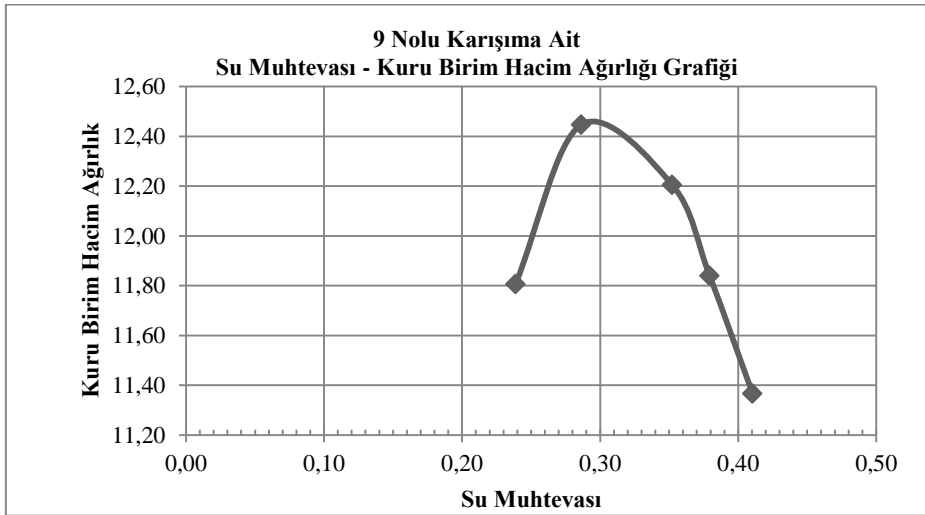
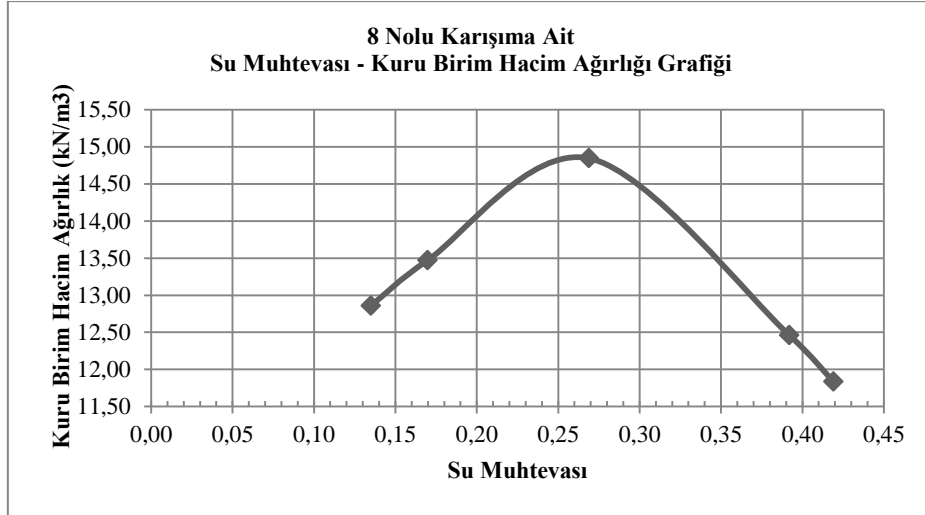
EKLER

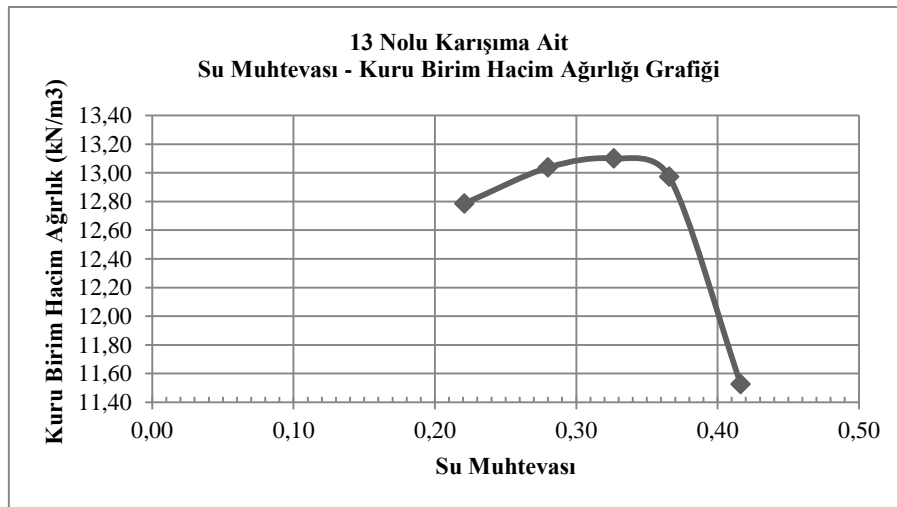
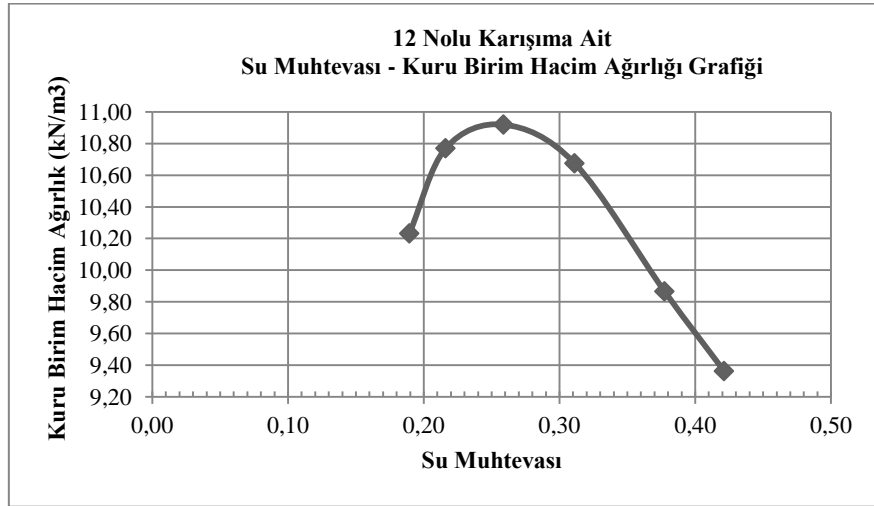
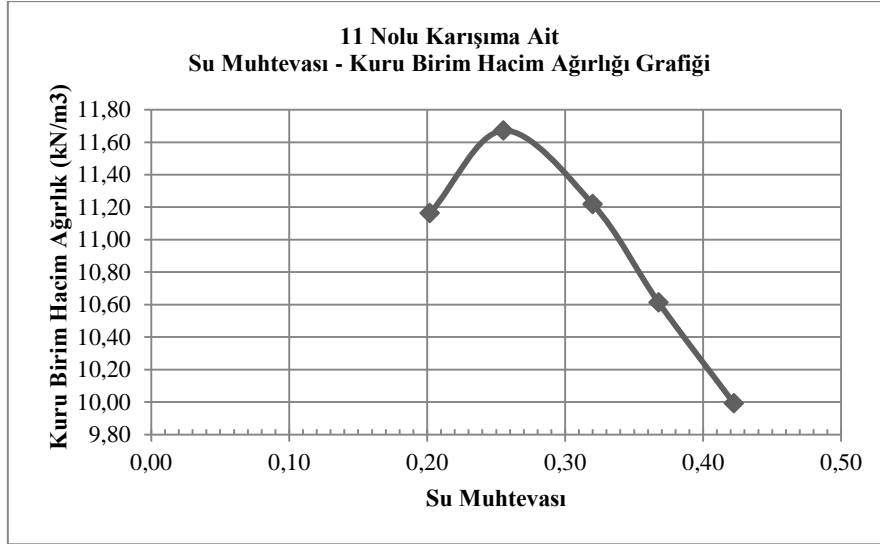
EK A: CBR deney sonuçları

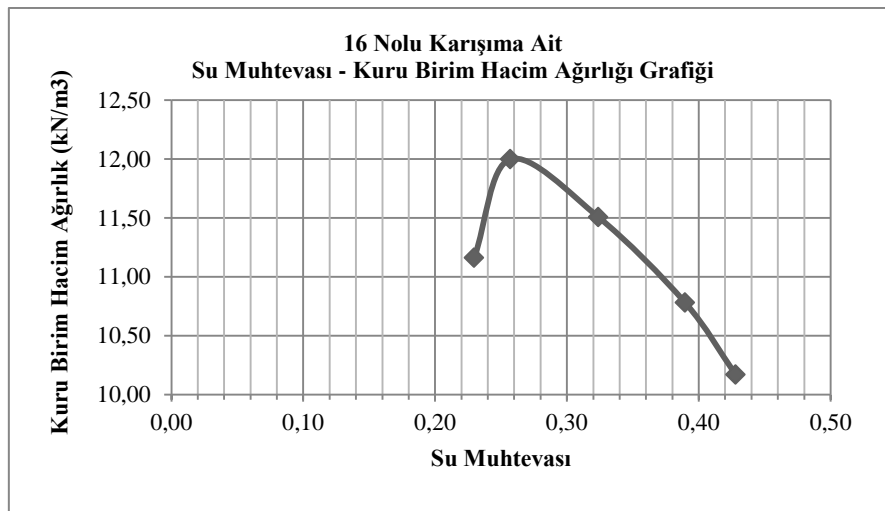
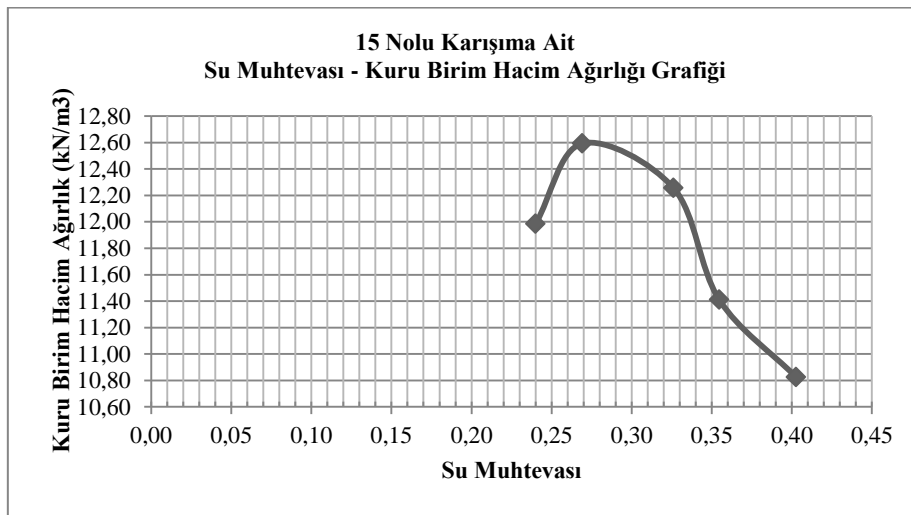
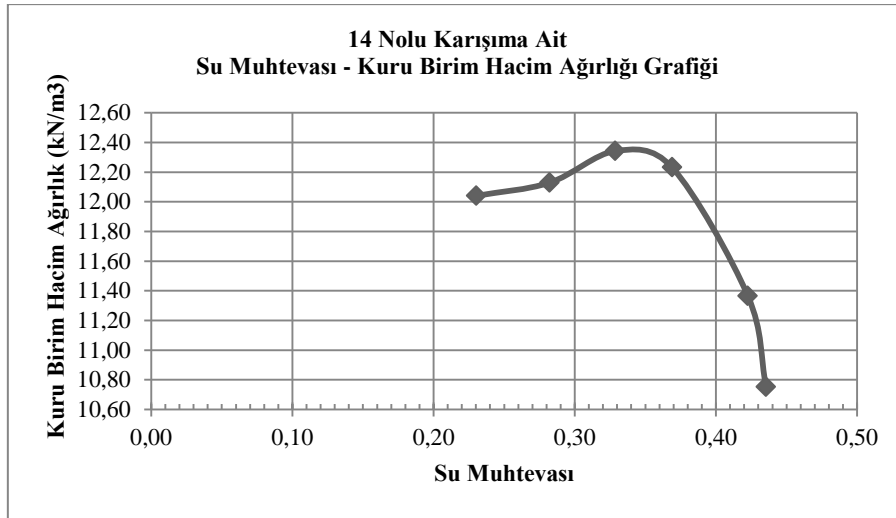


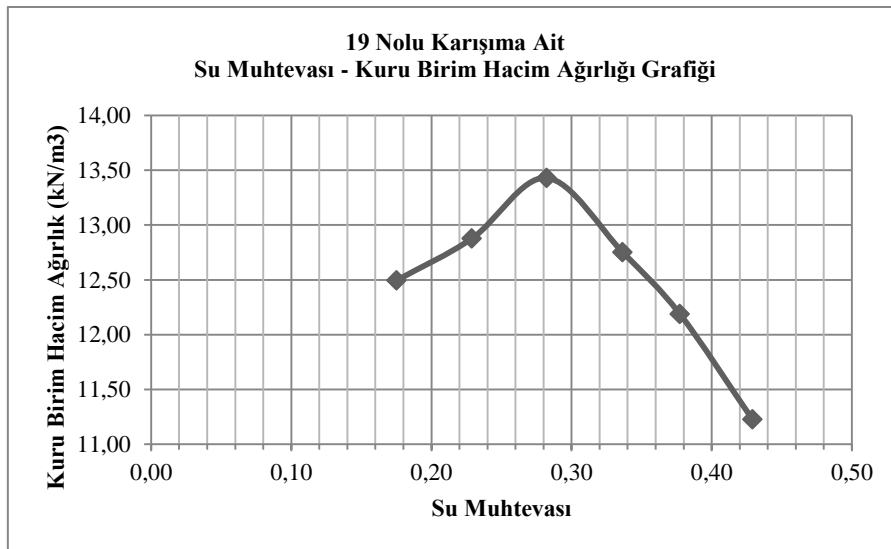
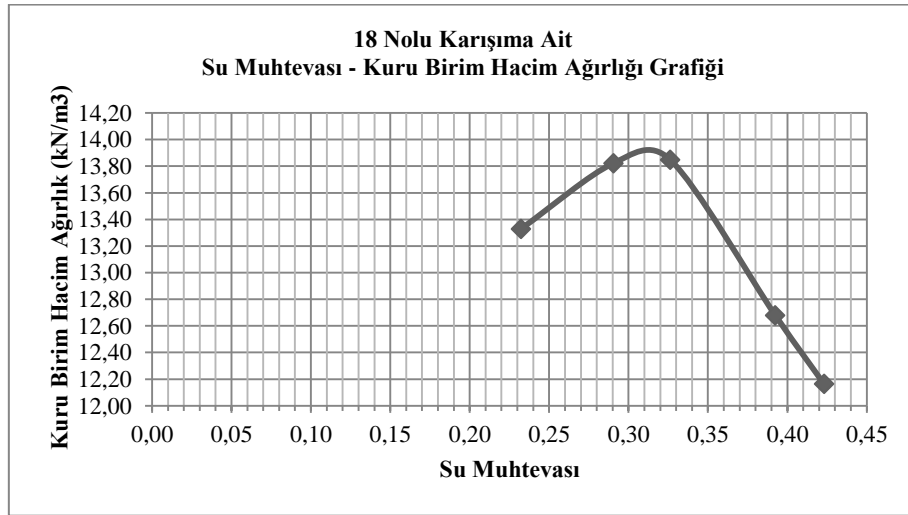
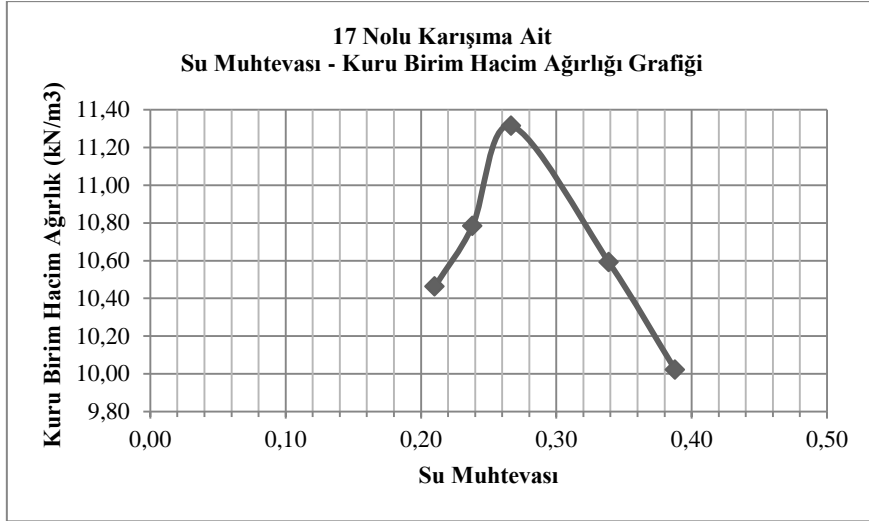


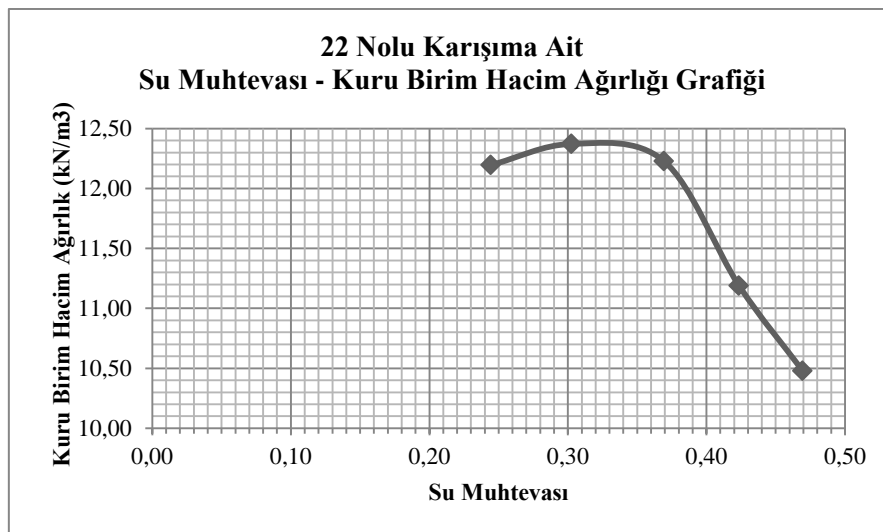
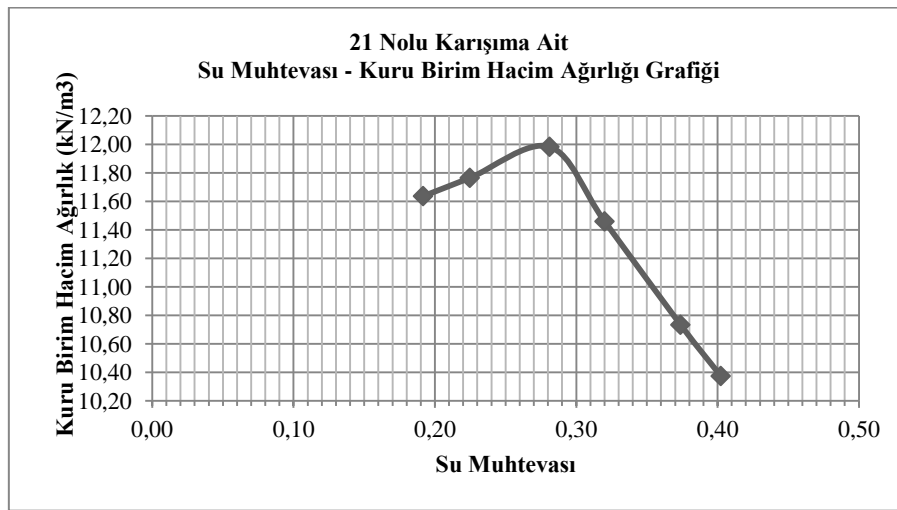
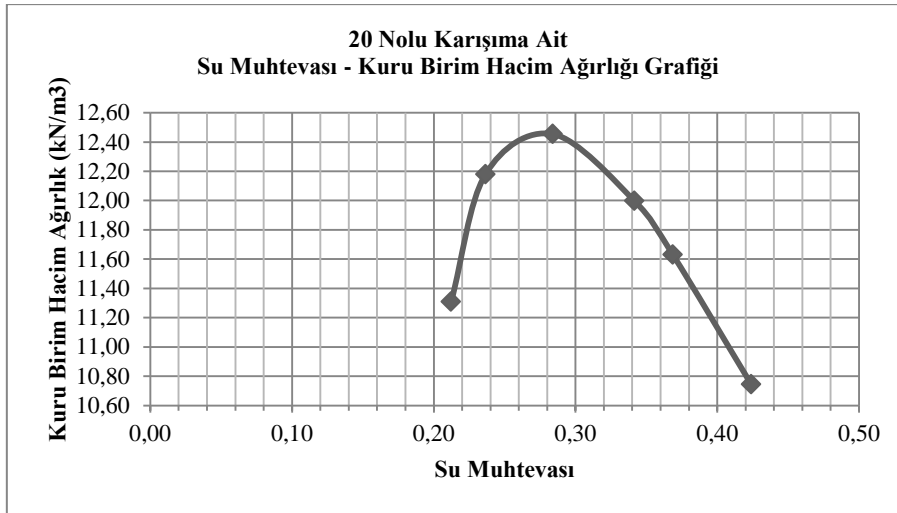


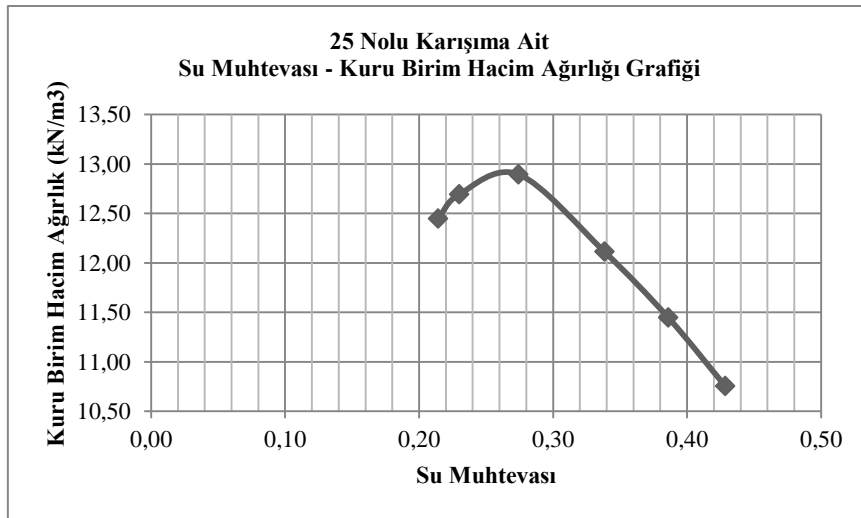
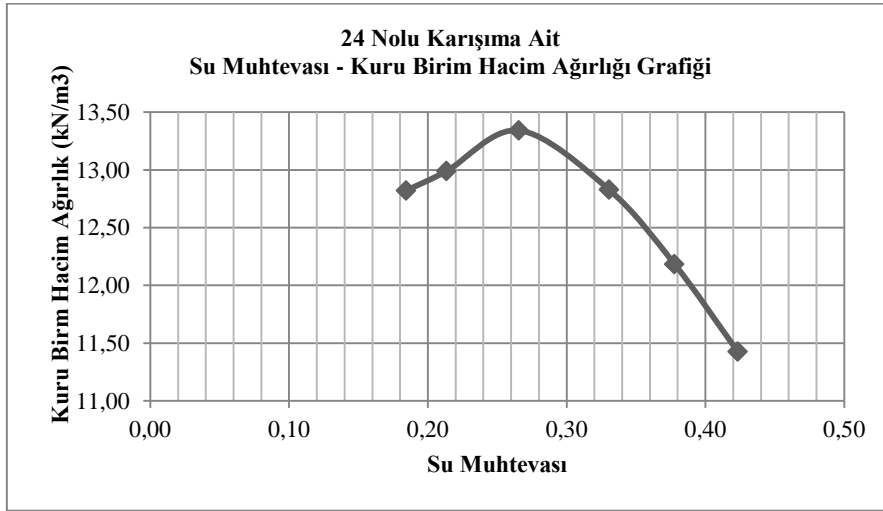
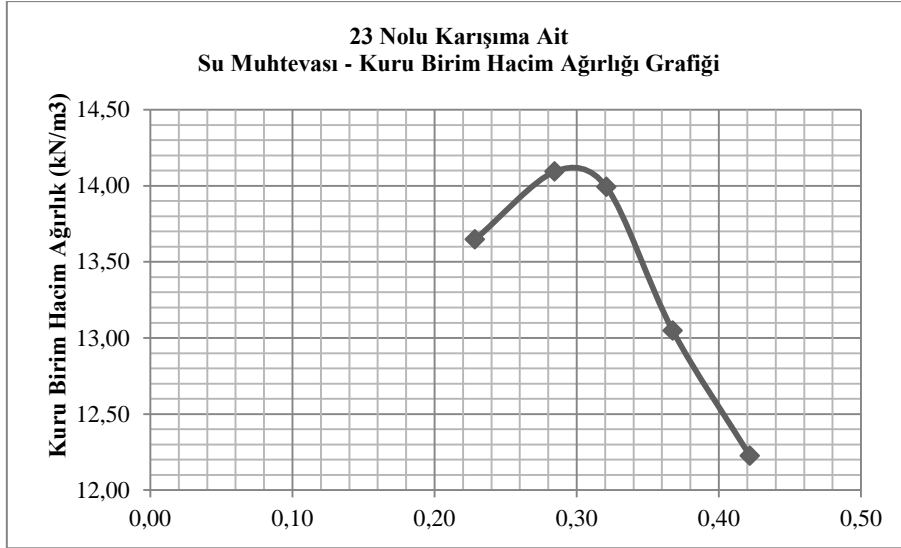


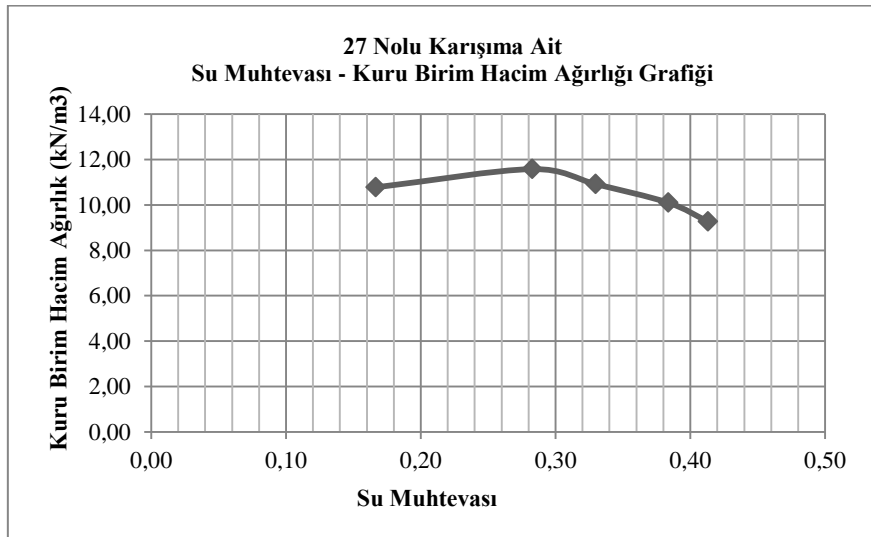
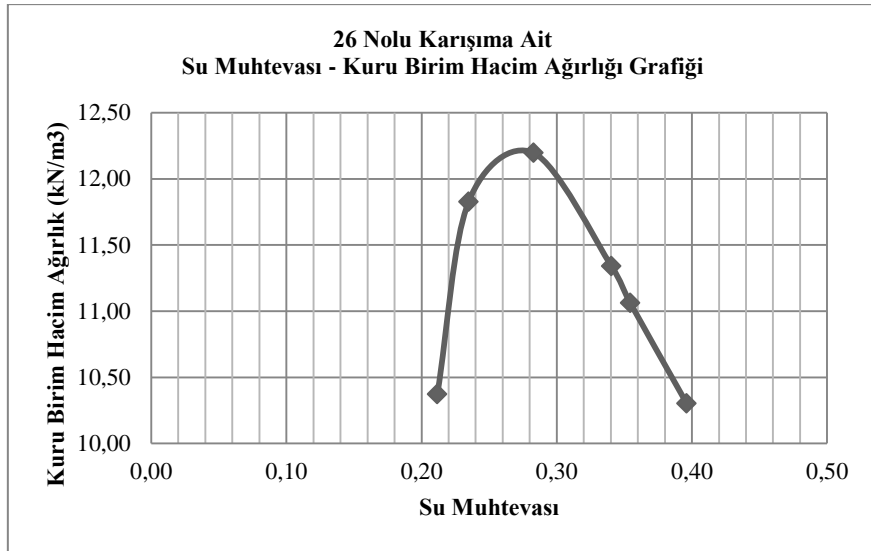






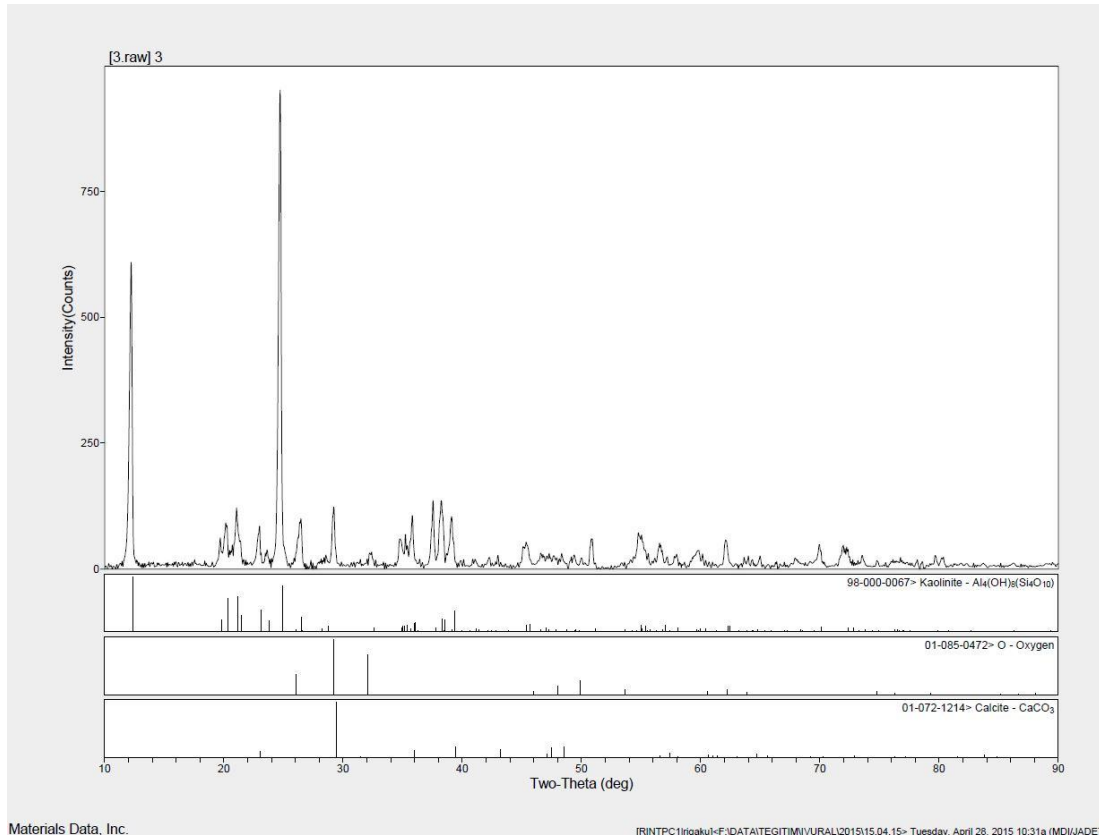




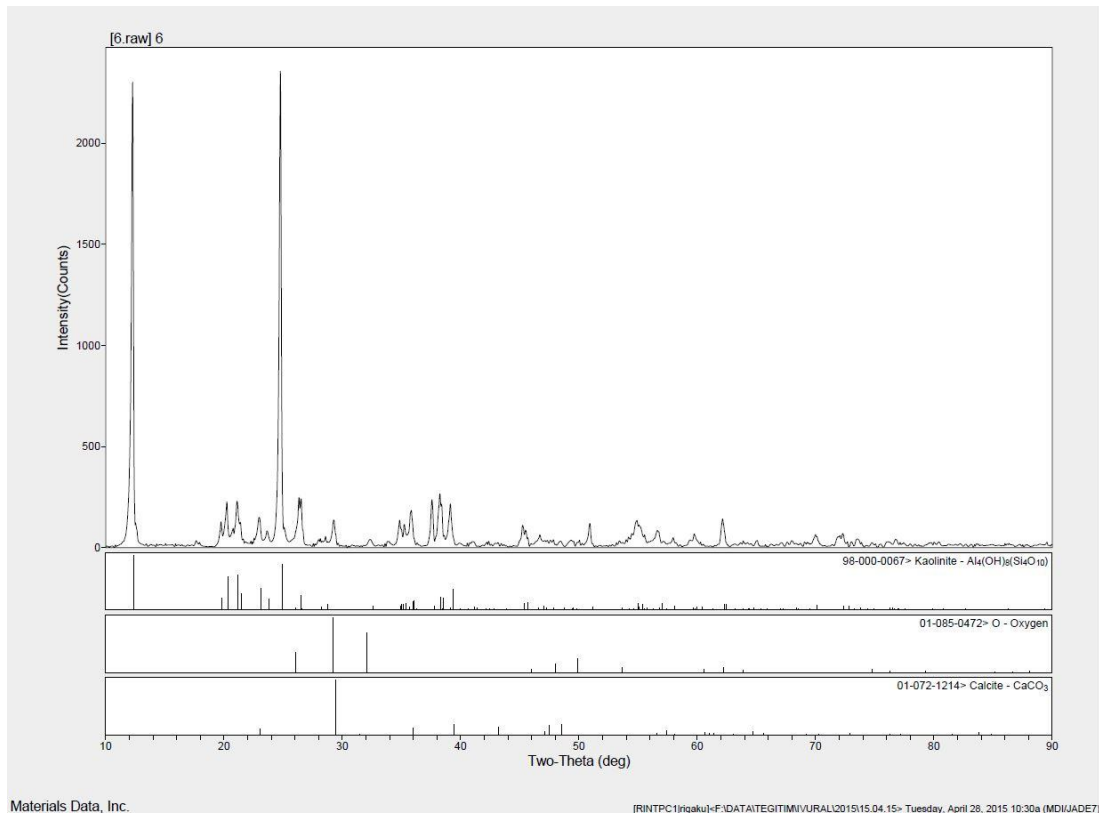


EK B:XRD Sonuçları

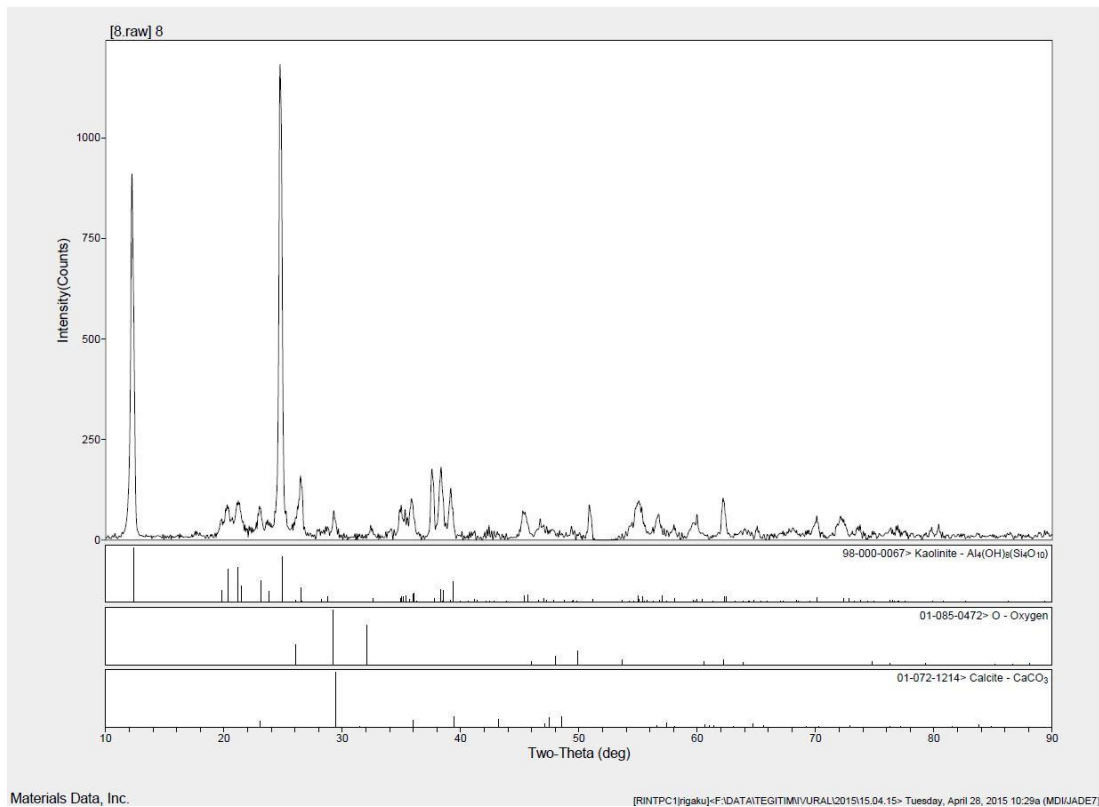
XRD, X-ışını denilen ultraviyole ışıdan daha kuvvetli olarak bilinen fakat gamma ışınından daha zayıf enerjili ışın kullanılarak yapılan analizi temel alır. XRD denilen aletler ile yapılan bu karakterizasyonda numune türüne göre hangi minerallerden oluştuğunu belirler. Çalışma prensibi olarak öğütülmüş numuneye X-ışını göndererek kırılma ve dağılma verileri toplaması söylenebilir. Kristal yapısına göre ışını farklı açılarda ve şiddette kıran örnekler çok hassas biçimde ve çok kısa sürede izlenebilmektedir.



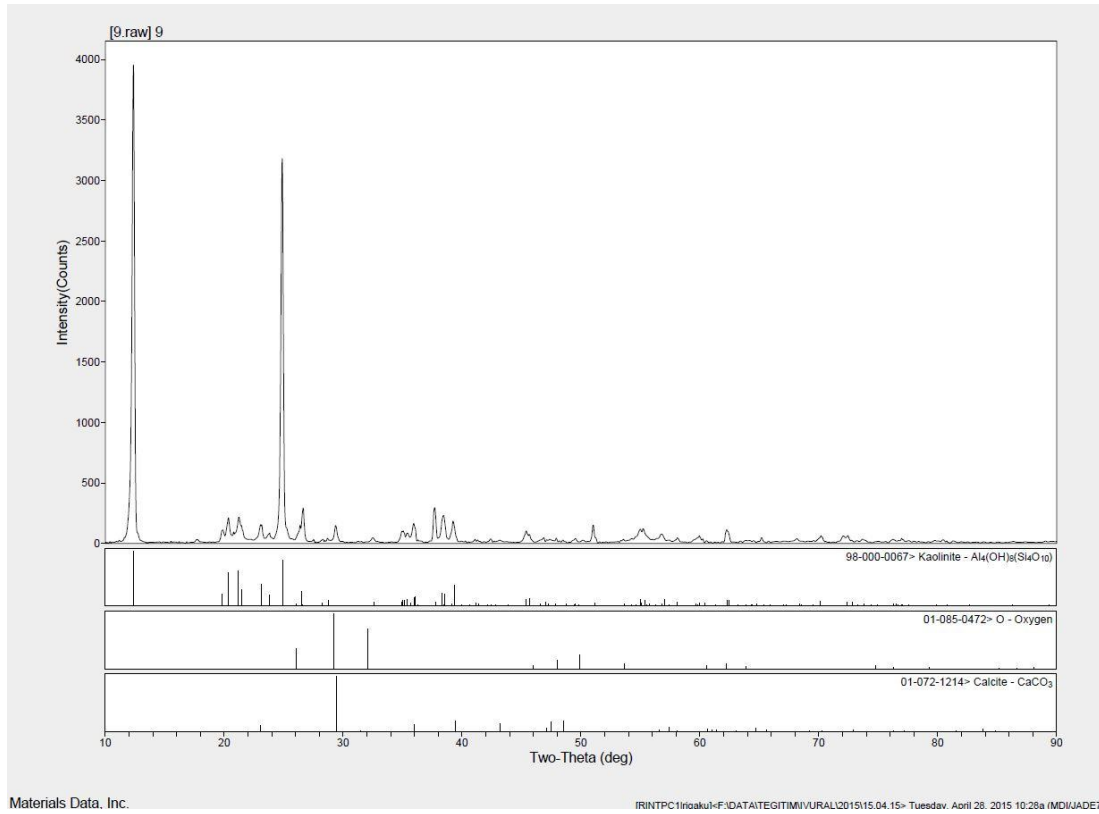
3 Nolu Karışıma Ait XRD Sonucu



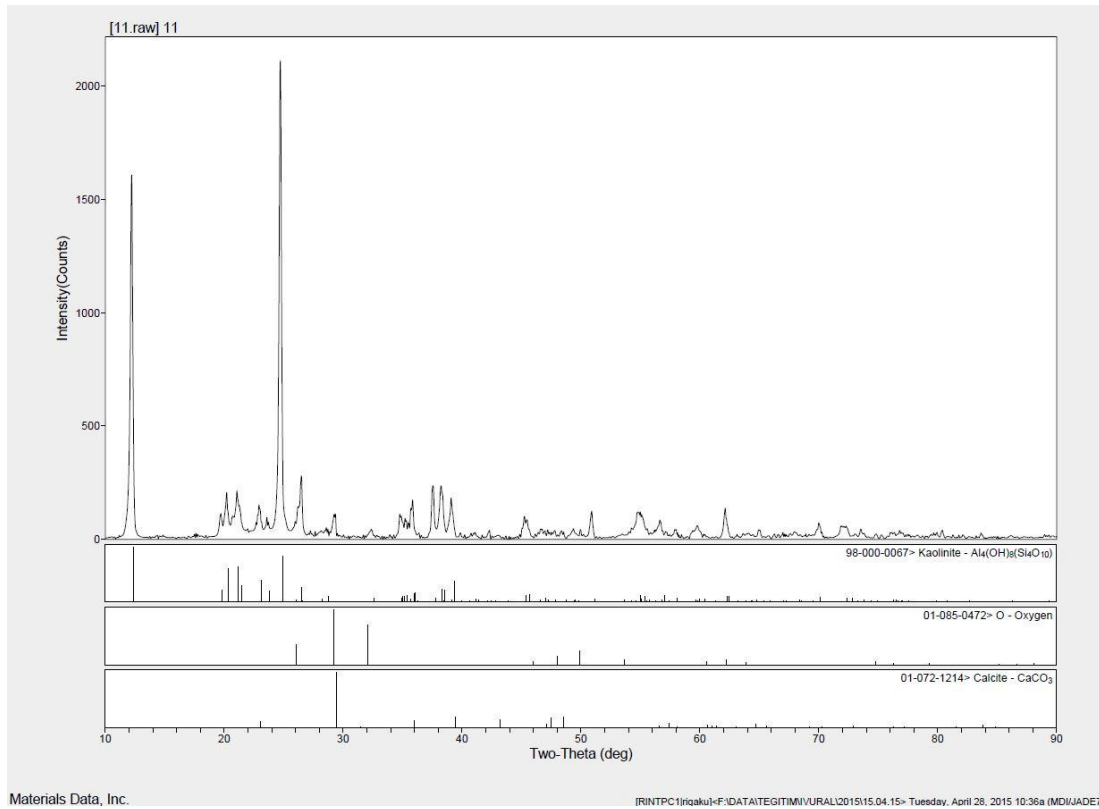
6 Nolu Karışıma Ait XRD Sonucu



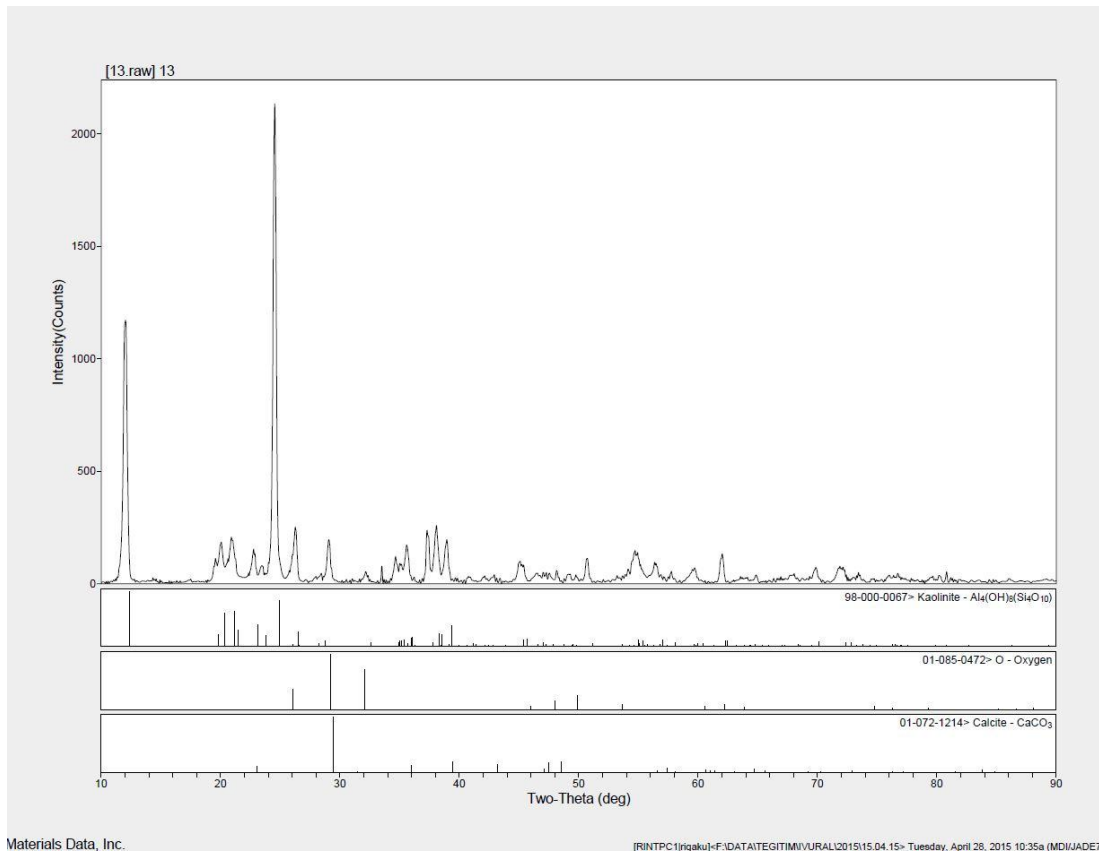
8 Nolu Karışıma Ait XRD Sonucu



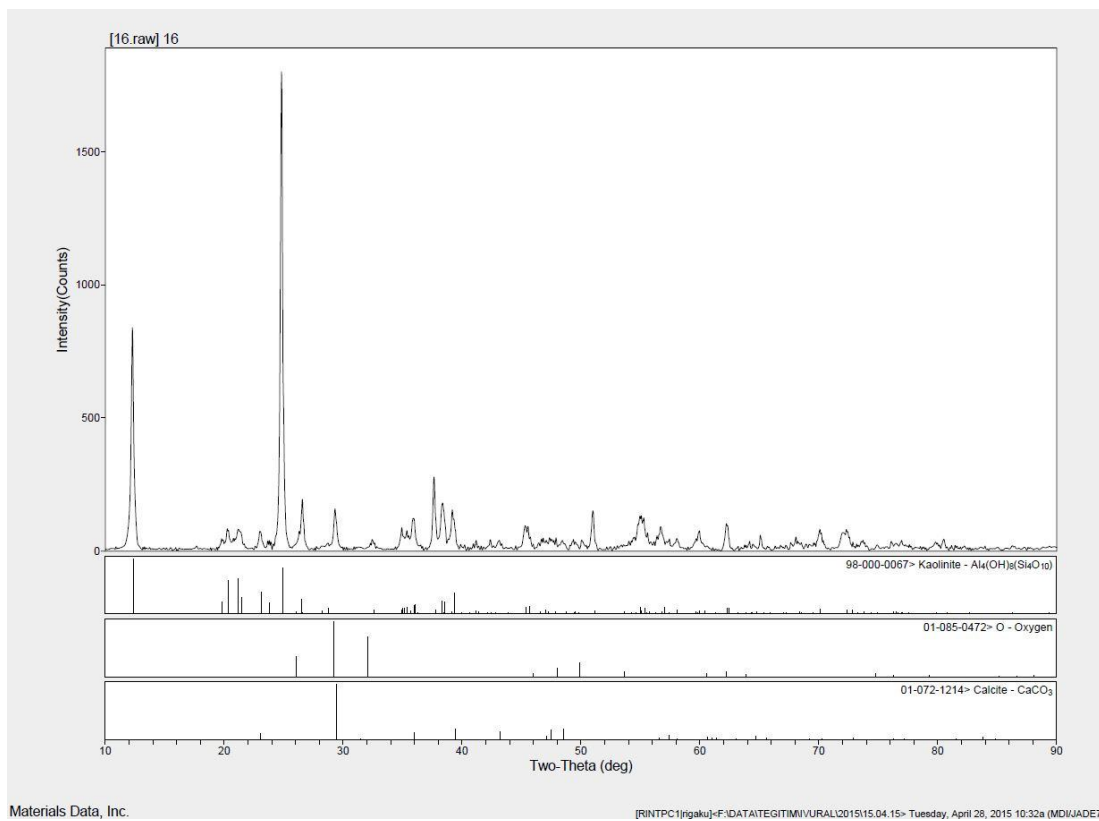
9 Nolu Karışıma Ait XRD Sonucu



11 Nolu Karışıma Ait XRD Sonucu



13 Nolu Karışıma Ait XRD Sonucu



16 Nolu Karışıma Ait XRD Sonucu

ÖZGEÇMİŞ

Zeynep Kalem, 26.04.1990 tarihinde Kars'da doğdu. İlkokul birinci sınıfı Kars'da tamamladıktan sonra Sakarya'ya taşınarak, ilk, orta ve lise eğitimini Sakarya'da tamamladı. 2007 yılında Özel Kerime Hatun Lisesi'nden mezun oldu. 2008 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü 2012 yılında bitirdi. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde, Geoteknik Anabilim Dalında yüksek lisans yapmaya başladı. Ertesi yıl ise enstitü bünyesinde açılan araştırma görevliliği sınavını kazanarak, Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaya hak kazandı. Halen aynı görevi sürdürmekte olan Kalem, Nisan 2015'de evlenerek meslektaşı Salih Kaya ile dünya evine girmiştir.