



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

VOLKANİK TÜF TOZLARI İLE POLİMER ESASLI KOMPOZİT MALZEME ÜRETİMİ

Mahmut SINIKSARAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık-2012
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

VOLKANİK TÜF TOZLARI İLE POLİMER ESASLI KOMPOZİT MALZEME ÜRETİMİ

Mahmut SINIKSARAN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇINAR

2012, 88 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. M. Kemal GÖKAY
Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇINAR
Yrd. Doç. Dr. Alican ÖZTÜRK

Kapadokya (Nevşehir) bölgesinde bulunan volkanik tüf ocaklarından çıkan atıklar ekonomik kayıplara ve çevre kirliliğine yol açmaktadır. Volkanik tüf pasası tüfün ocakta kesim esnasında ve fabrikada makinelerde işlenmesi sırasında açığa çıkan atıktır. Bu atık malzemeyi çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanmak mümkündür.

Bu çalışmada matriks malzeme olarak polyester, takviye malzemesi olarak volkanik tüf tozları ve mermer tozları kullanıldı. Polimer sertleştirici olarak metil etil keton peroksit ve reaksiyon hızlandırıcı olarak kobalt oktoat kullanıldı. Elde edilen malzemeler kalıplandı. Kalıplardan çıkarılan malzemeler önce oda şartlarında sonra açık havada kurutuldu. Kompozit malzeme üretiminde optimum sertleştirici, hızlandırıcı, polyester oranları tespit edilip bu oranlar sabit tutuldu. Volkanik tüf tozu/mermer tozu oranları parametrik olarak incelendi.

Volkanik tüf tozları ile mermer tozları kullanılarak üretilen kompozit ürünlere; şekil bozukluğu, birim hacim ağırlık, su emme, tek eksenli basınç dayanımı ve elastisite modülü, nokta yükü dayanım indeksi deneyleri yapılarak üretilen malzemenin yapı sektöründe kullanılabileceği görüldü. Karışımdaki volkanik tüf tozu oranı arttıkça malzemenin su emme oranı da arttı, tek eksenli basınç dayanımı ve nokta yükü dayanımında düşüş görüldü. Üretilen kompozit önceden belirlenen gün sayısınca bekletildi ve malzemelerin yüzey özelliklerinde herhangi bir şekil bozukluğu görülmedi.

Anahtar Kelimeler: Kompozit malzeme, mermer tozu, polyester, volkanik tüf tozu.

ABSTRACT

MS THESIS

PRODUCTION OF POLYMER BASED COMPOSITE MATERIAL USING VOLCANIC TUFF DUSTS

Mahmut SINIKSARAN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN MINING ENGINEERING

Advisor: Asst.Prof.Dr. İbrahim ÇINAR

2012, 88 Pages

Jury

Prof. Dr. M. Kemal GÖKAY
Asst.Prof.Dr. İbrahim ÇINAR
Asst.Prof.Dr. Alican ÖZTÜRK

Wastes coming out of volcanic tuff quarries in the Cappadocia (Nevşehir) Region has caused economic losses and environmental pollution. Volcanic tuff waste is the waste that comes out during the cutting process in the quarry, and its processing in the machines in the factory. It is possible to use this waste in various industrial applications.

In this study, polyester is used as matrix material, and volcanic tuff and marble dusts are used as reinforcing materials. Methyl ethyl ketone peroxide is used as polymer hardener, and cobalt octoate is used as reaction accelerator. The obtained materials are molded. The extruded materials are dried first under room conditions, then open-air. In the production of composite material, optimum hardening, and accelerating polyester ratios are determined, and these ratios are fixed. Volcanic tuff and marble dust ratios are studied parametrically.

It is understood that composite materials produced using volcanic tuff and marble dusts through the experimentation of deformation, weight per unit of volume, water absorption, uniaxial compression strength and modulus of elasticity, point load strength index can be used in the building sector. It is observed that as the ratio of volcanic tuff dust in the mixture increases, the water absorption ratio of the material increases, and uniaxial compression strength and point load strength decreases. The produced composite samples were kept predetermined number of times day and there was no deformation in the surface characteristics of the materials.

Keywords: Composite material, marble dust, polyester, volcanic tuff dust.

ÖNSÖZ

"Volkanik tüf tozları ile polimer esaslı kompozit malzeme üretimi" isimli bu çalışma Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmalarımın planlanmasında ve yürütülmesinde desteğini esirgemeyen, çalışmanın her aşamasında bilgi, tecrübe ve yardımlarından faydalandığım danışmanım Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇINAR' a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarımda desteklerini esirgemeyen Saray Taş Yapı Elemanları İnş. Tic. San. Ltd Şti. sahibi Alirıza KESTİREN'e ve Saray Taş çalışanlarına teşekkür ederim.

Ayrıca, çalışmalarım esnasında yardımlarını gördüğüm Geoteklab çalışanlarına, Selçuk Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, akademik ve idari personeline ve emeği geçen herkese teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, emeklerini asla ödeyemeyeceğim sevgili anneme ve babama, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ağabeyime sonsuz teşekkür eder, minnet duygularımı ifade etmek isterim.

Mahmut SINIKSARAN
KONYA-2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

ÇİZELGELER LİSTESİ ..... **ix**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **x**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **xi**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Çalışmanın Amacı 1
1.2. Çalışma Alanının Tanımı 3

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **6**

2.1. Kompozit Malzemeler Hakkında Genel Bilgi 6
2.1.1. Kompozit malzemelerin özellikleri 7
2.1.2. Kompozit malzeme bileşenlerinin görevleri 7
2.1.3. Kompozit malzemelerin olumlu ve olumsuz yönleri 8
2.1.4. Kompozit malzemelerin sınıflandırılması 9
2.1.5. Kompozit malzemelerin sağladığı faydalar 10
2.1.6. Kompozit malzemelerin dezavantajları 11
2.2. Volkanik Tüfler Hakkında Genel Bilgi 12
2.2.1. Volkanik tüflerin oluşumu 13
2.2.2. Volkanik tüflerin genel özellikleri 14
2.2.3. Volkanik tüflerin kimyasal yapısı 14
2.2.4. Volkanik tüflerin arazideki özellikleri 15
2.2.5. Volkanik tüf çeşitleri ve gruplandırılması 16
2.2.6. Türkiye'de volkanik tüflerin dağılımı 17
2.2.7. Kapadokya (Nevşehir) bölgesi tüflerin üretim yöntemi 18
2.2.8. Kapadokya (Nevşehir) bölgesi tüflerin uygulama örnekleri 21
2.3. Mermer Hakkında Genel Bilgi 22
2.3.1. Mermer Atıkları 23
2.4. Plastik Malzemeler Hakkında Genel Bilgi 26
2.4.1. Polyester reçineler 27
2.4.2. Polyesterlerin özelliklerine göre kullanıldığı yerler 29
2.4.3. Polyester katalizörleri 29
2.4.4. Hızlandırıcılar (Promotörler) 29
2.4.5. Sertleştiriciler 31
2.4.6. Renklendiriciler 31
2.4.7. Takviye malzemeleri 32
2.4.8. Jelkot 33
2.4.9. Kalıp ayırıcılar 33

2.4.10. Kompozit Malzemelerin Kalıplanmasında Rastlanan Başlıca Hatalar 34

3. MATERYAL VE YÖNTEM 38

3.1. Malzemeler 38
3.1.1. Polyester 38
3.1.2. Metil etil keton peroksit (MEK-P) 39
3.1.3. Kobalt 41
3.1.4. Vaks 42
3.1.6. Mermer tozu 42
3.2. Kompozit Malzeme Üretim Yöntemi 43
3.2.1. Ocaklardan numune alınması 44
3.2.2. Öğütme ve eleme 44
3.2.3. Malzemelerin döküldüğü kalıplar ve vaks işlemi 45
3.2.4. Karışım işlemi 45
3.2.5. Karışımın kalıba dökülmesi 47
3.2.6. Döküm yapıldıktan sonra bekleme ve kalıptan çıkarma 47
3.2.7. Karışım oranları 49
3.2.8. Kalıptan çıkarılan numunelerin deneyler için ebatlandırılması 51
3.2.9. Laboratuvar şartları 53
3.3. Araştırma Yöntemleri 54
3.3.1. Şekil bozukluğu 54
3.3.2. Birim hacim ağırlık (yoğunluk) 55
3.3.3. Su emme oranı 56
3.3.4. Tek eksenli basma dayanımı ve elastisite modülü 57
3.3.5. Nokta yükü dayanım indeksi 58

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 59

4.1. Fiziksel Özellikler 59
4.1.1. Şekil bozukluğu 59
4.1.2. Birim hacim ağırlık (yoğunluk) 59
4.1.3. Su emme oranı 61
4.2. Mekanik Özellikler 63
4.2.1. Tek eksenli basma dayanımı ve elastisite modülü 63
4.2.2. Nokta yükü dayanım indeksi 67

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 70

5.1. Sonuçlar 70
5.2. Öneriler 72

KAYNAKLAR 74

EKLER 77

ÖZGEÇMİŞ 88

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1. Bazı yörelerdeki volkanik tüflerin kimyasal analiz sonuçları……. 15
Çizelge 2.2. Nevşehir bölgesindeki tüf ocaklarının taş üretim boyutları ……... 19
Çizelge 2.3. Kırmızı renkli volkanik tüfün fiziksel ve mekanik özellikleri 20
Çizelge 3.1. Kullanılan polyester kimyasal yapısı…… 38
Çizelge 3.2. Kullanılan polyesterin sıvı haldeki özellikleri…….…….. 38
Çizelge 3.3. Kullanılan polyesterin sertleşme verileri……...…….. 39
Çizelge 3.4. Sertleşmiş polyester reçinenin özellikleri……. 39
Çizelge 3.5. Sertleşmiş polyester reçinenin mekanik özellikleri……...…….. 39
Çizelge 3.6. MEK-P'ye ait fiziksel ve kimyasal özellikler……. 40
Çizelge 3.7. Kobalt'a ait temel fiziksel ve kimyasal özellikler……... 41
Çizelge 3.8. Vaks'a ait bazı temel özellikler…….. 42
Çizelge 3.9. Üretilen numune türleri, kullanılan malzemeler ve miktarları…. 49
Çizelge 4.1. Numunelerin birim hacim ağırlıkları……... 59
Çizelge 4.2. Numunelerin ağırlıkça su emme oranları…… 62
Çizelge 4.3. Numunelerin tek eksenli basınç dayanımı ve elastisite modülü….. 63
Çizelge 4.4. Numunelerin tek eksenli basınç dayanımı……... 64
Çizelge 4.5. Numunelerin nokta yükü dayanım indeksi…….. 68

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 1.1. Yapı taşı kullanımına uygun olmayıp bir kenara yığılan atık kayaçlar 1
Şekil 1.2. Yapı taşı kullanımına uygun olmayıp bir kenara yığılan atık kayaçlar 2
Şekil 1.3. Yapı taşı kullanımına uygun olmayıp bir kenara yığılan atık kayaçlar 3
Şekil 1.4. Yer bulduru haritası…….…….. 5
Şekil 2.1. Volkanik tüf taşı üretimi…….…….…….……. 19
Şekil 2.2. Volkanik tüf taşı üretimi…….…….…….. 20
Şekil 2.3. Nevşehir bölgesindeki volkanik tüf çeşitleri…….……. 21
Şekil 2.4. Dış cephesi volkanik tüf ile kaplanmış müstakil konut ……..…….. 21
Şekil 2.5. Volkanik tüf kullanılarak yapılmış müstakil konut……..... 22
Şekil 3.1. Kompozit numunelerin hazırlanma yöntemi akış diyagramı ….…….... 43
Şekil 3.2. Sahadan volkanik tüf pasası alım işlemi …….…...……... 44
Şekil 3.3. Numune üretiminde kullanılan malzemeler……... 45
Şekil 3.4. Harcın hazırlanması……... 46
Şekil 3.5. Kalıptan çıkarılan numuneler……. 48
Şekil 3.6. Kalıptan çıkarılan kodlanmış numuneler……... 49
Şekil 3.7. Numunelerin görünüşü……... 50
Şekil 3.8. Kodlanmış numuneler…… 51
Şekil 3.9. Deneyler için ebatlandırılan numunelerin ölçümü……. 52
Şekil 3.10. Deneyler için ebatlandırılmış K-1 numunesinin görünüşü…….. 53
Şekil 3.11. Laboratuvar……..… 54
Şekil 3.12. Numunelerin 0,01 gr hassasiyetli terazide tartılması……... 56
Şekil 3.13. Tek eksenli basma dayanımı deneyi…… 57
Şekil 3.14. Nokta yükü dayanım indeksi deneyi…… 58
Şekil 4.1. Numunelerin birim hacim ağırlık grafiği……... 60
Şekil 4.2. Numunelerin birim hacim ağırlık kıyaslaması ……...……... 61
Şekil 4.3. Numunelerin ağırlıkça su emme oranı……... 62
Şekil 4.4. Numunelerin ağırlıkça su emme oranı kıyaslaması ……..…… 63
Şekil 4.5. S-1 nolu numunenin elastisite modülü…….. 64
Şekil 4.6. Numunelerin tek eksenli basınç dayanımı grafiği…… 65
Şekil 4.7. Numunelerin tek eksenli basınç dayanımı kıyaslaması……... 66
Şekil 4.8. Numunelerin elastisite modülü grafiği……. 66
Şekil 4.9. Numunelerin elastisite modülü kıyaslaması……. 67
Şekil 4.10. Numunelerin nokta yükü dayanım indeksi grafiği……... 68
Şekil 4.11. Numunelerin nokta yükü dayanım indeksi kıyaslaması……... 69

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler	**Açıklama**
^{o}C	santigratderece
g	gram
mm	milimetre
mm^2	milimetrekare
mm^3	milimetreküp
N	Newton
cm	santimetre
cm^2	santimetrekare
cm^3	santimetreküp
Mpa	Mega paskal
Gpa	Giga Paskal
mg	Miligram
ml	mililitre
kj	Kilojoule
cP	centipoize
^{o}F	Fahrenayt

Kısaltmalar	**Açıklama**
MEKP	Metil etil keton peroksit
DMA	Dimetil anilin
DEA	Dietilen anilin
pH	Power of Hydrogen
PVA	Polivinil Alkol
BPO	Benzoil Peroksit
CHP	Kümen Hidroperoksit
AAP	Asetil Aseton Peroksit
TBPO	Tersiyer Butil Peroktoat
TBPB	Tersiyer Butil Perbenzoat
COX	Siklohegzanon
SADT	Kendi kendine hızlanan ayrışma sıcaklığı

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Kapadokya (Nevşehir) ülkemizin önemli volkanik tüf (doğal yapı taşı) üretiminin yapıldığı bölgelerin başında gelmektedir. Yapı taşları, bölgedeki Erciyes ve Hasandağı volkanizmalarının ürünleri olan tüf ve ignimbrit kayaçlardan elde edilmektedir. Taş ocaklarında çıkarılan bazı kayaçların düşük dayanım özellikleri gösterdikleri ve yapı taşı olarak şekillendirme esnasında veya hemen sonrasında dağıldıkları görülmüştür. Bunun birden fazla sebebi olabilir. Kesim yapılan sahadaki ana kütlenin süreksizlik ve çatlak oranı, pasa miktarında etkilidir. Yapı taşı kullanımına uygun olmayan ocak atıkları şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Yapı taşı kullanımına uygun olmayıp bir kenara yığılan atık kayaçlar

Çalışmada, Nevşehir ili, Çorak mevkiindeki taş ocaklarında yapı taşı üretimine uygun olmayan ve ocakların dekapaj sahalarına dökülmüş olan volkanik tüf pasalarını polyester reçine ve bazı kimyasallar ile birleştirip üstün özellikli bir malzeme üretmek

amaçlanmıştır. Yapı taşı kullanımına uygun olmayıp bir kenara yığılan kaya parçaları şekil 1.2 ve 1.3'te gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Yapı taşı kullanımına uygun olmayıp bir kenara yığılan atık kayaçlar

Üretilmesi amaçlanan kompozit malzemenin yapı sektöründe;

- Dış cephe uygulamaları
- İç cephe kaplamaları
- Zemin kaplamaları
- İç dekorasyon
- Mutfak tezgahları
- Merdiven basamak ve süpürgelikleri
- Hilton lavabolar ve çok eyveli lavabolar
- Laboratuvar tezgahları
- Küpeşteler
- Pencere önü denizlik uygulamaları ve daha birçok alanda kullanılabileceği düşünülmektedir.



Şekil 1.3. Yapı taşı kullanımına uygun olmayıp bir kenara yığılan kaya parçaları

Kapadokya bölgesinde bulunan, volkanik tüf taşı üretimi yapan ocakların pasalarından kompozit malzeme üretilmesi sayesinde;

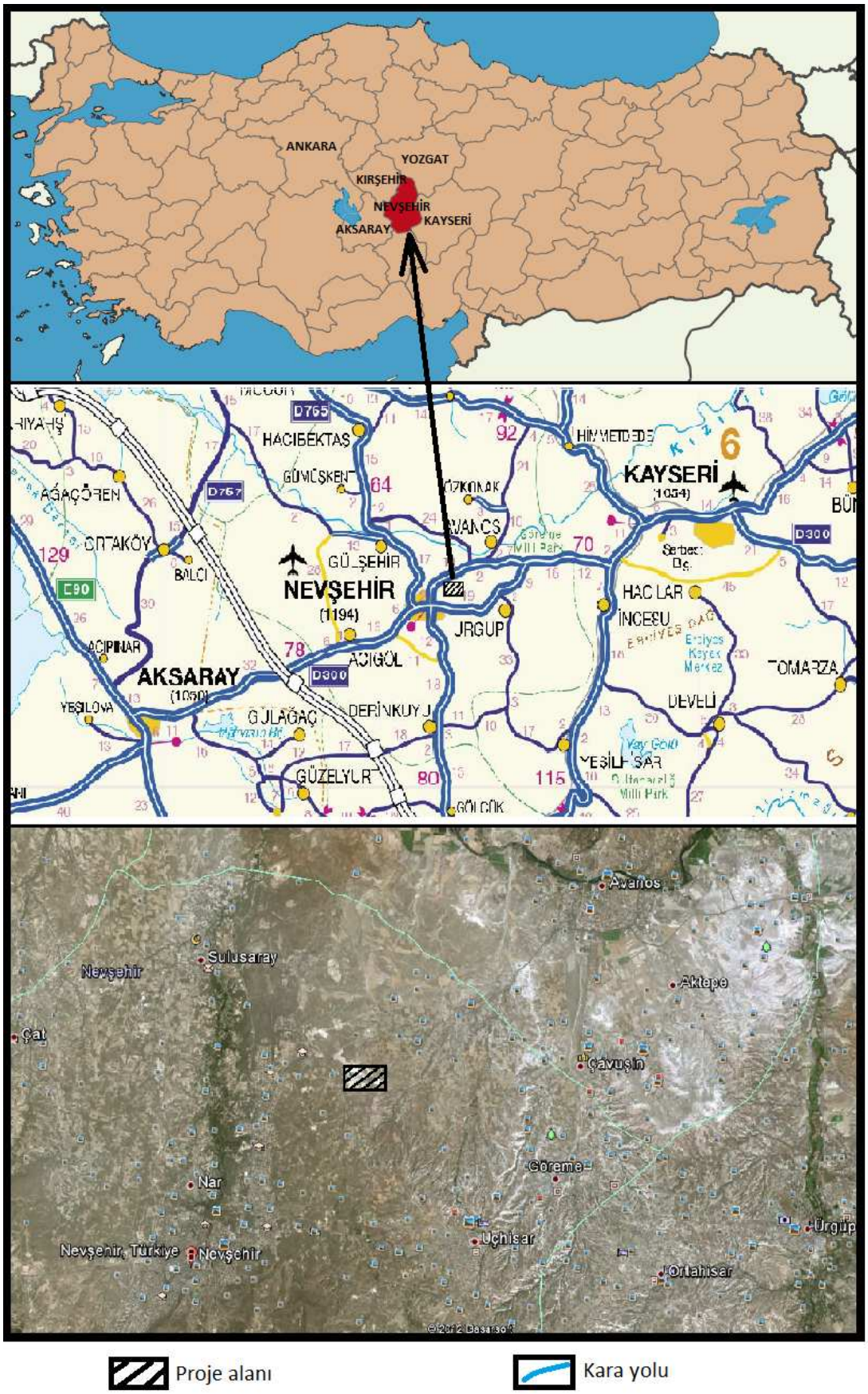
- Ocak atıkları değerlendirilip ülke ekonomisine kazandırılabilecek,
- Atıl durumdaki maden pasaları değerlendirilmiş olacak,
- Yeni bir iş alanı oluşmuş olacak,
- Görüntü kirliliği gibi çevre sorunları oluşturabilecek volkanik tüf pasalarının çevreye verdiği zararın önüne geçilebilecektir.

1.2. Çalışma Alanının Tanımı

Çalışma alanı içerisindeki tüf ocakları Orta Anadolu'da Kapadokya bölgesinde, Nevşehir ili sınırları içerisinde, 1/25000 ölçekli K33-C1 paftasında yer almaktadır. Ocaklar Nevşehir-Avanos karayolu üzeri 7. km de bulunmaktadır. Bu alanın kuzeyinde Nevşehir-Avanos karayolu, güneyinde Uçhisar ilçesi, doğusunda Avanos ilçesi batısında Nevşehir il merkezi bulunmaktadır.

Bölgenin hâkim yeryüzü şekilleri yayla özelliği taşımaktadır. Dağlar ve ovaların kapladığı alan nispeten azdır. Bölgedeki en önemli akarsu çalışma alanının kuzeyinde bulunan Kızılırmak nehridir. Bölgede karasal bir iklim hüküm sürmekte olup, yöre halkı Kızılırmak vadisi üzerinde ve diğer dere alüvyonlarında sulu tarım, meyve ve sebzecilik yaparak geçimini sağlamaktadır. Ayrıca son yıllarda gelişen turizm sektörü bölgede önemli bir çalışma alanı oluşturmaktadır.

Deneysel çalışmalar için bölgede 25 yıldır dekoratif doğal taş üretimi yapan Saray Taş firmasının İR-70487, İR-73619 işletme ruhsatlı sahalarından alınan volkanik tüf numuneler kullanılmıştır. Çalışma alanının yer bulduru haritası şekil 1,4'te gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Yer bulduru haritası

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Kompozit Malzemeler Hakkında Genel Bilgi

Kompozit malzeme tanımı, temel olarak iki veya daha fazla malzemenin bir arada kullanılmasıyla oluşturulan ve meydana geldiği malzemelerden farklı özelliklere sahip yeni tür malzemeleri belirtmek için kullanılmaktadır. Malzemelerin birbirleri arasında ara yüzey bağlantısı meydana getirecek şekilde oluşturdukları kombinasyona kompozit malzeme denmektedir. Oluşan bu kombinasyon iki malzemeden farklı mühendislik özellikleri gösterir. Şöyle ki hem mekanik hem de fiziksel özellikleri gelişmiş yeni bir karışım olmuştur. Kompozitlerin sadece yapısal özellikleri nedeni ile değil aynı zamanda, elektriksel, çevresel ve termal özellikleri nedeni ile de kullanım alanları geniştir (Şahin, 2000).

Kompozit malzemeler yeni bulunan bir malzeme grubu olmayıp, doğada var olan yapılardan hareketle, farklı özelliklere sahip malzemelerin birleştirilmesi sonucu elde edilmektedirler. Bu tanıma göre küçük parçacıklar halinde karbon içeren demir de kompozit malzeme sınıfına girecektir. Ancak, perlitik yapıdaki çelik, ferrit ve sementit tabakalarının düzenli dizilisine sahip olması nedeniyle, mikro kompozit olarak kabul edilebilir. Bu durumdan doğabilecek tartışmaları önlemek amacıyla kompozit malzemeler "iki veya daha fazla malzemenin makroskobik düzeyde bileşimi" şeklinde tanımlanabilir (Gibson, 1994).

Malzemeler genellikle; metaller, seramikler ve organik malzemeler olarak üç temel gruba ayrılırlar. Bu üç grubun birbirlerine göre üstün ve zayıf yönleri vardır. Bu üç ana grubun yanında, iki veya daha fazla sayıdaki aynı veya farklı gruptaki malzemelerin, en iyi özelliklerini bir araya toplamak yada ortaya yeni bir özellik çıkarmak amacıyla, bu malzemelerin mikro ve makro seviyede birleştirilmesiyle oluşan kompozit malzemelerde başlıca amaç, bileşenlerin hiç birinde tek basına mevcut olmayan bir özelliğin elde edilmesidir. Diğer bir deyişle amaçlanan doğrultuda bileşenlerinden daha üstün özelliklere sahip bir malzeme üretilmesi hedeflenmektedir (Gibson, 1994).

2.1.1. Kompozit malzemelerin özellikleri

Kompozitler, özellikle polimer kompozitler yüksek mukavemet, boyut ve termal kararlılık, sertlik, aşınmaya karşı dayanıklılık gibi özellikleriyle pek çok avantajlar sunarlar. Ayrıca bazı kompozit malzemeler dayanıklılık ve sertlik yönünden metallerle yarışabilecek olmasına rağmen çok daha hafiftirler.

Bir kompozit malzeme;

• Farklı kimyasal yapıya sahip, birbirleri içinde çözünmemiş, bileşenlerden meydana gelmiş,

• İki veya daha fazla kristal, molekül veya faz yapılarının bir arada bulunduğu,

• İçerdiği malzemelerin üç boyutlu olarak birleşmesinden oluşmuş,

• Kendisini meydana getiren bileşenlerin tek başına sahip olamayacakları özelliklerden daha iyi özelliklere sahip bir yapıdadır.

Yukarıda verilen bilgiler ışığında bir tanımlama yapmak gerekirse ‘Bir kompozit malzeme, temel olarak birbiri içerisinde çözünmeyen ve birbirinden farklı şekil ve/veya malzeme kompozisyonuna sahip iki veya daha fazla bileşenin karışımından veya birleşmesinden oluşan bir malzeme sistemidir’ tanımı, bütün kompozit malzemeleri kapsayacak bir tanım oluşturacaktır. Bu malzemeler belirli uygulama alanları için üstün mekanik ve fiziksel özellikler elde etmek amacıyla belli spesifik konfigürasyonda değişik fazdaki malzemelerin bir araya getirilmesi ile oluşan malzemeler olduklarından çok fazlı malzeme olarak da adlandırılırlar (Şahin, 2000).

2.1.2. Kompozit malzeme bileşenlerinin görevleri

Bir kompozit malzeme takviye malzemesi ve bu takviye malzemesinin etrafını sararak kuvvetli bir şekilde bağ oluşturan matriks malzemesinden oluşur.

<u>Matriksin görevi :</u>

Matriksin asıl görevi içindeki takviye elemanlarını bir arada tutarak onların malzeme üzerine gelen gerilmelere en üst düzeyde karşı koyabilmesi için düzenlenen yerleşimlerini muhafaza etmektir. Kompozit malzemeye gelen tüm yükler matriks yoluyla takviye elemanına aktarılır.

Matriks aynı zamanda kullanılan takviye malzemelerini birbirinden izole ederek, kompozit malzemeye daha fazla destek verebilmelerini sağlar. Genelde katı malzeme olan takviye malzemelerin her birinin matriks içerisinde ayrı bir girdi gibi davranmaları

toplamda oluşturdukları destekten daha fazla destek üretmelerini sağlar. Böylece malzeme üzerindeki çatlaklar birbiri üzerinde temas eden takviye elemanları üzerinden ilerleyemez.

Matriksin, içinde bulunan takviye malzemesini aşınmalara karşı, çevresel etkilere karşı ve korozif etkilere karşı koruması gerekmektedir. Kırılmış takviye elemanları, içinde oluşan çatlakların durmasını veya yavaşlamasını sağlayan bir etki göstermesi gerekmektedir.

Matriks, takviye elemanı ile etkin bir bağ gücü oluşturarak, kompozit malzemenin mukavemetini artırıcı yönde etki oluşturmaktadır.

Takviye malzemesinin görevi :

Bir kompozit malzemede takviye malzemesinin en önemli görevi, matriks içerisinde tekdüze olarak dağılıp, matriksin maruz kaldığı gerilmeleri destekleyerek kompozit malzemenin mukavemetini arttırmaktır.

Bir takviye elemanı matriks ile reaksiyon verip istenmeyen ürünler oluşturmamalıdır. Takviye malzemesi ve matriksin termal genleşmeleri birbirinden faklı olmamalıdır. Maruz kaldıkları ısı değişimlerinde birbirlerini zayıflatıcı etki göstermemelidirler (Yıldırım, 2005).

2.1.3. Kompozit malzemelerin olumlu ve olumsuz yönleri

Kompozit malzemeler, bileşenlerinin içerdiği özgün özellikleri bir malzemede toplayarak önemli bir üstünlük meydana getirmektedirler. Günümüzde kompozit malzemeler, kullanıldıkları ortamdaki zor çalışma şartlarına içerdikleri üstün özelliklerle uyum sağlayabilmesi amacıyla üretilmektedir. Bir malzemeden beklenen üstün özellikler genel olarak aşağıdaki gibidir.

• Yüksek dayanım,
• Yüksek rijitlik,
• Yüksek yorulma dayanımı,
• Mükemmel aşınma direnci,
• Yüksek sıcaklık kapasitesi,
• Yüksek korozyon direnci,
• Yüksek ısı iletkenliği,
• Şekillendirilebilirlik,
• Düşük yoğunluk, çekicilik ve estetik görünüm.

Uygun matriks/takviye elemanı çifti, üretim tekniği, bileşenlerin mukavemet özellikleri ve diğer faktörler göz önüne alınarak üretim yapılırsa bir kompozit malzemede yukarıdaki belirtilen özelliklerin tümünü bir arada elde etmek mümkündür.

Uygun matriks/takviye elemanı seçiminin, sistemin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkisi büyüktür. Bir kompozit malzeme içerisinde matriks tarafından yükün takviye elemanlarına iletilmesi için matriks ile takviye elemanları arasındaki ara yüzey bağının da kuvvetli olması gerekmektedir. Ara yüzey bağının kuvvetli olması ise çiftlerin uyumuna ve matriksin ıslatabilirlik özelliğine bağlıdır. Bunun yanında üretim tekniği seçimi dışında, takviye elemanlarının matriks içerisinde homojen dağılımı da matriks alaşımı ve takviye elemanının uygun seçimine bağlıdır.

Yukarıda belirtilen malzemelerden beklenen üstün özellikleri sağlayabilen kompozitlerin bu özelliklere ek olarak klasik malzemelere göre belirgin olumlu yönleri aşağıdaki gibidir (Shwwartz, 1997).

• Yüksek dayanımın ağırlığa oranındaki azalma,
• Amaçlanan işe uygun malzeme tasarımının gerçekleştirilebilmesi,
• Korozyona dayanım ile uzun ömür,
• Üretiminin ucuzluğu,
• Termal veya elektrik iletkenliğinde artış.

Yukarıda belirtilen üstün özelliklerinin yanında bazı kompozit malzemelerin olumsuz yönleri de mevcuttur. Bunlar aşağıdaki şekildedir;

• Üretim güçlüğü,
• Pahalı olması,
• İşlenme problemi, işlenme maliyetinin yüksek oluşu ve gerekli yüzey pürüzlülüğünün elde edilmesinin güçlüğü,
• Diğer malzemeler gibi geri dönüşümünün olmayışı.

2.1.4. Kompozit malzemelerin sınıflandırılması

Kompozit malzemeler özelliklerine ve içerdikleri bileşiklere göre pek çok sınıflandırma yöntemine tabi olabilirler. Yapılabilecek en genel sınıflandırma aşağıdaki gibidir (Shwwartz, 1997).

• Polimer matriksli kompozit malzemeler
• Seramik matriksli kompozit malzemeler
• Metal matriksli kompozit malzemeler

2.1.5. Kompozit malzemelerin sağladığı faydalar

Bazı kompozitlerin özel olarak yapılması nedeniyle aşağıdaki özelliklerin bir kısmına sahip kompozitler üretilebilmektedir.

1. Yüksek mukavemet: Kompozitler yüksek mukavemet değerleri sağlayan malzemeler arasında en etkin olanlardan birisidir.
2. Hafiflik: Kompozitler birim alan ağırlığında hem takviyesiz plastiklere, hem de metallere göre daha yüksek mukavemet değerleri sunmaktadır.
3. Tasarım esnekliği: Kompozitler bir tasarımcının aklına gelebilecek her türlü karmaşık, basit, geniş, küçük, yapısal, estetik, dekoratif ya da fonksiyonel amaçlı olarak tasarlanabilir.
4. Yüksek dielektrik direnimi: Kompozitlerin göze çarpan elektrik yalıtım özellikleri, birçok bileşenin üretimi konusunda açık bir tercih nedenidir.
5. Korozyon dayanımı: Kompozitlerin antikorrozif özelliği, diğer üretim malzemelerinden üstün olan niteliklerinden biridir.
6. Kalıplama kolaylığı: Kompozit ürünler, çelik türündeki geleneksel malzemelerde karşılaşılan birçok parçanın birleştirilmesi ve sonradan monte edilmesi işlemini tek parçada kalıplama olanağı ile ortadan kaldırmaktadır.
7. Yüzey uygulamaları: Kompozit ürünlerde kullanılan polyester reçine, özel pigment katkıları ile renklendirilmek suretiyle, amaca uygun kendinden renkli olarakta üretilebilmektedir.
8. Şeffaflık özelliği: Kompozitler, cam kadar ışık geçirgen olabilir. Tam şeffaf olması durumunda ışığı yayması sayesinde, yayılan ışığın önem kazandığı seralarda ve güneş kollektörü yapımında önemli avantajlar sağlar.
9. Beton yüzeylere uygulama imkanı: Beton yüzeylere, kompozitler mükemmel yapışır. Özellikle, betonun gözenekli olması nedeniyle, kompoziti oluşturan ana malzemelerden polyester reçinenin beton gözeneklerinden sızması ve beton kütle içinde sertleşmesinden dolayı mükemmel bir yapışma sağlanır.
10. Demir yüzeylere uygulama imkanı: Demir yüzeydeki pas ve yağ kalıntıları temizlendikten sonra kompozitlerle kaplanabilir. Bu sayede demir ve çelik yüzeyler, kompozitlerle kaplanarak korozyon etkilerinden korunmaktadır.
11. Yanmazlık özelliği: Kompozitlerin alev dayanımı, kullanılan polyesterin özelliğine bağlıdır. Özellikle Halojenürlerin, borun ve bazı metallerin kullanımı aleve

dayanıklılığını artırmaktadır. Alev dayanım özelliğinin arandığı yerlerde “Alev dayanımlı” polyester kullanılmalıdır.

12. Yüksek sıcaklık dayanımı: Kompozit ürünler, termoset plastikler grubundan polyester reçineler ile yapıldığı için yumuşamaz ve şekil değiştirmez. Yüksek sıcaklık dayanıklılığında kullanılan polyester reçinenin cinsine bağlıdır.

13. Kompozitler içine farklı malzemeler gömülebilir: Kompozitler çine demir, ahşap, halat, tel, mukavva, poliüretan sert köpük gibi malzemeler gömülerek mekanik özellikleri farklılaştırılabilir.

14. Tamir edilebilirlik özelliği: Tamir izlerinin görünmemesi için, onarım işleminin bir kalıp üzerinde yapılması, ya da onarımdan sonra zımpara veya boya yapılması gerekir.

15. Kompozitler kesilip delinebilir: Kompozitler, tahta gibi kolayca kesilir, delinir, zımparalanır. Bu amaçla kullanılan aletlerin sert çelik veya elmas uçlu olması halinde daha iyi sonuç alınmaktadır.

16. Farklı mekanik özellikler elde etmek için farklı katmanlardan ve farklı bileşimlerle kompozit malzeme imal edilebilir.

17. Kompozit malzemeler kimyasallara, korozyona ve hava şartlarına dayanıklılık gösterir.

18. Karmaşık parçaların tek olarak üretilebilmesinden dolayı parça sayısının azalmasını sağlarlar. Böylece ara birleştirme detay parçalarının azalmasıyla üretim süresi kısalmaktadır (Akın, 2007).

2.1.6. Kompozit malzemelerin dezavantajları

1.Genel olarak pahalı olması en büyük dezavantajdır.

2. Lamine edilmiş kompozitlerin özellikleri her zaman ideal değildir, kalınlık yönünde düşük dayanıklılık ve katlar arası düşük kesime dayanıklılık özelliği bulunmaktadır.

3. Malzemenin kalitesi üretim yöntemlerinin kalitesine bağlıdır, standartlaştırılmış bir kalite yoktur.

4. Kompozitler genelde kırılgan (gevrek) malzeme olmalarından dolayı kolaylıkla zarar görürler, onarılmaları yeni problemler yaratabilir.

5. Sıcak kurutma gerekmektedir.

6. Kompozitler onarılmadan önce çok iyi olarak temizlenmeli ve kurutulmalıdır. Bazı durumlarda bu oldukça güçtür.

7. Bazı kurutma teknikleri uzun zaman alabilmektedir

Günümüzde en çok kullanılan kompozitlerden biri betondur. Çimento ve kumdan meydana gelen malzeme matriks çelik çubuklar ile desteklenir. Bir diğer tanınmış kompozit ise kerpiçtir. Çamur ve samanın karıştırılması ile oluşturulan bu malzeme oldukça eskiden beri bilinen belki de insanlık tarihinin en eski yapı malzemesidir.

Kompozit malzeme teknolojisi bugün hızla gelişmektedir ve hemen her gün piyasaya yeni ürünler sunulmaktadır. Artan talep ve üretim doğrultusunda maliyeti düşen kompozitler, klasik endüstriyel malzemelere karşı sağladığı pek çok fiziksel ve kimyasal avantajlar sayesinde hafif yapıların ve konstrüksiyonların temel malzemesi olmaya adaydırlar (Akın,2007).

2.2. Volkanik Tüfler Hakkında Genel Bilgi

Başlangıçta tüf yataklarının volkanik malzemeleri taşıyan çamur akmaları ile meydana geldiği sanılıyordu. Daha sonra ise tüflerin, çöken çok kızgın magma parçaları ve volkanik gazlardan meydana geldiği öne sürülmüştür. Kısaca tüfü, ince ve ufak taneli volkanik maddelerden meydana gelen parçalar olarak tarif edebiliriz (Doruk, 1974).

Yerküresinin belirli derinliklerinde erimiş haldeki magmanın, herhangi bir yolla yeryüzüne ulaşması olayına ‘volkanizma’ denir. Magma, henüz yerin derinliklerinde, belirli basınç ve sıcaklık altında bulunduğu zaman, çeşitli gaz ve çözeltileri içeren bir sıvı özelliğindedir. Magma yeryüzüne ulaşmadan önce, sıvı halde iken, magma içindeki çeşitli silikatlar kendi aralarında etkileşime girerek, ortamın fiziko-kimyasal koşulları altında kristalleşmeler oluşur. Daha sonra herhangi bir yolla, kırık ve kanallar (baca) aracılığı ile yarı kristalleşmiş yarı sıvı magma yeryüzüne ulaştığı anda basınç ve sıcaklık gibi dış şartlar ani olarak değişir. Bu atmosferik koşullarda yarı kristalleşmiş sıvı magma, ani basınç ve sıcaklık düşmesi ile hızla soğur, yüzeyde ani soğuyan magma yerinde katılaşır ve camsı veya yarı camsı dokular kazanır (Erguvanlı ve ark., 1955).

Volkanik ürünlerin yüzeyde katılaşmaları, volkanizmanın karakterine, ortam koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Karasal oluşumlu volkanlarda masif, breşik, aglomeralı, kolon yapıları, yalancı kolon yapıları, tabakaya benzer yapılar izlenirken, denizsel oluşumlu volkanlarda da, masif, tabakaya benzer, aglomeralı, tortul kayaçlarla ara katkılı lavlar, yastık lavları (pillow-lav) gibi yapılar görülmektedir (Erguvanlı ve ark., 1955).

Volkanik tüfler, volkanik patlamalar sonucunda atmosfere atılan erimiş magma parçacıklarından oluşur. Malzemenin hava etkisinde kalması tüfün camsı yapısının zeolitleşmesine neden olmaktadır. Zeolitleşme malzemenin puzolanik özelliğinde iyileşmeye yol açar. Tüflerin camsı yapısı ve içinde bulunan amorf silis miktarı puzolanik aktivitesi ile doğru orantılıdır. Doğal puzolanların hemen hemen tamamı volkanik kökenlidir. Anadolu toprakları birçok volkanik aktiviteye maruz kaldığından volkanik tüfler bakımından oldukça zengindir. Özellikle orta Anadolu yöresinde çok miktarda bulunan bu malzemelerin çimento üretiminde kullanılması ekonomik kazanımlar sağlayacaktır. Tüflerin kimyasal yapısı yöresel olarak farklılık gösterse de yakın kimyasal içeriklere sahiptirler. (Liebig ve ark., 1998).

2.2.1. Volkanik tüflerin oluşumu

Volkanik tüfler, magmatik kayaçlardan yüzeyde katılaşan kayaçlar grubuna girmektedir. Bu taşların sağlam karakterini ve bozulma morfolojisini anlamak için jeolojik oluşumlarını bilmek gereklidir. Volkanların kraterlerinden çıkarak kızgın bir sıvı halinde akan maddelere veya bu kızgın magmanın soğuması ile katılaşan oluşumlara ‘Lav’ adı verilir. Volkanik püskürme esnasında lavlardan başka bazı katı maddeler de atmosfere yayılarak çıkar. Volkan külü denilen bu ince zerreli maddelerin yamaçlarda, göl veya denizlerde birikmesi neticesinde meydana gelen oluşuma da Volkanik tüf adı verilir (Erguvanlı ve ark., 1955)..

Volkan bacalarından çıkan lavların oluşturduğu kayalar, yine volkandan çıkan gazların dışında diğer bir volkanik malzeme çeşidi olan değişik büyüklükteki magma parçalarından oluşmuştur. Bu malzemelere ‘proklastik’ malzemeler denilmektedir. Proklastik malzemeler büyük kütlelerden küle kadar değişik büyüklüklerde olmaktadır. Proklastik malzemenin volkan bacasından ayrıldığı andaki sıcaklığı ve soğuma hızı oluşan malzemenin içindeki parçacıkların büyüklüğünü etkileyen ana etkenlerdir. Yüksek bir sıcaklıkta iken aniden soğuyan malzemelerden ince taneler oluşmaktadır. Soğuma şekline ve içindeki gaz miktarına bağlı olarak oluşan tanelerin kendi bünyelerinde değişik oranlarda boşluklar meydana gelmektedir (Erguvanlı ve ark., 1955).

2.2.2. Volkanik tüflerin genel özellikleri

Volkanik tüfler bazen arazi üzerinde tabakalar halinde görülürler. Bu durum, zaman zaman ortaya çıkan püskürmeler sırasında volkandan çıkan maddelerin civarlarındaki göl veya denizlerin dibinde ya da yamaçlar üzerinde birikmesiyle oluşur. Bazen de tüfler içerisinde patlamalar esnasında volkan ağzından koparak fırlamış olan parçacıklar da bulunur. Tüfler, içindeki boşluklar nedeniyle hafif doğal yapı taşlarıdır. Tüfler içerisinde bazen fosil de bulunabilir. Fosiller sayesinde tüflerin deniz veya gölde mi oluştuklarını anlamak mümkündür. Örneğin, göllerde biriken tüfler arasında genelde bitki dalları ve yapraklar veya göl hayvanlarının fosilleri, denizlerde oluşanlar arasında deniz hayvanlarına ait kalıntılar (kabuk vs.) görülür. Bazı tüfler içinde büyük hornblend, ojit, idokraz ve lösit mineralleri de bulunmaktadır (Uz, 2000).

Türkiye'deki bütün volkanik arazilerde tüfitik kayaçlara rastlanır ve bu kayaçlar andezit, dasit ve trakitler arasında veya genelde birlikte bulunurlar. Ocakta iken yumuşak olan bu kayaçların işlenmeleri kolaydır. Ancak, bunlar açık havada kaldıkça su içeriğinin bir kısmını kaybederek daha dayanıklı bir duruma gelebilmektedirler (Uz, 2000).

İçerisinde silis ve alüminyum bileşikleri bulunan tüfler çok gevşek yapılı ve kırılgandırlar. Tabiatta toz halinde kum ve çakılla karışık olarak bulundukları gibi sıkışmış kütleler halinde, çok gözenekli iri çakıl büyüklüğünde de olurlar. Bulundukları şekle göre çeşitli isimler alırlar. Kolayca aşınıp toz haline gelirler ve birim ağırlıklarının küçük olması sebebi ile bazen su yüzünde dahi yüzebilirler.

Tüfün birbirine kaynaşma (priz yapma özelliği), içerisindeki ince tanelerin çokluğuna ve kimyasal yapısına bağlı olarak değişir (Arıcı, 1997).

2.2.3. Volkanik tüflerin kimyasal yapısı

Ülkemizde olduğu gibi dünyanın çeşitli bölgelerinde de tüfler bulunmaktadır. Kimyasal yapı yönünden tüfler hemen hemen aynı maddelerden meydana gelmiştir. Ancak maddelerin tüf içinde bulunma oranları değişik olmaktadır. Tüfler ve diğer puzolanlar içerisinde genel olarak SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, SO_3, CaO, MgO, K_2O, Na_2O ve H_2O bulunmaktadır. Bu maddeler içinde tüflerde en fazla rastlanılan SiO_2 dir. SiO_2 oranı % 46-80 arasında değişmektedir. CaO ve MgO oranları %10'un altındadır. Alkali miktarı tüflerde oldukça yüksek olup %8'in altına düşmemektedir (Doruk, 1974).

Ülkemizde çeşitli yerlerinde bulunan volkanik tüflerin kimyasal özellikleri çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Bazı yörelerdeki volkanik tüflerin kimyasal analiz sonuçları (Ören, 1996)

	Gölcük Yöresi	Nevşehir Yöresi	Van-Bitlis Yöresi (Ahlat Dağı)	Dünyanın 80 değişik Yöresinin Ortalaması
SiO_2	61.55	68.50	69.00	70.38
AlO_3	15.50	14.00	14.65	15.82
Fe_2O_3	6.05	3.00	2.50	1.50
CaO	2.24	1.50	1.10	1.56
MgO	2.40	1.40	0.53	0.48
Na_2O	3.30	3.25	3.50	3.70
K_2O	3.43	3.50	3.50	4.10
TiO_2	0.40	0.25	0.38	-
SO_3	0.94	0.002	0.40	-
Kızdırma Kaybı	1.40	3.90	4.63	3.62

2.2.4. Volkanik tüflerin arazideki özellikleri

Volkanizma belli zamanlarda devam eden düzenli bir volkanik malzeme akımıdır. Hareketli olduğundan belirli bir püskürmeye ait olan volkanik malzeme depoları, eski erozyon yüzeyleri ile sınırlanmış bulunabilir. Belirli bir süre için devam eden volkanizmada, volkanik tüflerin oluşumunu sağlayacak proklastik malzeme özellikle düşey planda değişik olarak sınırlanmış olabilir. Proklastik malzeme topoğrafik yüzeye lav şeklinde yayılan kıvamlı akıntılardan daha çok bir takım zor şartlar altında meydana gelen patlamaların eseridir. Proklastik malzemenin kül boyutunda olan kısmı volkanik tüfün oluşumunu sağlar. Kül boyutundaki malzeme arasına her türlü volkanik kaya veya kaya parçacıkları karışabilir. Bu volkanik kaya ve parçacıkların miktarı bazen çok fazla olur ve volkanik tüf "breş" şeklini alabilir.

Topoğrafik yüzeyde şekillenen tüfte erozyon başlar. Erozyondan ötürü bir taraftan ileri derecede parçalanma sonucunda sütunlar, peri bacaları ve rüzgar oyukları gibi karakteristik şekiller meydana gelir, diğer taraftan erozyon sonucu oluşan tüf kökenli malzeme sedimantasyon havzalarına sürüklenerek oralarda birikir (Arıcı 1997).

Püsküren külün hacmi ile tüfün yayıldığı alanın yüzey şekilleri volkanik tüf sahasının büyüklüğünü belirler. Araştırmalar tüf sahalarının volkan merkezinden 100 km. kadar uzaklara yayıldığını göstermiş. Volkanik malzemenin gruplaşma gösterdiği sahalarda bir tüf deposunun değişik menşeli proklastik malzemeden meydana geldiği ve tüf depolarının kalınlığının püsküren proklastik malzemenin hacmine ve araziye bağlı olduğu görülmüştür. Az eğimli topografya üzerinde genel olarak ince, derin vadili bir

topografya üzerinde ise kalın depolar yerleşmektedir. Kara ortamında oluşan depolama sahalarında 3000 m derinliğe kadar uzanabilen depolar gözlenmiştir. Bu depo sahalarında her zaman tabakalaşma görülmemektedir. Ancak su altında oluşan tüf depo sahalarında tabakalaşma açık olarak görülebilmektedir. Tabakalaşma sadece renk özelliğine göre değil mineralojik kompozisyona, dokuya, erozyon şekline göre tespit edilmektedir. Genel bir kural olarak tabakalaşma göstermemekle beraber tüf depolarının yüzeyi az eğimlidir ve çökme açıları çok küçüktür. Eski engebeler ve drenaj kanallarına doğru çökme açıları biraz fazlalaşır (Arıcı 1997).

Birçok tüf oluşumunun yüzeyinde sertleşmiş bir seviyeye rastlanır. Bu seviye buharlaşma artığı olarak silisyumun birikmesi ile oluşmaktadır ve bu seviyenin dağılımı düzensizdir ve özellikle kaynaşmamış tüflerde farklı erozyonlara rastlanır. Volkanik tüfün ocak yeri belirlenirken bu katmanlaşmaya aldanılmamalı ve gerekli incelemeler yapıldıktan sonra volkanik tüf ocağının yeri kesin olarak belirlenmelidir (Arıcı 1997).

2.2.5. Volkanik tüf çeşitleri ve gruplandırılması

Proklastik malzemelerin büyüklüğü toz halinden blok haline kadar değişmektedir. Tüf depolarını oluşturan malzeme çakıl büyüklüğüne kadar olan malzemelerdir. Şüphesiz tüfün tabiatta bulunuş şekli daima taneler halinde ve tek boyutlu taneler halinde değildir (Ertek, 2008).

Portland çimentosu veya kireç gibi hidrolik bir bağlayıcı ile karıştırıldığında hidrolik bağlayıcının özelliklerini artıran tüfe tras veya traslı tüf adı verilmektedir. Traslı tüfler; ince parçaları kızgın halde iken su veya su buharı vasıtası ile ani olarak soğumuş proklastik malzemelerdir. Ani soğuma nedeni ile bu çeşit tüflerde camsı kısımlar diğerlerinden fazladır. Bu tüfler ince olarak öğütüldüklerinde aktiviteleri artar, bunların karıştırıldığı beton harcının işlenebilirliği artmaktadır, bunlar kireç veya çimento ile karıştırıldıklarında su ve hava tesiri ile çözülmeyen bileşikler meydana getiriler. Traslı tüfler arazide genellikle yeraltı su seviyesinin altındaki kısımlarda bulunurlar. Taneli veya bloklaşmış bir malzeme halinde de bulunabilirler(Ertek, 2008).

Sığ deniz veya göl tabanlarında proklastik malzeme çökerken normal olarak araya volkanik olmayan diğer parçalar karışmaktadır. Böylece tüfit adı verilen ve tabakalaşma gösteren yeni doğal kayaçlar oluşur. Bugün topoğrafik yüzeyde görülen tüfitler daha çok düşey doğrultudaki yer kabuğu hareketleri sonunda su yüzüne çıkmışlardır. Oluşum şeklinin doğal bir sonucu olarak tüfitlerin içinde değişik oranlarda

kil, karbonat vb. gibi elemanlar bulunmaktadır. Proklastik malzemenin doğal yoldan birbirine bağlanıp çimentolamasında bazen bu maddeler silisten daha önemli bir rol oynayabilir (Ertek, 2008).

Ayrıca pomza taşı veya sünger taşı adında bir tüf çeşidi daha vardır. Pomza taşları magmatik parçaların çok çabuk soğuması ile meydana gelirler. Erimiş kütlenin emdiği gazların ani sağuma ile kütleyi terk etmesi sonucunda bu tüfler süngerimsi bol boşluklu bir yapıya sahip olurlar. Pomzanın içerisindeki silikat miktarları çok fazladır ve bunların yoğunlukları genellikle 1 kg/dm^3'ten daha azdır (Ertek, 2008).

2.2.6. Türkiye'de volkanik tüflerin dağılımı

Volkanik tüfler İç Anadolu Bölgesi basta olmak üzere Türkiye'nin birçok yerinde görülmektedir. Özellikle, Ankara, Eskişehir, Kayseri, Konya, Niğde, Nevşehir gibi şehirlerde çeşitli minerallere sahip volkanik tüfler bulunmaktadır (Duran, 2009).

Anadolu arazisinde, volkanik faaliyetlerden dolayı toptan yükselmelerle birlikte derin ve sürekli kırılmalar meydana gelmiştir. Ülkemizdeki önemli volkanik etkiler sıralanırsa;

Kuzey Anadolu'da, özellikle Samsun-Çorum arasındaki dağ kitleleri içinde volkanik malzeme çok yaygındır. Bunlar daha çok anglomera-volkanik breş görüntüsünde, özellikle bazaltik veya andezitik lavlardan oluşmuşlardır (Duran, 2009).

Daha batıda başlayıp Orta Toroslar üzerinden geçen büyük tabaka Malatya yöresinde ikiye ayrılır. Bunlardan biri Bitlis-Hakkari doğrultusunda diğeri Tunceli-Ağrı yönünde uzanır. Bu tabakaların Güneydoğu ve Kuzey kenarlarında kısmen tahrip olmuş büyük volkan konileri yükselir. Nemrut, Süphan, Tendürek ve Ağrı volkanlar dizisi buradadır. Kabaca Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusunda olan bu diziliş, aynı yönde uzanan büyük bir fay hattı ile ilgili görülmüştür. Bu büyük volkan konilerinden başka fay hatları boyunca lav oluşumları yüksek yaylalar boyunca uzayıp giderler. Bu yeni volkan arazisinin bazı yerlerinde lokal olarak bazı yerlerinde ise daha sınırlı boyutlarda, değişik kalınlıklarda, ara tabakalar şeklinde tüf tabakalarına rastlanır (Duran, 2009).

Malatya-Bitlis-Hakkari doğrultusunda uzanan Doğu Toros yayının güney tarafında volkanların çıkarmış olduğu bazaltik lavlar Diyarbakır platformu üzerine uzanırlar. Az miktardaki tüf kütlelerinin dışında Güneydoğu da Volkanik arazi genellikle bazalt cinsinden volkanik kayaçlarla temsil edilir (Duran, 2009).

Toroslardan, Anadolu'nun tabanında kalan eski masif sahalara doğru olan geçiş bölgelerinde volkanik kayaçlar bulunur. Erciyes, Melendiz, Hasandağı ve Karacadağ ile bunların etrafına meydana gelmiş bulunan küçük volkanik koniler burada yer alır. Bu küçük konilerin pek çoğu tüf ve cüruftan oluşmuşlardır. Göreme, Kayseri, Ihlara, Afyon ve Isparta tüf alanları bu yörededir (Duran, 2009).

Batı Anadolu'da biri Kula yöresinde diğeri Aşağı Gediz vadisinde olmak üzere iki volkanik saha vardır. Burada sekiz küçük koni ile 53 volkan merkezi tespit edilmiştir. Ayrıca, aşağı Gediz Vadisi kesiminde İzmir-Bergama-Akhisar arasındaki bölgede Dumanlı Dağ Krateri içinde dışa doğru meyilli lav, tüf ve cüruflar ara tabakalı bir vaziyette bulunurlar. Foça-Eski Foça arasındaki Şaphane Dağı dışa doğru meyilli lav ve tüf tabakalarından oluşmuşlardır (Duran, 2009).

Marmara bölgesindeki volkan bölgenin özellikle Kütahya, Balıkesir, Çanakkale hattı üzerinde ve bu hattın güneyinde önemli bir yer kaplar. Buralarda daha çok andezit ve andezit tüfler vardır. Marmara bölgesinde bundan başka yukarıda adı geçen hat ile Marmara Denizi arasındaki geniş kısım, Biga-Lapseki arasına rastlayan bazı volkanik tüf oluşumları ile Trakya da Enez civarında bir volkanik tüf sahası mevcuttur (Duran, 2009).

2.2.7. Kapadokya (Nevşehir) bölgesi tüflerin üretim yöntemi

Kapadokya (Nevşehir) bölgesinde volkanik tüf doğal taş üretimi yapan maden firmalarının üretim yöntemleri benzerdir. Üretime başlamadan önce, örtü kazı faaliyetleri, saha sıyırma ve temizlik çalışmaları yapılır.

Kesim yapılacak saha iş makineleri ile temizlendikten sonra saha üretime hazır hale gelmiş olur. Üretim, çift testereli makinelerle yapılmaktadır. Saha temizlendikten sonra çift testereli kesme makinesinin üst bıçağı, saha yüzeyine 30cm batacak şekilde sahayı belirlenmiş aralıkta dilimler halinde keser ve çizgi işlemi denilen bu işlem tamamlanmış olur. Daha sonra blok taş üretebilmek için taş kesme makinesinin üzerinde hareket ettiği raylar yatay düzlemde 90 derece çevrilip makine raylara yerleştirilir. Bu aşamadan sonra alt testere ve üst testere birlikte çalışarak blok tüf üretimine başlanılır.

Nevşehir'de sarı renkli volkanik tüfün ocaklardaki üretimi şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Volkanik tüf taşı üretimi

Üretilen blok tüfler, makinenin izin verdiği belirli standart ebatlara göre kesilir. Nevşehir bölgesindeki tüf ocaklarının taş üretim boyutları çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Nevşehir bölgesindeki tüf ocaklarının taş üretim boyutları

Yöresel ismi	En (cm)	Boy (cm)	Kalınlık (cm)
Tol	30	65	15
Musavat	30	65	30
Söve	15	90 ≤ Serbest boy ≤ 200	30
Sütun	30	90 ≤ Serbest boy ≤ 200	30

Nevşehir'de kırmızı renkli volkanik tüfün ocaklardaki üretimi şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Volkanik tüf taşı üretimi

Nevşehir'deki volkanik tüf ocaklarında üretilen kırmızı renkli volkanik tüfün fiziko-mekanik özellikleri çizelge 2.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Kırmızı renkli volkanik tüfün fiziksel ve mekanik özellikleri (Özkahraman, 2008)

Sertlik	Mohs	2
Schmidt çekici		12
Kuru birim hacim ağırlığı (yoğunluğu)	g/cm^3	1,5164
özgül ağırlığı	g/cm^3	2,674
ağırlıkça su emme	%	15,21
hacimce su emme	%	23,1
Gerçek gözeneklilik (toplam gözeneklilik)	%	43,3
Tek eksenli basınç dayanımı	kg/cm^2	90-95 (9-9,3 Mpa)
çekme mukavemeti	kg/cm^2	60 (6 Mpa)
P-dalgası ses hızı	m/s	2000-2400
Don sonrası P-dalgası ses hızı azalması	%	3,9
Don sonrası mukavemet azalma yüzdesi	%	5,4
Don sonrası ağırlık azalma yüzdesi (kütle kaybı)	%	0,53 (alterasyon yok)
Sürtünme aşınmasına karşı direnç DIN 52108'e göre Bohme metodu ile yapıldı.	$cm^3/50cm^2$	32,3
Isı yalıtım katsayısı k	w/m.k	0,35

2.2.8. Kapadokya (Nevşehir) bölgesi tüflerin uygulama örnekleri

Volkanik tüfler, yapılarda; taşıyıcı duvarlarda, kapı ve pencere sövelerinde, iç ve dış cephe kaplamalarında, merdiven basamaklarında, tretuvarlarda, temel dolgularında, bahçe duvarlarında ve küpeştelerde sıkça kullanılmaktadır. Nevşehir bölgesinde üretilen volkanik tüf çeşitleri şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Nevşehir bölgesindeki volkanik tüf çeşitleri

Volkanik tüf kullanılarak yapılmış müstakil konut, dış cephe ve bahçe duvarı uygulamaları şekil 2.4 ve 2.5'te gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Dış cephesi volkanik tüf ile kaplanmış müstakil konut (Nevşehir/Avanos)

Şekil 2.4’de gösterilen konutun dış cephesinde 15x30x65cm ebatlarında kirli beyaz renkli tüf, su basmanında ve bahçe duvarında 15x30x65cm ebatlarında devetüyü renkli tüf kullanılmıştır. Bahçe duvarında uygun ebata getirilmiş kirli beyaz renkli küpeşte, bahçe duvarı babalarda 30x30x90cm ebatlarında kirli beyaz renkli sütun kullanılmıştır.



Şekil 2.5. Volkanik tüf kullanılarak yapılmış müstakil konut (Nevşehir/Ürgüp)

Şekil 2.5’de gösterilen konutun dış cephesinde 15x30x65cm ebatlarında devetüyü ve formika renkli tol birlikte kullanılmıştır. Su basmanında el kesmesi ignimbirit, penrecede ve yatırmalarda devetüyü ile formika söve birlikte kullanılmıştır. Veranda kolonlarında ebatlandırılmış 10cm kalınlığında devetüyü ve formika renkli tol, merdiven korkuluklarında ebatlandırılmış devetüyü ve formika renkli tol taşı birlikte kullanılmıştır.

2.3. Mermer Hakkında Genel Bilgi

Mermerler kireçtaşı ($CaCO_3$) ve dolomitik kireçtaşlarının ($CaMg(C0_3)_2$) ısı ve basınç altında metamorfizmaya uğrayarak, tekrar kristalleşmesi sonucunda yeni bir yapı kazanmalarıyla oluşan doğal taşlardır (Akın, 2007).

Endüstride ise endüstriyel alanda kesilip cilalanabilen her türlü kayaç mermer olarak tanımlanır. Petrografik olarak masif, kabaca tekdüze irilikte (geçirdiği metamorfizma çeşidine göre) kalsit kristallerinin arasında boşluk bırakmaksızın oluşan bir kayaç olarak tanımlanır (Akın, 2007).

Mermer kalker olarak anılan kireçtaşının metamorfizma geçirmesiyle oluşmuş, yeterince sert ve dayanıklı olmasına rağmen işlemeye elverişli bir kayaçtır. Bu genel metamorfizma, oldukça derinlerde şiddetli basınç ve sıcaklığın etkisiyle olmaktadır. Bu nedenle bunlara aynı zamanda "kristalize kireçtaşı" da denilmektedir. Bundan başka iki cins mermer daha vardır, biri tektonik basınçlar nedeniyle oluşan "breş mermeri" dir. Bu mermerlerde sertleşmede esas rolü, parçalanan mermer ve kalkerlerin aralarına giren ve çeşitli renge sahip madensel tuzları içeren tabii çimento oynamaktadır. Bu tip mermerlere "milonit' veya "milonitli mermer" adı verilir, bunlar tektonik breşlerdir. Diğeri ise, yeraltında (magmatik) kütlelerin kenar kısımlarının temas metamorfizması nedeniyle oluşur (Akın, 2007).

2.3.1. Mermer Atıkları

Mermer işletmelerinde fire oranı ocak işletmeciliğinde % 50, fabrika işletmeciliğinde % 30'lara ulaşmaktadır. Yüksek firenin başlıca nedenleri; işletmecilerin bu konuda yeterli bilgiye sahip olmaması, kalifiye eleman yetersizliği, gelişen teknolojiyi izleyememe ve bunların sonucunda ocaklar da patlayıcı madde ve kompresör gibi tahrip edici metotların uygulanmasıdır. Sonuçta bu çeşit uygulamalar blok mermerde iç gerilmelere ve beraberinde mevcut çatlakların ilerlemesine veya çatlak sayılarının artmasına neden olmaktadır. Günümüz şartlarında uygulanan tel testere kesimlerinde, blok üretim çalışmalarına, düzeltme uygulamalarının sonucu olarak atık mermer parçaları ocakta kalmaktadır (Ünal ve ark., 2001).

Günümüzde mermer işletmelerinden açığa çıkan atık tozlar önemli derecede ekonomik kayıplara ve çevre kirliliğine yol açmaktadır. Afyon bölgesi mermercilik sektörü açısından önemli bir konuma sahiptir. İl genelinde 400 civarında mermer isleme fabrikası bulunmaktadır. Bu İşletmelerde üretim ve imalat sonrası pek çok mermer atığı açığa çıkmaktadır. Bu miktar, kesilen blok miktarının yaklaşık %30'u kadardır (Ünal ve ark., 2001).

Mermer tozu, en küçük boyutlu mermer atıklarıdır. Mermer isleme tesislerinde blokların ve plakaların kesilmesi esnasında açığa çıkan ve büyük çoğunluğu 1 mm

altında olan mermer tanecikleridir Kesme işleminin suyla yapılması nedeniyle bu atıklar direkt olarak suya karışır ve şlam halinde çöktürme havuzlarından veya kek olarak arıtma tesislerinden alınır (Ünal ve ark., 2001).

Atık ürünlerin depolanması ya da doğal çevreye atılması çevre kirliliğine ve doğal kaynakların kirlenmesi gibi sorunlara neden olabilmektedir. Günümüzde, atık ve artık olarak ortaya çıkan malzemelerin yeniden kullanımı ve geri dönüşümü konusunda yoğun olarak çalışılmaktadır. Bu çalışmalarda atıklardan yeni ürünler elde edilebilecek ve bunlar katkı maddesi olarak kullanılabilecektir. Atıkların yeniden kullanımı veya geri dönüşümü sınırlı olan doğal kaynakların kullanımını azaltarak, doğanın tahrip edilmesini önlemekte, üretimde verimliliği artırmakta ve atık depolanması sonucu oluşacak çevre problemlerini en aza indirmektedir (Ünal ve ark., 2001).

2.3.1.1. Oluşum yerlerine göre mermer atıkları

Ocaklarda oluşan atıklar: Mermer ocaklarında bulunan yapısal bozulmaların (fay, çatlak, yarık) blok üretimi sırasında; blokların oluşturulamamasına, dolayısıyla da irili ufaklı molozların açığa çıkmasına sebep olmaktadır. Bu tür mermer atıklarının azaltılması ancak uygun üretim yöntemini seçerek olabilir. Ocaklarda mermer atıklarının oluşmasına diğer bir etken de sayalama işlemidir. Ocakların tektonik yapısına uygun olarak elde edilen çok büyük ve şekilsiz parçalar, çeşitli amaçlar için farklı yöntemlerle istenilen ebatlarda alt, üst ve yanlardan kesilirler. Kesim sonucu ortaya çıkan atıklar da ocakta oluşan tüm diğer atıklar gibi bir tarafta biriktirilirler. Genel olarak pasa adı verilen bu artıklar, yükleyiciler vasıtasıyla damperli kamyonlara yüklenerek ocak pasa döküm sahasına dökülerek yığın oluşturulur. Ocak üretim miktarının yaklaşık % 50'sini oluşturan bu atıkların tamamının değerlendirilmesi mümkün olmamakta, mermer ocak işletmelerinin etrafında bir tas toprak yığını halinde bekletilmektedir (Özata, 2009).

Fabrikalarda oluşan atıklar: Fabrikalarda kesilen bloklardan belirli ebatlarda plakalar elde edilmektedir. Elde edilen bu plakalar bas kesme ve yan kesmelerle uygun ölçülerde boyutlandırma yapılır. Parlatma ve cilalama işlemlerine tabi tutulur. Bu işlemler sırasında çok küçük boyuttaki mermer tozu atıkları %30 oranında oluşmaktadır. Bu işlemler sulu olarak yapıldığında açığa çıkan artıklar su ile birlikte taşınmakta ve genellikle havuz yöntemi uygulanarak toplanmaktadır. Bu suyun geri kazanılması sonucunda artık tozlar elde edilmektedir. Bazı durumlarda da kesilen ve boyutlandırılan

plakaların bünyesinde bulunan çatlaklardan dolayı birbirinden ayrılarak kırılmaktadır. Bu durumda küçük levha parçaları açığa çıkmaktadır. Bu tür mermer plaka atıklarına paledyen adı verilir (Özata, 2009).

2.3.1.2. Boyutlarına göre mermer atıkları

Molozlar, mermer ocaklarının jeolojik ve tektonik yapısından kaynaklanan fay, kırık ve çatlaklardan dolayı blok üretimi sırasında ortaya çıkan şekilsiz ve çeşitli boyutlardaki mermer parçalarıdır. Küçük molozlar mozaik ve karo üretimi için kullanılmaktadır. Köşeleri kırık, delik kanallı, geometrik bozukluğu gibi görünür kusurları olan bloklar da molozlar sınıfına girer. Bazı mozaik ve karo imalatçıları molozları kullanmak yerine kendi özel ocaklarından delme patlatma yöntemiyle blok yerine moloz üretmekte ve onları kullanmaktadır. Bunun sebeplerinden en önemlisi ise ocaklardan artık olarak atılan mermer molozların herhangi bir itina gösterilmeden taş ve toprakla beraber yığılmasıdır. Bunu önlemek için ise yarayabilecek molozların ayrı yerlerde stoklanması gerekir. Köşe kırıkları, delik kanallı görünür kusurları ve geometrik bozuklukları çıkarıldıktan sonra geriye kalan hacim “standart blok” olarak adlandırılır (Özata, 2009).

Kapaklar, mermer işletme tesislerinde kesim sırasında alt ve yan kısımlarda kalan artıklar ile monolama ve monotel kesme sonucu oluşan atıklardır. Bu tip mermer atıklarının bir yüzeyleri düzgün olup iri boyutlu mermer parçalarıdır. Ayrıca ocaklarda, büyük blokların sayalanması sırasında alt, üst ve yan yüzeylerde açığa çıkan parçaları da kapak olarak isimlendirilir (Özata, 2009).

Paledyenler; mermer işleme tesislerinde, ocaklardan getirilen bloklar katraklar ve S/T Makinesi yardımıyla plakalar halinde kesilirler. Kesilen bu plakalar yan kesme ve baş kesme makinelerinde ebatlanır. Bu ebatlama esnasında geriye kalan ve düzgün geometrik şekilde elde edilemeyen plakalara paledyen denir (Özata, 2009).

Tozlar, en küçük boyutlu mermer atıklarıdır. Mermer isleme tesislerine blokların ve plakaların kesilmesi esnasında açığa çıkan ve büyük çoğunluğunun tane boyutu 250 μm’nin altında olan mermer taneleridir. Kesme işleminin su ile yapılması sebebiyle bu atıklar direkt olarak suya karışır ve şlam halinde çöktürme havuzlarında arıtma tesislerinden alınır (Özata, 2009).

2.4. Plastik Malzemeler Hakkında Genel Bilgi

Plastikler, yüksek molekül ağırlıklı organik moleküllerden ya da polimerlerden oluşmaktadır. Organik moleküller ve polimerler, birbirine kimyasal olarak bağlı birimlerin yinelenmesiyle ortaya çıkan zincir yapılardır. Plastik, istenilen biçimi alabilen anlamına gelen yunanca "plastikos" sözcüğünden gelir. Plastiklerin kaynağı, ham petrol, gaz ve kömürdür (Clemons, 2002).

Plastiğin genelde ana kaynağı petrol rafinerisinden arta kalan maddelerdir. Dünyada üretilen toplam petrolün sadece %4'ü plastik üretimi için kullanılmaktadır. Ticari olarak yapılan ilk plastikler, yarı sentetiktir. Bunlar, genellikle pamuk artıklarından elde edilen ve insanların sindiremediği bir karbonhidrat olan selülozdan türetilmiştir (Clemons, 2002).

Günlük hayatın vazgeçilmez bir parçası haline gelen plastikler, üretim miktarlarının büyüklüğü nedeniyle, daha fazla geri dönüşüme tabii tutulmalıdırlar. Bunlar için birçok çalışma yapılmasına rağmen, daha birçok plastik türünde de geri dönüşüm projesi geliştirmek mümkündür (Clemons, 2002).

Plastikler, normal sıcaklıkta genellikle katı halde bulunan, basınç ve ısı etkisiyle mekanik yöntemlerle şekillendirilebilen veya kalıplanabilen organik polimerik maddelerdir. Plastik esaslı ürünler; termoplastik ve termoset ürünler olmak üzere genel olarak iki gruba ayrılırlar (Gökalp, 2006).

Termoplastikler; ısı ve basınç uygulandığında plastik özelliklerini kaybetmeyen plastikler olup, defalarca şekillendirilebilirler. Termoplastiklerin kullanılma süreleri, malzemenin yorgunluğuna bağlıdır. Kendi ağırlıkları altında 54–120ºC arasında, bazen de yapılarına bağlı olarak 260–270ºC'ye varan sıcaklıklarda bozunurlar. Bu nedenle termoplastiğin işlenmesi sırasında sıcaklık iyi kontrol edilmelidir (Gökalp, 2006).

Termosetler ise, ısı ve basınç altında bir kere şekillendirildikten sonra tekrar şekillendirilemeyen plastiklerdir. Ancak bir defa işlenebilirler. Çünkü şekillendirme işlemi sırasında kimyasal değişim ile şebeke yapısına dönüşür ve plastik özelliğini yitirerek sert bir malzeme haline gelirler. Bu sert malzeme torna, freze ve kesici makinelerde işlenebilir. Termosetlerin piyasada pek çok türleri vardır. Kendilerine özgü özelliklerinden dolayı termoset plastikler tek başlarına kullanılamayıp, termoplastikler gibi diğer katkı maddeleri ile karıştırılarak kullanılırlar. Termosetler yapılarına göre 60–150ºC'ler arasında, bazı tipleri ise 230ºC sıcaklığa kadar kararlıdırlar. Daha yüksek sıcaklıklarda ise bozunurlar. Polimerlerin molekül ağırlığı, yapısı, çapraz bağlanma

derecesi ve iskeletinin içerdiği fonksiyonel gruplar, üretilen plastiğin fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkiler. Plastikler metal ve diğer mühendislik malzemelere göre farklı özelliklere sahiptirler (Clemons, 2002).

2.4.1. Polyester reçineler

Polyester reçineler kompozit endüstrisinin lokomotifi konumunda olup, kullanılan reçinelerin yaklaşık %75'ni temsil ederler. Polyester reçineler koyu kıvamlı ve zor akan, neredeyse renksiz sıvılardır. Polyester reçineler uygulamada yüksek bir esnekliğe sahiptir. İki bileşenli bir reçine olup, sertleşmesi için katalizatör etkisi gösteren metil etil keton peroksit (MEKP) adıyla bilinen organik peroksitlerin ilavesi gerekir. (% 1-2 oranında) Sertleşme süresi ortam sıcaklığına bağlı olup, sertleştirici de denilen katalizörlerin karışımdaki payına bağlıdır. Reaksiyonu yavaşlatmak gerektiğinde inhibitör adı verilen katkılar kullanılır. Reçinenin normal oda sıcaklığında sertleşebilmesi için bir katkıya ihtiyaç vardır. Hızlandırıcı adı verilen bu malzeme bazen reçinenin içine önceden karıştırılmakta ve reçine bu şekilde piyasaya verilmektedir. Hızlandırıcıyı polyestere oldukça dikkatli bir şekilde karıştırmak gerekir, karışım sırasında oluşan reaksiyon bir patlama oluşturabilmektedir. Polyester reçinelerinin temel maddesi Styrol hafif zehirleyici özellikte ve reaksiyon sırasında buharlaşan bir malzemedir (Akın, 2007).

Polyester reçineler, doymuş ve doymamış polyester reçineler olarak ikiye ayrılır. Doymuş polyester reçineler, polietilen teraftalat veya terilen gibi termoplastik özellik gösteren ve enjeksiyon kalıplamada, elyaf üretiminde kullanılan reçinelerdir. Doymamış polyester reçineler, uygun bir katalizör ile çapraz bağ oluşturan termoset özellikli reçinelerdir. Lif takviyeli üretimlerde genellikle doymamış polyester reçineler kullanılır(Akın, 2007).

Sanayinin birçok dalında değişik amaçlarla kullanılan termoset polyesterlerin sınıflandırılması aşağıdaki gibidir:

Termoset reçineler

1. Epoksi reçineleri
2. Vinil ester reçineleri
3. Poliüretanlar
4. Fenolikler
5. Poliamid reçineler

6. Polyester reçineler
7. Genel amaçlı polyesterler
8. Özel amaçlı polyesterler
9. Alev geciktirici reçineler
10. Stiren buharlaşması az olan reçineler
11. Düşük çekmeli reçineler
12. Esnek reçineler
13. Hazır kalıplama bileşimleri için reçineler
14. Işıkla sertleşen reçineler
15. Döküm reçineleri
16. Köpük polyester reçineler
17. Seyrelticiler
18. Melamin ve üreformaldehit reçineler
19. Silikon reçineler

Polyester reçinenin avantajları; düşük viskoziteye sahip olması, kür zamanının kısa oluşu, maliyetinin düşük olması, değişik amaçlar için formülasyon kolaylığının oluşu şeklinde sıralanabilir (Yaşar, 2001).

Sertlik, hava şartlarından etkilenmeme, çeşitli kimyasallara dayanım gibi daha birçok iyi özelliklerle polyesterler vazgeçilmez önemli polimerlerdir. Genelde polyesterler daha çok dibazik olmak üzere polifonksiyonel asitlerle glikol, gliserin gibi polialkollerin veya metil metakrilat, stiren ve diallil ftalat gibi monomerlerin sertleşmesi sonunda elde edilirler (Viksne, 2002).

Bir doymamış polyester olarak meydana gelen son ürün pratikte özel formüller kullanılarak stiren veya vinil monomerde çözünmüş halde elde edilir. Hazırlanan polyesterin kürleştirilmesi gerektiğinde (sertleşmesi) katalizör (sertleştirici) ve hızlandırıcı ile belirli oranlarda karıştırılması gerekmektedir. Katalizör olarak “metil etil keton peroksit, benzoil peroksit” çok kullanılan maddelerdir. Hızlandırıcı olarak da kobalt naftenat, kobalt okteat ve kurşun okteat kullanılmaktadır. Bu maddelerin kullanım oranları firma tavsiyesi esas olmak üzere yine de genel bilgi için katalizörde %1, hızlandırıcıda %0,1 diye ifade edilebilir. Bu katkı oranları yaklaşık 12 saatlik bir sertleşme içindir (Viksne, 2002).

2.4.2. Polyesterlerin özelliklerine göre kullanıldığı yerler

Döküm tipi polyesterler orta reaktivitede, genel maksatlı döküm reçineleri olup, yumuşak ve esnektir. Küvet, lavabo, suni mermer, mutfak tezgahı, masa kenarları ve ayakları, santrifüj, çubuk düğme, süs eşyası, vb. üretimlerde kullanılabilirler. Çatı kaplama gibi kaplama amaçlı levha üretiminde kullanılmak üzere üretilen levha tipi polyesterler orta viskozitede ve orta jelleşme zamanına (gel time) sahip olup, çabuk sertleşen, mekanik özellikleri mükemmel olan ve hava şartlarına dirençli genel amaçlı bir döküm reçinesidir (Anonim, 1997).

İnşaatlar için düz panel, oluklu levha, otomobil parçaları (rüzgarlık, tampon, vb.), kayık, bot, tekne, tank, karavan, su deposu, duş kabinleri, abajur, vantilatör muhafazası, vitrin mankeni, vb. üretiminde kullanılmak üzere üretilen elyaf tipi polyester ve tezgah tipi polyester orta jelleşme zamanına (gel time) sahip olup, çabuk sertleşen, mekanik özellikleri mükemmel olan ve hava şartlarına dirençli genel amaçlı döküm reçineleridir. Bunların izolasyon özelliği de bulunmaktadır (Anonim, 1997).

2.4.3. Polyester katalizörleri

Polyester ürünlerin hazırlanması sırasında kullanılan katalizörlerden olan metil etil keton peroksit (MEK-P) parlayıcı bir malzeme olup, reçineye mümkün olduğunca hassasiyetle eklenmelidir (ufak miktardaki karışım hazırlamada damlalık kullanılmasını gerektirmektedir). Sertleştirici ilave edilmediği takdirde reçine tam olarak sertleşmeyecek, tam mukavemetine ulaşmayacak ve su geçirmezlik özelliği kazanmayacaktır.

Hızlandırıcılarda ise atölye sıcaklığının 15-25 °C olması reaksiyonun başlaması için yeterlidir. Reaksiyonun ilk başlangıcından itibaren enerji açığa çıkararak tam sertleşme gerçekleşmektedir.

Aynı şekilde yavaşlatıcı (inhibitör) ilavesiyle de reaksiyon için yeterli uygulama zamanının kazandırılması sağlanabilmektedir (Saçak, 2000).

2.4.4. Hızlandırıcılar (Promotörler)

Polyester esaslı ürünlerin üretiminde hızlandırıcı katalizör olarak genellikle kobalt oktoat veya kobalt naftanat kullanılır. Kobalt hızlandırıcıları organik kobalt

tuzlarıdır, %1, %6 veya %10 metal ihtiva eden çözeltiler şeklinde piyasaya sürülürler. Isıtıldığında veya kobalt naftanat gibi bir hızlandırıcı ile birleşerek kullanıldığında, peroksitler reaktif hale dönüşerek, doymamış polyesterin reaksiyona girmesini (polyester moleküllerinin cross link adı verilen bir şebeke yapısı oluşturmasına) ve sertleşmesini sağlar. Başlıca hızlandırıcılar kobalt naftanat, kobalt oktoat, dimetil anilin (DMA) ve dietilen anilindir (DEA). Doymamış polyesterleri sertleştirmede kullanılan hızlandırıcılar kobalt ve vanadyum metallerinin birleşikleri ile azotlu bileşiklerdir. Bu yüzden hızlandırıcılar kobalt hızlandırıcısı, vanadyum hızlandırıcısı ve amin hızlandırıcısı diye adlandırılır (Özdemir, 2006).

a) Kobalt hızlandırıcıları; organik kobalt tuzlandır. Genellikle ya kobalt oktoat veya kobalt naftanat şeklindedirler. Yumuşatıcılarda (ftalat) veya stiren içerisinde çözülmüşlerdir. Dozajı ayarlamak bakımından Kobalt hızlandırıcılar %1, %6 veya %10 metal ihtiva eden çözeltiler seklinde piyasaya sürülürler. Reçineye %0,1 ile %3 arasında ilave edilirler. Kobalt hızlandırıcılar Ketonperoksitlerle (6. grup katalistler) oda sıcaklığında, Hidroperoksitlerle biraz daha yüksek sıcaklıklarda, Peresterlerle 70°C'nin üstündeki sıcaklıklarda sertleşme verirler. Ketonperoksit ve Kobalt hızlandırıcı miktarları değiştirilerek işleme süresi geniş sınırlar içinde ayarlanabilir. Kalıptan çıkarma süresi genellikle aminli hızlandırıcılara nazaran daha uzundur. Kobalt yüzeyde kurutucu etki yapar ve havanın inhibitör etkisine karsı koyar. Bu yüzden Kobalt hızlandırıcı ile ince tabakalarda bile yapışkan olmayan yüzey elde edilebilir (Yılmaz, 2006).

b) Vanadyum'lu hızlandırıcılar da oktoat veya naftanat seklinde piyasaya sürülürler. Vanadyum daha etkili bir hızlandırıcıdır. Ancak stabilitesi düşüktür, yani zamanla bozunur. Bu yüzden kullanımı pek yaygınlaşmamıştır. Vanadyum'lu hızlandırıcılar yalnız ketonperoksitlerle değil, aynı zamanda hidroperoksitlerle, perketallerle, peresterlerle (yani daha az aktif peroksitlerle) de birlikte kullanılabilirler. Vanadyum'lu hızlandırıcının depolama ömrü daha kısadır (Yılmaz, 2006).

c) Amin hızlandırıcılar da %10'luk çözeltiler halinde stiren içinde veya ftalatlı yumuşatıcılar içinde piyasaya sürülürler. En çok kullanılanlar dimetilparatoluidin, dietilanilin ve dimetilanilin cinsleridir. Amin hızlandırıcılar genellikle enzoilperoksit'le beraber kullanılırlar. Normal jelleşme süresine karşılık süratli bir sertleşme verirler. Polyestere hafif sarımtırak bir renk verirler. En etkin olanı dimetilparatoluidin'dir. Onu sırasıyla dimetilanilin (en çok kullanılan) ve dietilanilin takip ederler (Yılmaz, 2006).

2.4.5. Sertleştiriciler

Sertleştiriciler, polyester, jelkot ve vinilesterlerin içindeki hızlandırıcılar ile reaksiyona girerek veya ısı ile ürünün sertleşmesini-kürlenmesini gerçekleştirirler. Bu reçine ve monomerin (reçine içinde bulunan stiren gibi) sertleşmesi için çapraz-bağ ile sonuçlanan kimyasal reaksiyonu başlatır. Oluşan bu çapraz-bağlar tıpkı bir kelepçe gibi, sıvı reçinenin içindeki bileşenlerini bir arada tutar. Bir miktar çapraz-bağ oluştuğunda reçine jel formunu alır buna "jelleşme" denir. Reçine içindeki birçok çapraz-bağ oluştuğunda ise, reçine katı form alır ve buna "sertleşme" denir.

MEK-P organik bir peroksittir. Oda sıcaklığında, temas (kontak) kalıplama ile polyester ve vinilesterin sertleşmesinde kullanılan en genel sertleştiricidir (Yılmaz, 2006).

2.4.6. Renklendiriciler

Pigmentler inorganik veya organik ürünler için kullanılabilmektedirler. Yüzde 5'i geçmeyen miktarlarda eklenirler. Pigmentlerle reçineyi harmanlamak genelde zor bir işlemdir. Partiküller veya inorganik pigmentler yapışkanlardır ve bu yüzden de güçlü bir karıştırma tanecik topaklanmasını önlemek için gereklidir. Organik pigmentler ise tüy gibi yumuşaklardır ve elektrostatik yük taşırlar. Diğer katkılarla kuru harmanlama zordur ve bu nedenle reçineye direkt olarak eklenmelidirler (Yılmaz, 2006).

Pigment taneciklerinin reçineyle ıslanmaları ciddi bir sorundur. Bazı yüzey aktif ajanlar ıslanmayı kolaylaştırmak için kullanılabilirler. Uygunsuz dispersiyonlar renk tonunu etkilerler. Aşırı kullanım maliyeti artırır ve bazı pigmentler raf ömrünü etkilerler. Bunlar jelleşmeyi hızlandırabilir veya geciktirebilirler. Bazı pigmentler hamur dispersiyonu şeklinde sağlanırlar. Bunlar karışıma topaklaşma sorunları olmadan kolayca eklenebilirler. Alkali pigmentleri jelleşmeyi geciktirip kür süresini uzatırlar. Bu nedenle katalizör içeriği bu zorluğu aşmak için artırılmalıdır. Yapay inci pigmentleri de jelleşmeyi geciktirirler. Kalsiyum karbonatlar ve iğnesel çinko oksit pigmentler önemsiz geciktirme gösterirler. Karbon karası ve anataz titanyum dioksit asidiktirler ve geciktirme etkileri gösterirler ve pigment olarak kullanıldıklarında başlatıcı içeriği buna bağlı olarak azaltılmalıdır (Yılmaz, 2006).

Ftalat ve fosfat esterlerindeki pigmentler reçine sertliğinde azalmayla sonuçlanan plastiklik verdiklerinden kullanılmamalıdırlar (Yılmaz, 2006).

2.4.7. Takviye malzemeleri

Takviye malzemeleri genelde toz ya da fiber halde inorganik inert malzemelerdir ve genellikle maliyeti azaltmak için eklenirler. Katsayıyı geliştirerek sertliği artırırlar.

Dolgular ürünün gereken özelliğini bulmak için dikkatli şekilde seçilmelidir. Çeşitli dolgular ürüne özgün özelliklerini vermek için gereken orantılarda karıştırılabilirler. Genelde tanecik boyutu kaplama uygulaması dışında 200 mesh (=77 mikron) altına düşmemelidir (Yılmaz, 2006).

Dolgular mümkün olduğunca temiz olmalı ve yağlı malzemelerden, kirden ve özellikle nemden arınmış olmalıdır. Nem basınç kalıplamada karmaşık sorunlar ortaya koyar. Kısmi polimerizasyona sebep olabilir ve özellikle dokum ürünlerinde gözenek ve pinhol gibi kusurlar yaratır. Dolguların pH derecesi ve reçinenin asit sayısı ara yüzeyde fazla zayıflama oluşmayacak şekilde olmalıdır (Yılmaz, 2006).

Dolgular genelde karışımın toplam ağırlığının % 10–90'ını içerir. Dolgu oranını ayarlamada kullanılan katkılar ucuzdur bu nedenle maliyeti düşürürler. Bu düşüşe paralel olarak kompozit malzemenin mekanik özelliklerini de düşürdükleri için istenen mekanik özelliği sağlayacak kadar az dolgu kullanılmalıdır (Yılmaz, 2006).

Toz Dolgular: Optimum miktarlarda toz dolguların ilavesi basma mukavemetin artırır. Aşırı miktarlar eğme ve çekme mukavemetini azaltır. Kürleme sonrası reçinedeki hacimsel küçülme dolgu varlığıyla da azaltılır. Buna ek olarak reçinenin sıcak kalıplamada akısını geciktirirler. Sert ağaçlardan elde edilen ağaç tozları veya fındık kabukları en çok kullanılan dolgulardır. Ucuz, kolay bulunabilen ve fiberli yapılarıyla sağlamdırlar. Ayrıca reçineyle çabukça ıslanabilir, bu yüzden kolayca karışabilir. Ancak ağaç tozunda bulunan nem bazı sorunlar yaratır ve zayıf elektriksel özelliklerle düşük boyutsal kararlılık verir. Talaş, ağaç hamuru, hint keneviri ve diğer selülozik malzemeler de dolgu olarak kullanılabilirler (Yılmaz, 2006).

Mineral kökenli dolgular fiziksel, mekanik, elektriksel özellikler ve görünüme etki edecek türlü amaçlar için kullanılırlar. Hemen her ezilmiş kaya ve zemin kayaları UP reçineleri ile birleştirilebilirler. Güçlü karbonatlar örn. kalsiyum karbonat, baryum sülfat (barit) gibi reaktif olmayan sülfatlar ve bazı metal oksitler dolgu olarak kullanılırlar ve beyaz renkli bileşen olarak sonuç verirler. Silika, seramik oksitler, diatome toprak ve asbest ısıl ve elektrik yalıtımı sergilerler. Mika tozu iyi elektriksel özelliktedir fakat zayıf ısı yalıtımı sergiler. Asbest kullanımı insan solunum sisteminde

sağlık etkileri nedeniyle sınırlıdır. Bazı iyi bilinen dolguların özellikleri aşağıda verilmiştir (Yılmaz, 2006).

Takviye malzemeleri, reçine sistemlerinin mekanik özelliklerini artırmak amacıyla kullanılırlar. Takviyeler içinde en çok kullanılanı, cam elyaftır. Çok yüksek mekanik mukavemete sahip olan karbon elyafının geliştirilmesi özellikle mukavemet ve hafifliğin önem kazandığı havacılık endüstrisinde yeni boyutlar getirmiştir. Bir diğer yeni uygulama aromatik poliyamid elyafı (kelvar)'dır. Bu tip elyafın kullanılması, cam elyafı takviyeye oranla %30 civarında ağırlık tasarrufu sağlamaktadır (Yılmaz, 2006).

2.4.8. Jelkot

Jelkot neo pentil glikol esaslı olup, fiziksel ve kimyasal dayanımı çok iyi, parlak, sararmayan, matlaşmayan, aşınmaya dayanıklı estetik açıdan görünümünün de önemli olduğu alanlarda iyi sonuç veren bir polyesterdir. Küvet, lavabo, polyester, mermer, traktör kabini, çatı ve cephe kaplaması vb. polyester ürünlerin üretiminde kullanılır (Yılmaz, 2006).

2.4.9. Kalıp ayırıcılar

Ayırıcılar, kompozit ürünlerin kalıptan çıkarılmasını sağlayan malzemelerdir. Bu ürünler reçineye katılarak kalıba uygulanmakta veya hem reçineye katılmakta hem de kalıba sürülmektedir. Çinko sterat reçineye katılan pres kalıplama için geliştirilmiş popüler bir kalıp ayırıcıdır. Vakslar, silikonlar ve teflon gibi diğer kalıp ayırıcılar, kalıp yüzeyine doğrudan uygulanabilmektedir (Yılmaz, 2006).

2.4.9.1. Vaks kalıp ayırıcılar

Vaks kalıp ayırıcılar çoğunlukla vaks şeklinde kullanılır. Yüksek oranda "Carnuba" vaksından yapılmışlardır ve silikon katkı içermezler. Carnuba vaks esaslı özel vaks pasta cilalar sunan çesitli üreticiler vardır. Sert, orta sert ve yumuşak kıvamda bulunabilirler. Kalıp yüzeyinde vaks birikmesine mani olmak ve kalıp yüzeyinin bir defada kaplanıp temizlenebilmesi için sıvı kalıp ayırıcılar da mevcuttur. Vaks cilalar parlak son yüzeyler vermek için parlatılarak da kullanılırlar. Normal olarak ince birçok kat olarak uygulanır ve her uygulamada aynı işlem tekrarlanır. Uygun kalınlığa

ulaşılana kadar yaklaşık altı kat vaks her katı ayrı ayrı parlatarak sürmek gerekir. Her tabakanın kalınlığını arttırarak tabaka adedini azaltma yoluna gidilmemelidir. Böyle bir uygulama istenilen nitelikte ayırıcı tabakası elde edilememesine neden olur (Demirel, 2007).

2.4.9.2. Silikon kalıp ayırıcılar

Silikon kalıp ayırıcılar epoksi reçine sistemleri için uygundur. Ancak polyester reçine sistemleri ile silikon kalıp ayırıcıların karışma olasılığı çok yüksek olduğundan, sıcak pres kalıplama dışında polyester reçine sistemiyle kullanılamazlar. Aynı şekilde poliüretan reçinelerin köpürmesini önlediklerinden bu uygulamalar için de tavsiye edilmezler. Spray, emülsiyon, solüsyon ve yağ seklinde birçok silikon kalıp ayırıcı ticari olarak bulunmaktadır (Yılmaz, 2006).

2.4.9.3. Diğer başlıca kalıp ayırıcılar

Polivinil Alkol (PVA), Spray Kalıp Ayırıcılar, Film Kalıp Ayırıcılar, Selüloz Asetat, Nitro Selülüz ve Sellak'dır (Yılmaz, 2006).

2.4.10. Kompozit Malzemelerin Kalıplanmasında Rastlanan Başlıca Hatalar

2.4.10.1 Gözenekli yüzey

Kalıplanacak malzeme kalıba göre az olabilir, miktarı arttırmak gerekir. Malzeme çok akıcı olabilir. Kalınlaştırıcı dolgu malzemesi kullanılmalıdır. Kalıp tasarımı değiştirilebilir. Kalıplama malzemesi çok kalın olabilir. Malzemenin akışkanlığını kontrol edilmeli, presleme basıncı arttırılmalıdır. Kalıp tasarımı değiştirilebilir. Kalıp sıcaklığının çok yüksek olması gözenekli yüzeye sebep olabilir. Kalıp sıcaklığı azaltılmalıdır. Hava kabarcığı gözenekli yüzey oluşturabilir. Kalıp tasarımının doğruluğunu kontrol etmek gerekir. Uygun olmayan kalıp tasarımı gözenekli yüzey oluşmasına sebep olabilir (Yılmaz, 2006).

2.4.10.2. Yüzeyde kabarcık oluşumu

Kalıp yer yer soğuk olabilir. Homojen ısıtma sağlanmalıdır. Hava kaçakları olabilir. Kalıptaki hava çıkışları kontrol edilmelidir. Kalıplama malzemesi rutubetli olabilir. Malzeme kuru saklanmalıdır. Malzemenin yetersiz volkanizasyonu, yetersiz volkanizasyon zamanı, yüksek hamur sıcaklığı, yüksek kalıp sıcaklığı, hamurun reaksiyonunun çok kuvvetli olması, eşit olmayan kalıp ısıtılması, yüzeyde kabarcık oluşumuna sebep olabilir (Yılmaz, 2006).

2.4.10.3. Renkli yüzey oluşumu

Renk farklılaşma nedenleri sıralanacak olursa; Kalıp çok sıcak olabilir. Kalıp sıcaklığı ayarlanmalıdır. Kalıplama malzemesi bozulmuş olabilir. Eşit olmayan volkanizasyon derecesi, kaba taneler, farklı tane büyüklükleri, renkli yüzey oluşumuna sebep olabilir (Yılmaz, 2006).

2.4.10.4. Yüzeyde matlık

Kompozit ürünün yüzeylerinde elde edilmesi gereken renklerde bir matlık varsa bu olay iki şekilde ortaya çıkabilir, ilkinde tüm parça yüzeyinde mat yüzeyler oluşmuştur, diğerinde parçanın bazı yerlerinde matlık olabilir.

Kalıp yüzeyi yeterince parlatılmamış olabilir. Aşınma olaylarından dolayı kalıp yüzeyleri tam olarak veya kritik yerlerinden kullanılmaz hale gelir, böylece kalıp istenen kalıp yüzey pürüzlülüğüne sahip değildir, bu yapı parça yüzeyi üzerinde mat yüzey seklinde hatalı görünüş olarak ortaya çıkar. Kalıp ayırıcı eleman fazla konulmuş olabilir. Fazla kayıcı madde miktarı göz yüzeyi üzerinde çökelmesi ile her bölgede aynı kalıp duvarı temasını engeller. Kalıplama malzemesi rutubetlenmiş olabilir. Malzeme kuru yerde saklamalı veya kullanmadan önce kurutmalıdır. Hamurun içinde su gibi tutulan kondensasyon ürünleri göz yüzeylerine çökelir ve yetersiz kalıp duvarı temasına neden olur. Kalıp yüzeyi soğuk olabilir, ısı yükseltmelidir. Ürün yeterince sertleşmemiş olabilir, kalıplama süresi uzatılmalı veya sertleşme sıcaklığı arttırılmalıdır. Hamurun kalıp duvarına temasını kaybettiği alan içinde kayıcı tabakanın noksan erişmesi yüzünden mat yerlerin oluşumu meydana gelebilir. Genellikle kesit genişlemesinde sıkıştırılmamış alan oluşumu meydana gelir. Kalıp tasarımının uygun olmaması sonucu

hamur akış direncinin düşük olduğu alanlara kaçma yapar, yüksek akış dirençli kalıp alanları muhtemelen tam olarak dolmaz. Dolgu maddesi dağılımının iyi olmaması durumunda kullanılan dolgu maddesi kaba ise numune yüzeyinde çıkıntı yapar. Başka bir deyişle dolgu maddesi reçineden ayrışabilir, bu ayrışma yüzey üzerinde oluşan mat yüzeylerin bir başka oluşum sebebidir. Eşit olmayan kalıp ısıtılması, kısa volkanizasyon (sertleşme) zamanı, düşük kalıp sıcaklığı, yüzeyde matlık oluşmasına sebep olabilir. (Atik, 2002).

2.4.10.5. Kalıplama malzemesinin kalıba yapışması veya sıkışması

Kalıplama malzemesi çok yumuşak veya çok rutubetli olabilir. Kurutmalı ve önceden ısıtmalıdır. Kalıp tasarımı eğimleri arttıracak şekilde değiştirilmelidir. Ters eğim, malzemenin kalıba yapışmasına veya sıkışmasına neden olabilir (Yılmaz, 2006).

2.4.10.6 Ürünün bükülmüş olması

Kalıp sıcaklığı homojen olmayabilir. Tüm kalıp yüzeyinde sıcaklık dağılımının eşit olmasına dikkat etmek gerekir. Yüzeydeki sıcaklık farkı 2-5 °C 'den fazla olmamalıdır. Aşırı ısı çıkısı olabilir. Sertleşme sıcaklığı düşürülmeli, kalıplama malzemesi değiştirilmeli, kalınlık azaltılmalıdır (Yılmaz, 2006).

2.4.10.7. Akma çizgileri

Hamur içinde yüksek nem miktarı, hamur içinde fazla kayıcı madde miktarı, volkanizasyon hataları, yüksek kalıp duvarı sıcaklığı, akma çizgilerine neden olabilir (Yılmaz, 2006).

2.4.10.8. Çatlak oluşması

Sıkıştırılmamış bölge, ısı iletiminde hata, kalıp içinde sıkışma, çıkarıcıdan dolayı deformasyon, tam olarak volkanize olmamış malzeme, kalıptaki çıkıntılar, hatalı kalıp eğimi, birleştirme izleri, boşluk, hava kabarcıkları, çatlak oluşmasına neden olabilir (Yılmaz, 2006).

2.4.10.9. Çökelmeler

Malzemenin dıştan içe doğru sertleşmesi, yüksek nem miktarı, et kalınlığı farklılıkları, çökelmelere neden olabilir (Yılmaz, 2006).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Malzemeler

3.1.1. Polyester

Polyester reçineler jel kıvamında renksiz sıvılardır. Polyester reçinelerinin temel maddesi styroldür. Styrol hafif zehirleyici özellikte ve reaksiyon sırasında buharlaşan bir malzemedir. Polyester atölyelerinden bildiğimiz koku uçan styrolün kokusudur. Polyester reçineler 100 ^{0}C sıcaklığın altında mekanik ve kimyasal dayanım bakımından iyi olup, fiyatları düşüktür. Kompozit malzemelerde matriks olarak kullanılırken dolgu malzemeleri katılabilir. Polyesterin sertleşme öncesinde viskozitesi düşüktür ve dolgu maddesini çok iyi ıslatır. Düşük sıcaklığa ve rutubete duyarlıdırlar. Atölyede sıcaklık ve rutubetin kontrol altında tutulması gerekmektedir.

Bu çalışmada kompozit malzeme numunelerinin üretiminde, Poliya firmasının Polipol 3456 ortoftalik esaslı, yüksek ısıl dayanımlı, genel amaçlı döküm tipi polyester reçinesi kullanılmıştır. Deneme numunelerinin üretiminde kullanılan polyester reçinenin özellikleri çizelge 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 ve 3.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan polyesterin kimyasal yapısı (Anonim, 2008)

Asit	ortoftalik
Glikol	Standart glikol
Modifikasyon	Yok
Hızlandırıcı	Opsiyonel
Reaktivite	Orta-yüksek

Çizelge 3.2. Kullanılan polyesterin sıvı haldeki özellikleri (Anonim, 2008)

TEST	METOD	DEĞER
Renk	ISO 2251 -	Max. 100 Hazen
Yoğunluk	ISO 1675 ±%5	1,128 gr/cm^3
Kırılma İndeksi	ISO 0489 ±%5	1,539
Asit Değeri	ISO 2114 ±%20	19mg KOH/gr
Viskozite[1] Brookfield	ISO 2555 ±%30	600 cp
Tiksotropi	- -	yok
Jel Süresi[2]	ISO 2535 ±%40	10'
Monomer Oranı	- ±%12	36 %
Parlama Noktası	Abel-Pernsky -	33 ^{0}C
Raf Ömrü	- -	4 ay

Çizelge 3.3. Kullanılan polyesterin sertleşme verileri (Anonim, 2008)

TEST	METOD	DEĞER
t 65-90 ^{0}C	ISO 0584 ±%10	Yok
T 65-T maks	ISO 0584 ±%10	Yok
t maks	ISO 0584 ±%10	Yok
T maks	ISO 0584 ±%10	Yok

Çizelge 3.4. Sertleşmiş polyester reçinenin özellikleri (Anonim, 2008)

TEST	METOD	DEĞER
Yük altında eğilme sıcaklığı (HDT)	ISO 0075-A ±%10 ISO 0075-B	72 ^{0}C 83 ^{0}C
Su absorbsiyonu	ISO 0062 ±%10	0,18 %
Barkol sertliği (Barcol 934-1)	ASTM-D 2583 ±%10	42
Toplam hacimsel çekme	ISO 2114 ±%10	8,5 %

Çizelge 3.5. Sertleşmiş polyester reçinenin mekanik özellikleri (Anonim, 2008)

TEST	METOD	DEĞER
Eğilme Dayanımı	ISO 0178 ± %10	129 Mpa
Elastiklik Modülü	ISO 0178 ± %10	3600 Mpa
Kopmadaki Uzama	ISO 0178 ± %10	5,3 %
Çekme Dayanımı	ISO 0527 ± %10	63 Mpa
Elastiklik Modülü	ISO 0527 ± %10	3110 Mpa
Kopmadaki Uzama	ISO 0527 ± %10	3,4 %
Izod Darbe Dayanımı	ISO 0180 ± %10	11 kj/m^2

3.1.2. Metil etil keton peroksit (MEK-P)

Sertleştiriciler, reçine ile reaksiyona girerek sıvı formdan katı forma dönüşmesini (sertleşmesini) gerçekleştirir. MEK-P organik bir peroksittir. Bu tür bileşikler kendi başlarına kararsız yapıda olduklarından dolayı asal (inert) maddeler ile karışım formunda bulunurlar. Bu karışım formuna, endüstride kullanılan sertleştirici adı verilmektedir. Karışım yapıda olmalarından dolayı farklı özelliklere, etken madde oranına ve farklı jel süreleri veren tipte olabilirler. Polyester ve vinilester reçineler için birçok sertleştirici çeşidi bulunmaktadır.

MEK-Peroksit, oda sıcaklığında, temas (kontak) kalıplama ile polyester ve vinilesterin sertleşmesinde kullanılan en genel sertleştiricidir. Diğer sertleştiriciler de aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Metil Etil Keton Peroksit (MEK-P) – oda sıcaklığında genel uygulamalar için.
- Benzoil Peroksit (BPO) – 80°C ve üzerindeki sıcaklıklarda veya amin hızlandırıcı ile birlikte.

- Kümen Hidroperoksit (CHP) - 80°C ve üzerindeki sıcaklıklarda veya hızlandırıcılar ile birlikte.
- Asetil Aseton Peroksit (AAP) - hızlı sertleşme istendiğinde.
- Tersiyer Butil Peroktoat (TBPO) - ısı ile sertleştirme gerektiren, pultrüzyon ve sıcak pres gibi uygulamalarda kullanılır.
- Tersiyer Butil Perbenzoat (TBPB) - pultrüzyon ve sıcak kalıplama gibi ısı ile sertleştirme gerektiren, uygulamalarda kullanılır.
- Siklohegzanon Peroksit (COX) - kademeli bir kürlenme verir.

Bu çalışmada kompozit malzeme numunelerinde sertleştirici olarak Poliya firmasının Butanox M-60 marka MEK-P ürünü kullanılmıştır. MEK-P karışıma hacimce %1 oranında katılmıştır. Karışımda kullanılan MEK-P'ye ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler çizelge 3.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. MEK-P'ye ait fiziksel ve kimyasal özellikler (Anonim, 2007)

Görünüm	Renksiz parlak sıvı
Koku	Belirsiz
Kaynama noktası	Uygulanamaz (ayrışır)
Erime/donma noktası	Katılaştığı değer veya altında – 10^0C / 14 ^{0}F
Parlama sınırı	Belirlenmemiş
Patlayıcı özellikler	Hayır
Alevlenme noktası	SADT değerinin üstünde
Alev alabilirlik	Ayrışma ürünleri yanıcı olabilir
Oksitleyici özellikler	Uygulanamaz
Kendiliğinden ateşleme sıcaklığı	Test yöntemi uygulanamaz
SADT değeri	60 ^{0}C
Buhar basıncı	Belirlenmemiş
Yoğunluk	1,17 gr/mol (20 ^{0}C/68 ^{0}C)
Hacimsel yoğunluk	Uygulanamaz
Diğer solventlerde çözünebilirlik	Flatlarla karıştırılabilir (20 ^{0}C/68 ^{0}C)
pH değeri	Hafifçe asidik
Aktif oksijen içeriği	9.8-10 %
Peroksit içeriği	36 %
Suda çözünürlük	Kısmen karıştırılabileceği madde su (20 ^{0}C/78 ^{0}C)
n-oktanol/su bölme katsayısı (log Pow)	Belirlenmemiş
Dinamik viskozite	25mPa.s 20 ^{0}C / 68 ^{0}F
Buhar yoğunluğu (hava=1)	Belirlenmemiş
Uçuculuk	Belirlenmemiş

SADT (kendi kendine hızlanan ayrışma sıcaklığı), nakliyede kullanılan ambalajlamadaki bir maddeyle kendi kendine hızlanan ayrışmanın oluşabileceği en düşük sıcaklıktır. Termal ayrışmayla ve aşağıdaki sıcaklıklar ya da bunun üzerindeki sıcaklıklarda tehlikeli bir kendi kendine hızlanan ayrışma reaksiyonu ve belli şartlar altında patlama veya yangın oluşabilir: 60 °C Uyumsuz maddelerle temas, SADT derecesinde veya altında ayrışmaya sebep olabilir .

3.1.3. Kobalt

Kobalt esaslı hızlandırıcılar, doymamış polyester sistemleri için hızlandırıcı olarak kullanılan çözeltilerdir. Oda şartlarında veya ısı destekli sertleştirme proseslerinde, başta MEK-P ve diğer peroksitlerle birlikte %0,1 – 0,6 oranları arasında (tercihen % 0,15 – 0,35 aralığında) kullanılır. Bilinen en aktif metal kurutucu olduğundan, yüzey kurutucu olarak diğer kurutucularla birlikte boya formülasyonlarında da kullanılabilir (Anonim, 2008).

Hızlandırıcılar, polyester ve vinilester reçineler için sertleşme - kür reaksiyonunu hızlandıran bileşiklerdir. Genelde kobalt-esaslı hızlandırıcılar, sertleştiriciye yardım ederek reaksiyonu başlatırlar. Bilenen bu kür-reaksiyonu sonucunda ürün sertleşerek katı formunu alır. Kobalt hızlandırıcılar %1, %6 veya %10 metal ihtiva eden çözeltiler şeklinde piyasaya sürülürler. Kompozit endüstrisinde genelde standart olarak kabul edilen, %6'lık kobalt aslında kobalt naftanat ve kobalt oktoat'ın çözeltisine verilen kısa isimdir. Bu hızlandırıcı türü polyester, jelkot ve vinilesterin sertleştirilmesinde MEK-P tipi sertleştiricilerle çalışmaktadır.

Kobalt esaslı hızlandırıcıların asıl kullanım nedeni, polyester ve vinilesterin sertleşme yani kür reaksiyonunu hızlandırarak bu reaksiyonun oda sıcaklığında gerçekleşebilmesini sağlamaktır. Reçineye ilave edilecek hızlandırıcı miktarı, kullanılan reçine tipine, ortam sıcaklığına ve istenen jel süresine göre değişiklikler göstermektedir. Genel olarak %0,1-1 aralığında (reçine miktarına bağlı olarak) kobalt %6 ilave edilebilir.

Bu çalışmada kompozit malzeme numunelerinin üretiminde hızlandırıcı katalizör olarak Poliya firmasının ürünü olan NL-51P Kobalt oktoat %6 ürünü kullanılmıştır. Karışıma hacimce %0,5 oranında ilave edilmiştir. Karışımda kullanılan kobalt oktoata ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler çizelge 3.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. Kobalt'a ait temel fiziksel ve kimyasal özellikler (Anonim, 2008)

Görünüş	Tipik mavi-Viole renkli sıvı
Kobalt metal %	6
Solvent	Toluen
Toplam katı madde %	Max %45

3.1.4. Vaks

Vakslar polyester ve CTP malzemelerin üretiminde, ürünleri kalıptan ayırmak için kullanılır. Alışmış model ve kalıplarda, flanşlar dahil tüm kalıp yüzeyine, dairesel hareketlerle ince bir film elde edecek biçimde sürülür ve hemen temiz kuru penye bir bezle silinip parlatılır. Parlatılmış kalıp 15-20 dakika vaks filminin tamamen kuruması için bekletildikten sonra son kez temiz bir bezle silinip parlatılır ve polyester döküm veya jelkot uygulamasına geçilir (Anonim, 2008).

Bu çalışmada numunelerin üretiminde kalıp ayırıcı olarak Poliya firmasının ürünü olan Polivaks SV-6 marka yüksek performanslı vaks ürünü kullanılmıştır. Kalıp ayırıcı olarak kullanılan vaksa ait bazı temel özellikler çizelge 3.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Vaks'a ait bazı temel özellikler (Anonim, 2008)

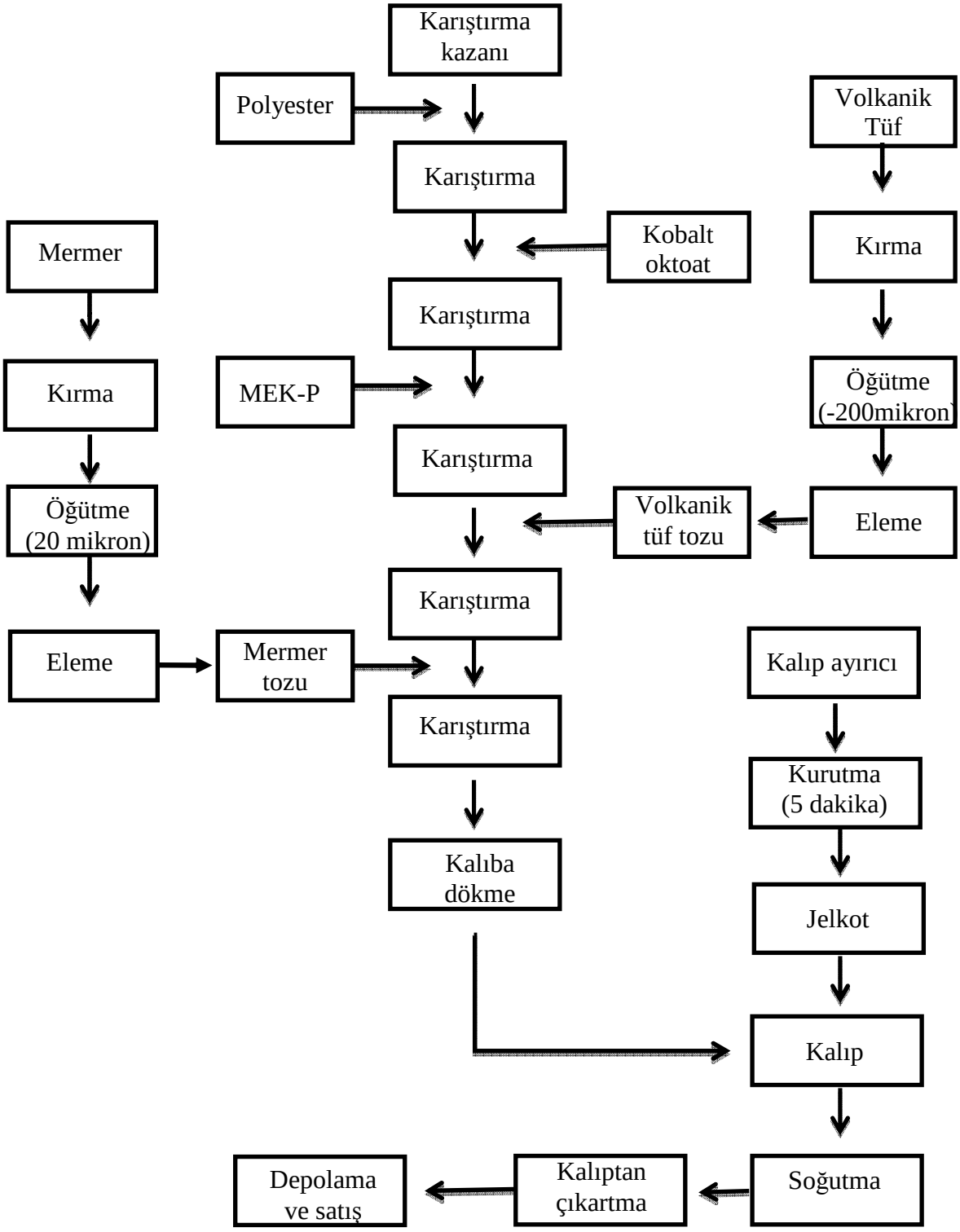
Vaks bazı	Karnauba, balmumu, mineral vakslar
Solvent bazı	Alifatik hidrokarbonlar
Görünüm	Krem renkli pasta kıvamında

3.1.6. Mermer tozu

Bu tez çalışması sıranda hazırlanan deney numunelerinde; mermer tozu, bazı deneme numunelerinde volkanik tüf tozu ile birlikte dolgu maddesi olarak kullanılmıştır. Kullanılan mermer tozu beyaz renklidir. Partiküllerin tane boyutu 20 mikron kalınlığındadır. Kompozit numune üretiminde, 50 kg'lık torbalar halinde satılan mermer tozları piyasadan temin edilmiştir.

3.2. Kompozit Malzeme Üretim Yöntemi

Kompozit numunelerin üretiminde uygulanan iş akışı şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Kompozit numunelerin hazırlanma yöntemi akış diyagramı

3.2.1. Ocaklardan numune alınması

Deneylerde kullanılan volkanik tüfler Nevşehir ilinde üretim yapan Saray Taş firmasının ocaklarından alınmıştır. Ocaklardan sarı ve kırmızı iki farklı renkte volkanik tüf tozu alınmıştır. Sahadan sarı renkli volkanik tüf atığı alma işlemi şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Sahadan volkanik tüf pasası alım işlemi

3.2.2. Öğütme ve eleme

Deneylerde kullanılan sarı ve kırmızı renkteki volkanik tüf atıkları laboratuvarda öğütülmüştür. Öğütülen volkanik tüf tozlar elek analizine tabi tutulup sınıflandırılmıştır. Deneylerde kullanılan volkanik tüf tozlarının tane boyutu -200µ'dur. Üretilen numunelerin bazılarında volkanik tüf tozları ile mermer tozları çizelge 3.12'deki oranlarda, birlikte kullanılmışlardır. Kompozit numune üretiminde kullanılan malzemeler şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Numune üretiminde kullanılan malzemeler

3.2.3. Malzemelerin döküldüğü kalıplar ve vaks işlemi

Deneme numunelerinin döküldüğü kalıplar 125mm boyunda 80mm genişliğinde 45mm derinliğinde sert plastiktir. Numuneler 25mm kalınlıkta dökülmüştür. Kalıplara dökülen hamurun kalıp yüzeyine yapışmasını önlemek için kalıp tabanı ve kenarlarına vaks sürülmüştür. Vaks, tüm kalıp yüzeyine, dairesel hareketlerle ince bir film elde edecek biçimde sürülmüş ve hemen temiz kuru penye bir bezle silinip parlatılmıştır. Parlatılmış kalıp 5-7 dakika vaks filminin tamamen kuruması için bekletildikten sonra son kez temiz bir bezle silinip parlatılmış ve döküm uygulamasına geçilmiştir. Malzemenin kalıptan kolay ayrılabilmesi için ve deneylerde jelkot kullanılmadığı için yüksek performanslı vaks tercih edilmiştir.

3.2.4. Karışım işlemi

Numune üretiminde kullanılan malzemeler karışıma çizelge 3.12'deki oranlarda katılmıştır. Karıştırma kabına öncelikle formülasyonlarına uygun olarak

polyester konmuştur. Sonra hacimce %0,5 oranında kobalt oktoat ilave edilmiştir. Kobalt oktoatın harç içinde homojen olarak dağıldığından emin olana kadar karıştırma işlemine devam edilmiştir. Sonra metil etil keton peroksit hacimce %1 oranında karışıma ilave edilmiştir. MEK-P'in harç içinde homojen olarak dağıldığından emin olana kadar karıştırma işlemine devam edilmiştir. Daha sonra harca, volkanik tüf tozları karışım formülasyonlarına uygun olarak ilave edilmiş ve karıştırma işlemine devam edilmiştir. Volkanik tüf tozlarının harç içinde homojen olarak dağıldığından emin olana kadar karıştırma işlemine devam edilmiştir. Son olarak mermer tozları harca, karışım formülasyonlarına uygun olarak ilave edilmiş ve karıştırma işlemine devam edilmiştir. Karıştırma işlemi, harç homojen hale gelene kadar devam etmiştir. Karıştırma kabında harcın karıştırılması işlemi şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Harcın hazırlanması

3.2.5. Karışımın kalıba dökülmesi

Karışım kalıba dökülmeden önce homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır. Homojen hale gelen karışım hamur kıvamındadır. Harcın dökületeceği kalıbın taban ve yanlarına daha önceden vaks sürülmüş ve 5-7 dakika kadar beklenmiştir. Vaksın kuruduğundan emin olduktan sonra harç kalıba dökülmüştür. Daha sonra Kalıba dökülen harç spatula yardımıyla kalıp içerisine homojen bir şekilde yayılmış ve silindir şeklinde ağır rulolar yardımıyla düzeltilmiştir. Ağır silindir rulolar harcın yüzeyini düzeltirken aynı zamanda baskı uygulayarak harçtaki boşluk ve gözeneklerin kapanmasını da sağlamıştır.

3.2.6. Döküm yapıldıktan sonra bekleme ve kalıptan çıkarma

Döküm işlemi gerçekleştirdikten sonra sertleşmenin sağlanması için numuneler 24 saat süreyle kalıpta bırakılmıştır. Kalıplarda 24 saat bekleyen numuneler kalıplardan zarar görmeden çıkartılmıştır. Kalıplarda bekleme süresini doldurduktan sonra kalıplardan çıkarılıp kodlanmış sarı renkli volkanik tüf tozları ile üretilmiş olan kompozit numuneler şekil 3.5’te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Kalıptan çıkarılan numuneler

Kalıptan çıkarılan kompozit numuneler kodlanıp düz bir zeminde istiflenerek, reaksiyonun tamamlanması için önceden belirlenen gün sayısınca bekletilmiştir. Bekleyen numunelerin yüzeylerinde ve renklerinde herhangi bir değişim olmadığı görülmüştür. Daha sonra numuneler deneylere tabi tutulmuştur. Kalıplardan çıkarılan kodlanmış kompozit numuneler şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Kalıptan çıkarılan kodlanmış numuneler

3.2.7. Karışım oranları

Üretilen kompozit numunelerde kullanılan malzemeler, numune türleri ve karışımdaki malzeme miktarları çizelge 3.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. Üretilen numune türleri, kullanılan malzemeler ve miktarları

Numune Kodları	Kullanılan malzeme ve miktarları (% hacim)				
	Polyester	Volkanik Tüf Tozu	Mermer Tozu	Kobalt	MEK-P
S-1	20	30	50	0,5	1
S-2	20	40	40	0,5	1
S-3	20	60	20	0,5	1
S-4	20	80	-	0,5	1
K-1	20	30	50	0,5	1
K-2	20	40	40	0,5	1
K-3	20	60	20	0,5	1
K-4	20	80	-	0,5	1

Değerler 125mmx80mmx25mm ebatlarında üretilen numuneler için geçerlidir.
S: Sarı renkli volkanik tüf tozu
K: Kırmızı renkli volkanik tüz tozu

Sarı ve kırmızı renkli volkanik tüf tozları ile farklı oranlarda dökülmüş deneme numuneleri şekil 3.7 de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Numunelerin görünüşü

En iyi mekanik mukavemetlere sahip malzemeyi elde etmek için, volkanik tüf tozu ve mermer tozu miktarı çizelge 3.12'deki oranlarda değiştirilmiştir. Polyester miktarı, hızlandırıcı olarak kullanılan kobalt oktoat miktarı, sertleştirici olarak kullanılan metil etil keton peroksit miktarı sabit tutulmuştur. Kalıplardan çıkarılmış S-1 ve K-1 kodlu numuneler şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Kodlanmış numuneler

Deneme numunelerinin üretiminde hacimce %25 ve %30 polyester ilavesi ile denemeler yapılmış fakat üretimden vazgeçilmiştir. Bunun nedeni yapılan denemelerde, karışıma %25 ve %30 polyester ilave edildiğinde numuneler esnek bir hal almıştır. Hacimce % 20 polyester oranının en iyi oran olduğu yapılan deneyler ile de belirlenmiş ve bu oran sabit tutulmuştur. Bu nedenle hacimce %20'nin üzerinde polyester içeren numune üretiminden vazgeçilmiştir.

3.2.8. Kalıptan çıkarılan numunelerin deneyler için ebatlandırılması

Numuneler kalıplardan çıkarıldıktan sonra hem reaksiyonun tamamlanması için hem de zamanla yüzeyde değişiklikler olup olmadığını test etmek için 28 gün beklemeye alınmıştır. Bekleme süresini dolduran numuneler deneysel işlemlere tabi tutulmak için ebatlandırılmışlardır. Laboratuvarda elmas uçlu testereyle kesilen numuneler kumpas ile ölçülüp 0,01 gr hassasiyetli terazide tartılmışlardır.

Deneyler için uygun ebada getirilen K-3 kodlu numunenin kumpas ile ölçümü şekil 3.9’da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Deneyler için ebatlandırılan numunelerin ölçümü

Kalıplardan çıkarılan numuneler bekleme sürelerini tamamladıktan sonra laboratuvarda elmas uçlu testere ile deneyler için uygun ebatlara getirilmişlerdir. Deneylere için uygun ebatta kesilen K-1 numunesi şekil 3.10’da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Deneyler için ebatlandırılmış K-1 numunesinin görünüşü

Deneyler için uygun ebatlara getirilen, sarı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen; S-1, S-2, S-3, S-4 kodlu numuneler ve kırmızı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen; K-1, K-2, K-3, K-4 kodlu numuneler fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek için deneylere tabi tutulmuşlardır.

3.2.9. Laboratuvar şartları

Bu çalışmada yapılan deneyler Geoteklab firmasının laboratuvarında, ortalama 20 ^{0}C oda sıcaklığında tozdan arınmış hijyenik bir ortamda yapılmıştır. Kompozit numunelere fiziksel ve mekanik deneylerin yapıldığı laboratuvar şekil 3.11'de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Laboratuvar

3.3. Araştırma Yöntemleri

Üretilen kompozit numunelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesinde uygulanan yöntemler aşağıda verilmiştir.

Fiziksel özellikler

- Şekil bozukluğu
- Birim hacim ağırlık
- Su emme miktarı

Mekanik özellikler

- Tek eksenli basma dayanımı ve elastisite modülü
- Nokta yükü dayanım indeksi

3.3.1. Şekil bozukluğu

Deney örnekleri 18–22°C sıcaklıkta oda şartlarında önceden belirlenen gün sayısınca bekletilmiştir. Bekletme işleminin sonunda numunelerde şekil bozukluğu, yüzey özelliklerinde değişim olup olmadığı gözlenmiştir.

3.3.2. Birim hacim ağırlık (yoğunluk)

Birim hacim ağırlık değerleri kompozit levhaların fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerini etkileyen önemli bir faktör olup, TS 1936'da belirlenen esaslara uygun olarak belirlenmiştir. Kompozit numunelerin birim hacim ağırlık değerleri aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\delta = \frac{m_r}{a_1 \times a_2 \times t} \quad (g/cm^3)$$

Burada;

δ: Birim hacim ağırlık (g/cm^3)

m_r: Hava kurusu ağırlık (g)

a_1: Örnek genişliği (cm)

a_2: Örnek uzunluğu (cm)

t: Örnek kalınlığı (cm)

Kompozit numunelerin 0.01g hassasiyetli terazide tartılması şekil 3.12'de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Numunelerin 0,01 gr hassasiyetli terazide tartılması

3.3.3. Su emme oranı

Oda şartlarında ve dış ortam koşullarında 28 gün bekletilen deney numuneleri, ±0.01 g duyarlıklı hassas terazide tartılmıştır. Daha sonra örnekler su yüzünden 25mm aşağıda tutulmak suretiyle 24 saat süre ile 20±2°C'lik suda bekletilmişlerdir. Bu süre sonunda sudan çıkarılan örneklerin fazla suları ıslak bir bez ile silinmiş ve ağırlıkları aynı hassasiyetle ±0.01 gr duyarlıklı terazide tartılmıştır. Numunelerin su emme oranı TS 13755'te belirlenen standartlara uygun olarak belirlenmiştir. Su alma miktarlarının belirlenmesinde;

$$\%S = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100$$

formülü kullanılmıştır. Burada;

S: Su emme miktarı (%)

m_0: Örneğin ilk ağırlığı (g)

m: Örneğin suda bekledikten sonraki ağırlığı (g)

3.3.4. Tek eksenli basma dayanımı ve elastisite modülü

Basınç dayanımı, belirli ve farklı doğrultularda etkiyen gerilimler karşısındaki davranışlar ve kırılmaya karşı gösterilen direnç olarak tanımlanabilir. Laboratuvar çalışmalarından elde edilen tek eksenli basınç dayanımı, kayaç malzemesinin dayanımını veren en güvenilir yöntemlerden biridir.

Kayaç malzemelerin dayanımları en kolay ve efektif şekilde tek eksenli basınç dayanımı deneyinden elde edilen, tek eksenli basınç dayanımı (σc) ile belirlenir. Bu değer aynı zamanda pek çok kaya kütlesi sınıflama modeli için girdi parametresi olarak kullanılır. Laboratuvarda hazırlanan kayaç numunesi üzerine belirli bir sabit hızda yük uygulanır ve kayacın dayanım değerinin bu yükü taşıma kapasitesinin altında kalması ile kayaç numunesi kırılır. Bu yenilme değeri, kayacın tek eksenli basınç dayanımı olarak tanımlanır.

Kompozit numunelerin tek eksenli basınç dayanımı deneyi şekil 3.13'te gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Tek eksenli basma dayanımı deneyi

3.3.5. Nokta yükü dayanım indeksi

İki konik uç arasında sıkıştırılan kayaç örneğinin yenilme yükü ve boyutları kullanılarak nokta yükleme dayanım indeksinin hesaplanır. Elde edilen nokta yükleme, dayanım indeksi, kayaçların tek eksenli sıkışma ve çekme dayanımlarının dolaylı olarak belirmesinde, kayaçların malzeme özelliği açısından dayanımlarına göre sınıflandırılmasında, kayaç anizotropisinin saptanmasında, kaya kütlesi sınıflamasında, tünel açma makinesi hızının tahmininde, kayaçların kazılabilirlik açısından sınıflandırılmalarında, kayaçların dış etkilere karşı dayanıklılığı ile ilgili çalışmalarda kullanılmaktadır.

Sarı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen S-2 kodlu numuneye yapılan nokta yükü dayanım indeksi deneyi şekil 3.14'te görülmektedir.



Şekil 3.14. Nokta yükü dayanım indeksi deneyi

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Fiziksel Özellikler

4.1.1. Şekil bozukluğu

Kalıptan çıkarılan 125mmx80mmx20mm ebatlarındaki deney örnekleri düz, temiz bir zeminde, 18–22°C sıcaklıkta oda şartlarında önceden belirlenen gün sayısınca bekletilmiştir. Bekletme işleminin sonunda numunelerin şekil ve yüzeylerinde herhangi bir bozulma ve değişim görülmemiştir.

4.1.2. Birim hacim ağırlık (yoğunluk)

Bu deneyle, numunelerin birim hacminin kütlesi tayin edilir. Numuneler bekleme süresini doldurup reaksiyon tamamlandıktan sonra 0,01 gr hassasiyetli terazide tartılmıştır. Deney numunelerinin hacimleri, boyutlarından hesaplanarak bulunmuştur. Deney numunelerinin boyutlarının her biri, birbirine dik doğrultuda olmak üzere ikişer defa kumpas ile ölçülüp bunların aritmetik ortalamaları alınarak bulunmuştur. Bulunan ortalama boyutlardan deney numunelerin hacimleri hesaplanmıştır. Numunelerin birim hacim ağırlık değerleri çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

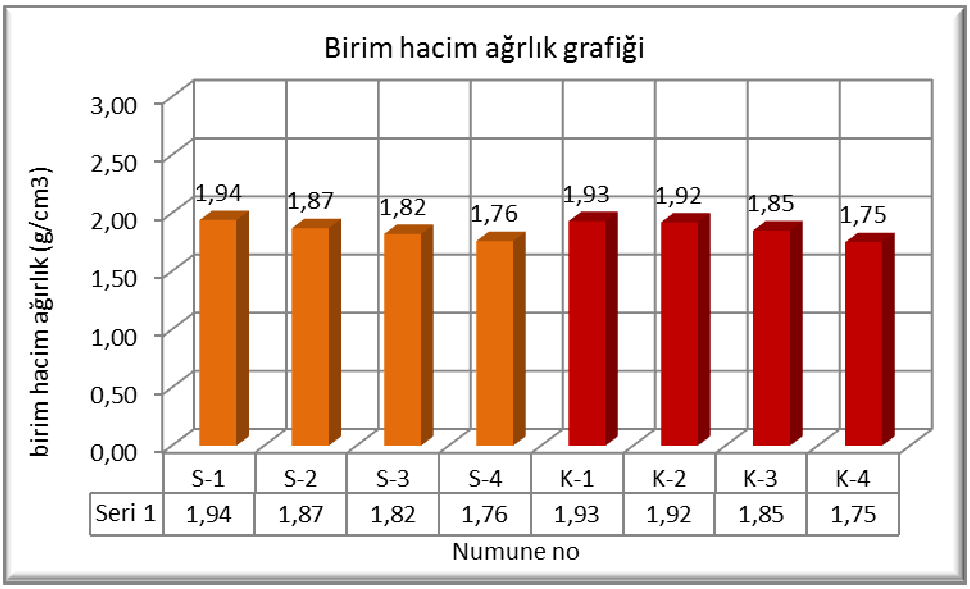
Çizelge 4.1. Numunelerin birim hacim ağırlıkları

Numune No	Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)
S-1	1,94
S-2	1,87
S-3	1,82
S-4	1,76
K-1	1,93
K-2	1,92
K-3	1,85
K-4	1,75

Birim hacim ağırlık deneyi sonuçlarına göre sarı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde en yüksek birim hacim ağırlık değeri, hacimce %30 volkanik tüf tozu, %50 mermer tozu içeren S-1 kodlu numunede görülmüştür. Kırmızı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde en yüksek birim hacim

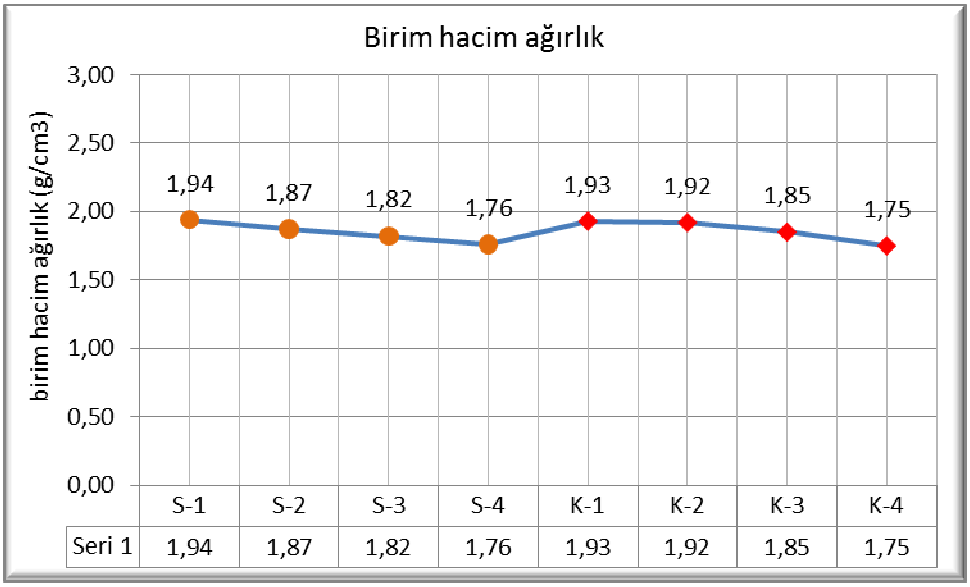
ağırlık değeri, hacimce %30 volkanik tüf tozu, %50 mermer tozu içeren K-1 kodlu numunede görülmüştür.

Kompozit numunelerdeki volkanik tüf tozu oranı azaldıkça birim hacim ağırlık değerlerinde artış görülmüştür. Kompozit numunelerin birim hacim ağırlık grafiği şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Numunelerin birim hacim ağırlık grafiği

Birim hacim ağırlık deney sonuçlarına göre sarı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen S-1, S-2, S-3 ve S-4 kodlu numunelerin birim hacim ağırlık ortalaması 1,85g/cm^{3}' tür. Kırmızı renkli volkanik tüf tozları kullanılarak üretilen K-1, K-2, K-3 ve K-4 kodlu numunelerin birim hacim ağırlık ortalaması 1,86 g/cm^{3}' tür. Kompozit numunelerin birim hacim ağırlık kıyaslaması grafiği şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Numunelerin birim hacim ağırlık kıyaslaması

Sarı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde en düşük birim hacim ağırlık değeri, hacimce %80 volkanik tüf tozu içeren S-4 kodlu numunede görülmüştür. Kırmızı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde en düşük birim hacim ağırlık değeri, hacimce %80 volkanik tüf tozu içeren K-4 kodlu numunede görülmüştür.

Kompozit numunelerdeki volkanik tüf tozu oranı arttıkça birim hacim ağırlık değerlerinde düşüş görülmüştür.

4.1.3. Su emme oranı

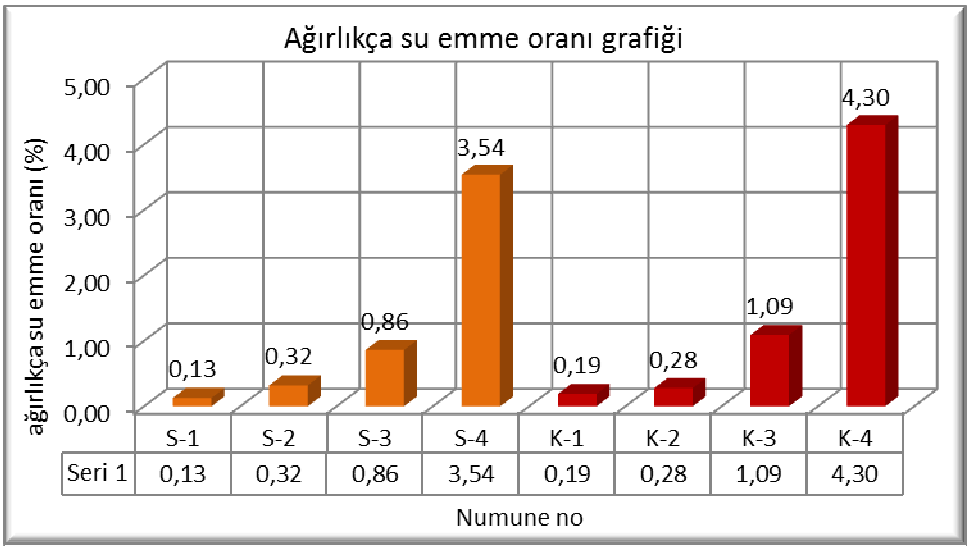
Oda şartlarında 14 gün, dış ortamda 14 gün olmak üzere toplam 28 gün bekletilen deney numuneleri, ±0.01 g duyarlıklı hassas terazide tartılmıştır. Daha sonra içinde +20±2ºC sıcaklıkta su bulunan uygun büyüklükte ve derinlikte kap içerisine örnekler su yüzünden 25mm aşağıda tutulmak suretiyle 24 saat süre ile suda bekletilmişlerdir. Deneyin başlangıcından itibaren 24 saat sonunda sudan çıkarılan deney numuneleri, ıslatılarak sıkılmış bir bezle silinerek üzerindeki su damlaları alındıktan sonra, beklemeksizin 0,01g hassasiyetle tartılmış ve su içindeki kütlesi bulunmuştur. Numunelerin ağırlıkça su emme oranları hesaplanıp çizelge 4,2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Numunelerin ağırlıkça su emme oranları

Numune No	Ağırlıkça Su Emme (%)
S-1	0,13
S-2	0,32
S-3	0,86
S-4	3,54
K-1	0,19
K-2	0,28
K-3	1,09
K-4	4,30

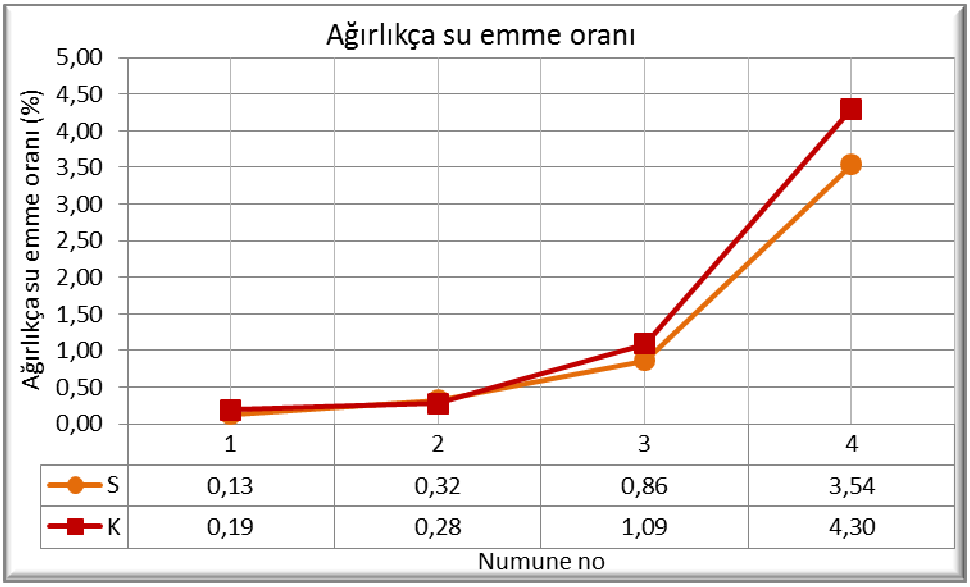
Ağırlıkça su emme deneyi sonuçlarına göre sarı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde en yüksek ağırlıkça su emme değeri, hacimce %80 volkanik tüf tozu içeren S-4 nolu numunede görülmüştür. Kırmızı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde en yüksek ağırlıkça su emme değeri, hacimce %80 volkanik tüf tozu içeren K-4 nolu numunede görülmüştür.

Kompozit numunelerdeki volkanik tüf tozu oranı arttıkça su emme oranı değerlerinde de artış görülmüştür. Kompozit numunelerin su emme oranı grafiği şekil 4.3 ve 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Numunelerin ağırlıkça su emme oranı

Sarı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde en düşük ağırlıkça su emme oranı değeri, hacimce %30 volkanik tüf tozu, %50 mermer tozu içeren S-1 nolu numunede görülmüştür. Kırmızı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde en düşük ağırlıkça su emme oranı değeri, hacimce %30 volkanik tüf tozu, %50 mermer tozu içeren K-1 nolu numunede görülmüştür.



Şekil 4.4. Numunelerin ağırlıkça su emme oranı kıyaslaması

Ağırlıkça su emme deneyi sonuçlarına göre sarı renkli volkanik tüf tozlarıyla üretilen numunelerdeki ve kırmızı renkli volkanik tüf tozlarıyla üretilen numunelerdeki volkanik tüf tozu oranları arttıkça numunelerin su emme değerleri de artmış.

4.2. Mekanik Özellikler

4.2.1. Tek eksenli basma dayanımı ve elastisite modülü

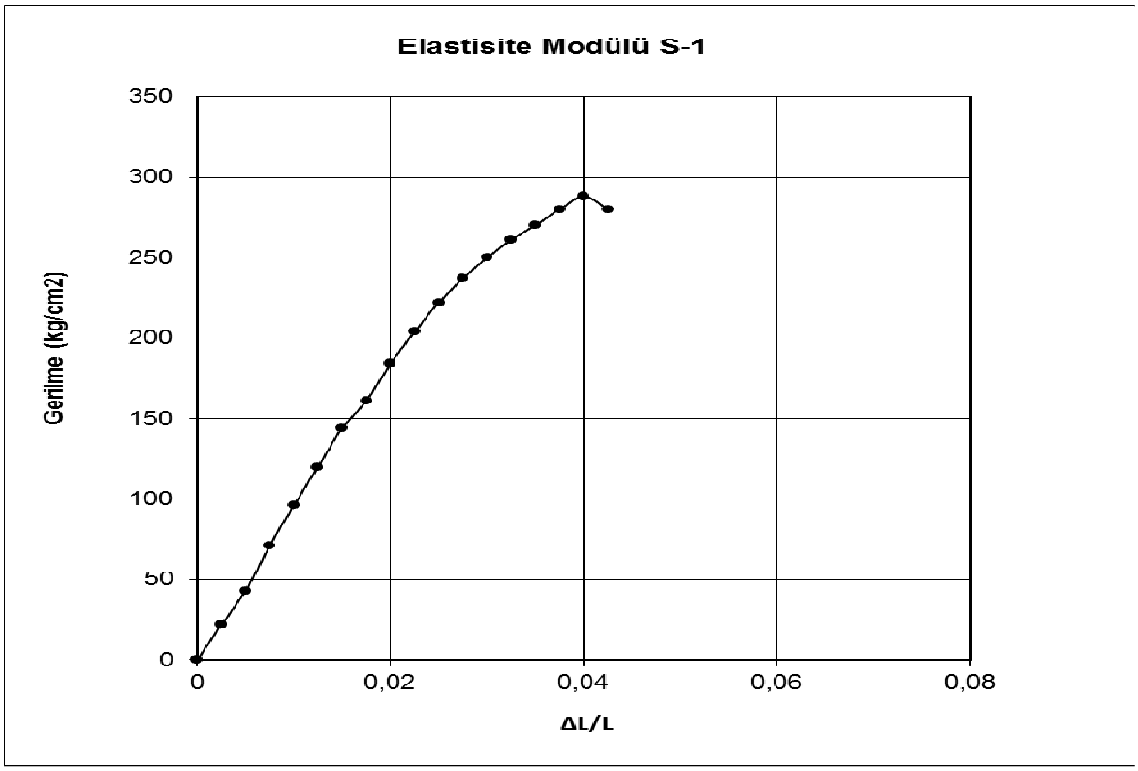
Numunelerin tek eksenli basınç dayanımları, boyu çapının 2 katı olan silindirik ve dikdörtgenler prizması şeklinde hazırlanmış deney numunelerinin tek eksenli preste yüklenmesi ile belirlenmiştir.

Kompozit numunelerin tek eksenli basınç dayanımları ve elastisite modülü deney sonuçları çizelge 4.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Numunelerin tek eksenli basınç dayanımı ve elastisite modülü

Numune No	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kg/cm^2)	Elastisite Modülü (MPa)
S-1	288	7200
S-2	351	9367
S-3	331	9468
S-4	199	4978
K-1	357	7928
K-2	263	5532
K-3	204	5443
K-4	189	5400

Sarı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen S-1, S-2, S-3, S-4 kodlu numunelerin ve kırmızı renkli volkanik tüf ile üretilen K-1, K-2, K-3, K-4 kodlu numunelerin elastisite modülü grafikleri şekil 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 ve 4.12'de gösterilmiştir.



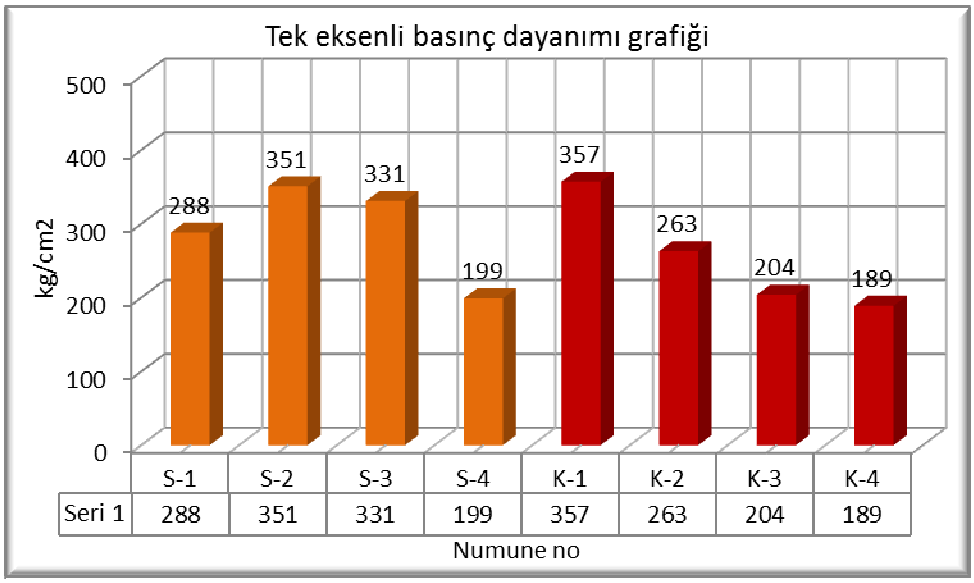
Şekil 4.5. S-1 nolu numunenin tek eksenli basma dayanımı sonucunda elde edilen elastisite modülü grafiği

Sarı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen S-1, S-2, S-3, S-4 kodlu numunelerin ve kırmızı renkli volkanik tüf ile üretilen K-1, K-2, K-3, K-4 kodlu numunelerin tek eksenli basınç dayanımı çizelge 4.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Numunelerin tek eksenli basınç dayanımı

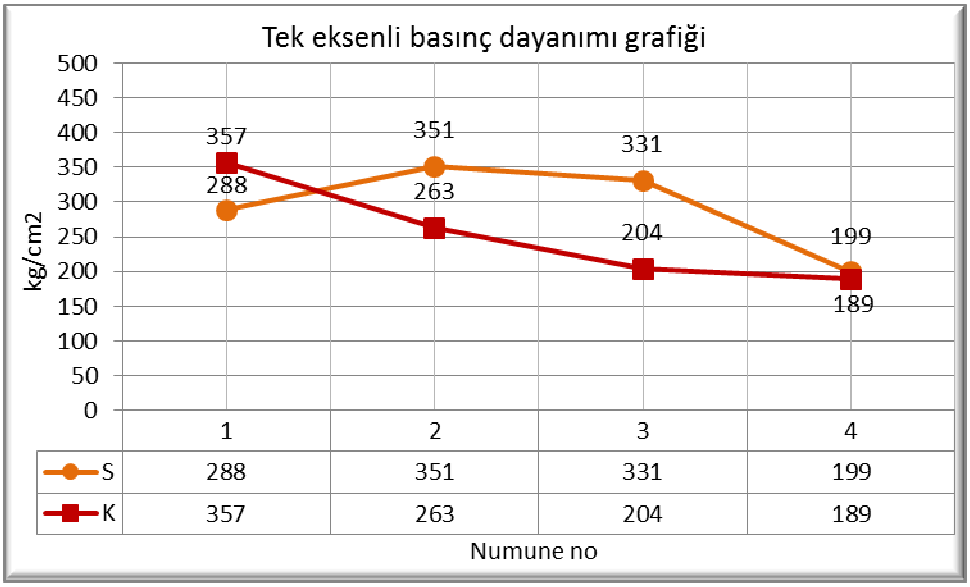
Numune No	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kg/cm^2)
S-1	288
S-2	351
S-3	331
S-4	199
K-1	357
K-2	263
K-3	204
K-4	189

Tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçlarına göre sarı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen S-1, S-2, S-3 ve S-4 kodlu numunelerin tek eksenli basınç dayanımı ortalaması 292 kg/cm^2 dir. Kırmızı renkli volkanik tüf tozları kullanılarak üretilen K-1, K-2, K-3 ve K-4 kodlu numunelerin tek eksenli basınç dayanımı ortalaması 253 kg/cm^2 dir. Kompozit numunelerin tek eksenli basınç dayanım grafiği şekil 4.6'da gösterilmiştir.



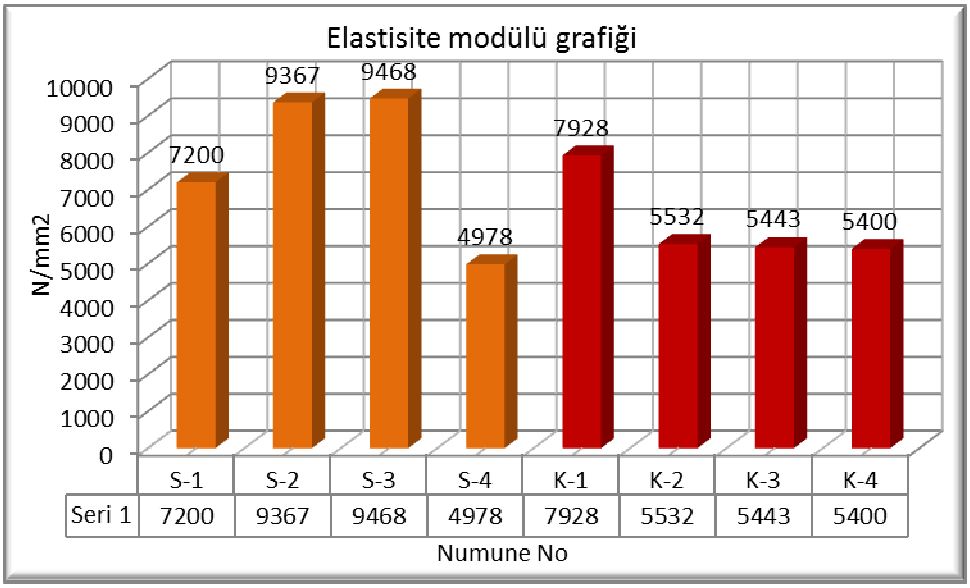
Şekil 4.6. Numunelerin tek eksenli basınç dayanımı grafiği

Tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçlarına göre sarı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde en yüksek basınç dayanımı, hacimce %40 volkanik tüf tozu, %40 mermer tozu içeren S-2 kodlu numunede görülmüştür. Kırmızı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde en yüksek basınç dayanımı, hacimce %30 volkanik tüf tozu, %50 mermer tozu içeren K-1 kodlu numunede görülmüştür. Kompozit numunelerin tek eksenli basınç dayanım kıyaslaması grafiği şekil 4.7'de gösterilmiştir.



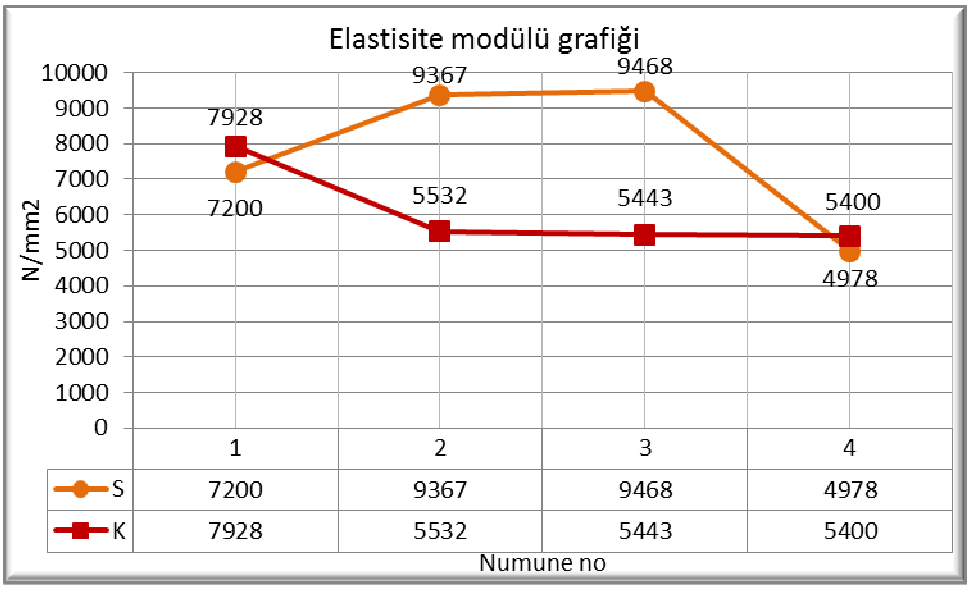
Şekil 4.7. Numunelerin tek eksenli basınç dayanımı kıyaslaması

Tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçlarına göre sarı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde en düşük basınç dayanımı, hacimce %80 volkanik tüf tozu içeren S-4 kodlu numunede görülmüştür. Kırmızı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde en düşük basınç dayanımı, hacimce %80 volkanik tüf tozu içeren K-4 kodlu numunede görülmüştür. Kompozit numunelerin elastisite modülü grafiği şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Numunelerin elastisite modülü grafiği

Sarı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen S-1, S-2, S-3, S-4 kodlu numunelerin ve kırmızı renkli volkanik tüf ile üretilen K-1, K-2, K-3, K-4 kodlu numunelerin elastisite modülü kıyaslaması grafiği şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Numunelerin elastisite modülü kıyaslaması

4.2.2. Nokta yükü dayanım indeksi

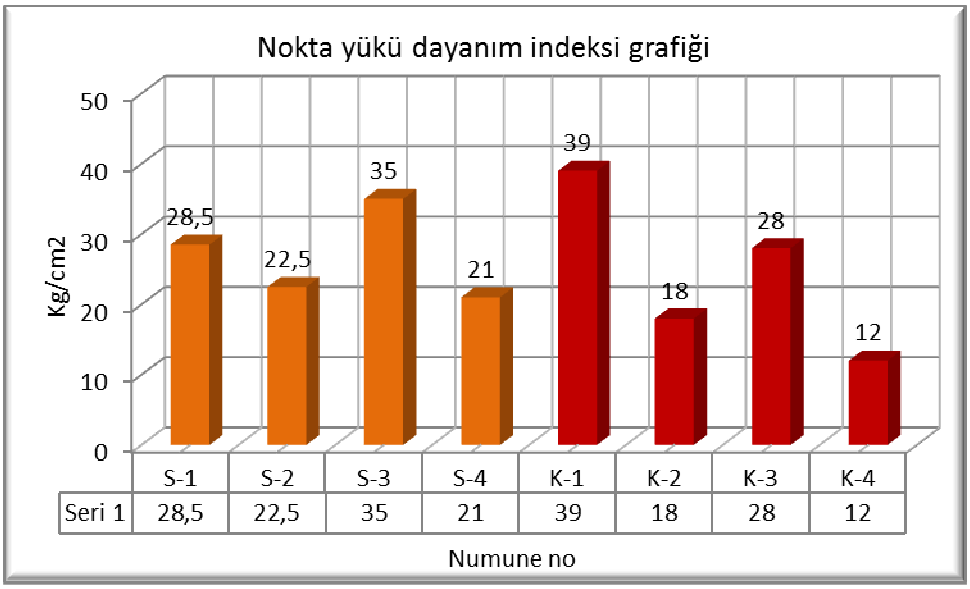
Nokta yükleme deneyi, iki konik uç arasına yerleştirilen kayaç örneğinin kırılması esasına dayanır. Numune iki konik uç arasına yerleştirilir ve hidrolik olarak uygulanan yük alt kısımdaki konik ucu kaldırır. Üst kısım ise çerçeveye sabitlenmiştir. Bu çerçeve silindirik veya düzensiz numunelerin yerleştirilebileceği şekilde tasarlanmıştır. Uygulanan yük cihaz üzerindeki basınç göstergesinden belirlenebilir.

Numunelerin nokta yükü dayanımı, boyu çapının 2 katı olan dikdörtgenler prizması şeklinde hazırlanmış deney numunelerinin iki konik uç arasında yüklenmesi ile belirlenmiştir. Kompozit numunelerin nokta yükü dayanım indeksi deney sonuçları çizelge 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Numunelerin nokta yükü dayanım indeksi

Numune No	Nokta yükü dayanım indeksi (kg/cm2)
S-1	28,5
S-2	22,5
S-3	35
S-4	21
K-1	39
K-2	18
K-3	28
K-4	12

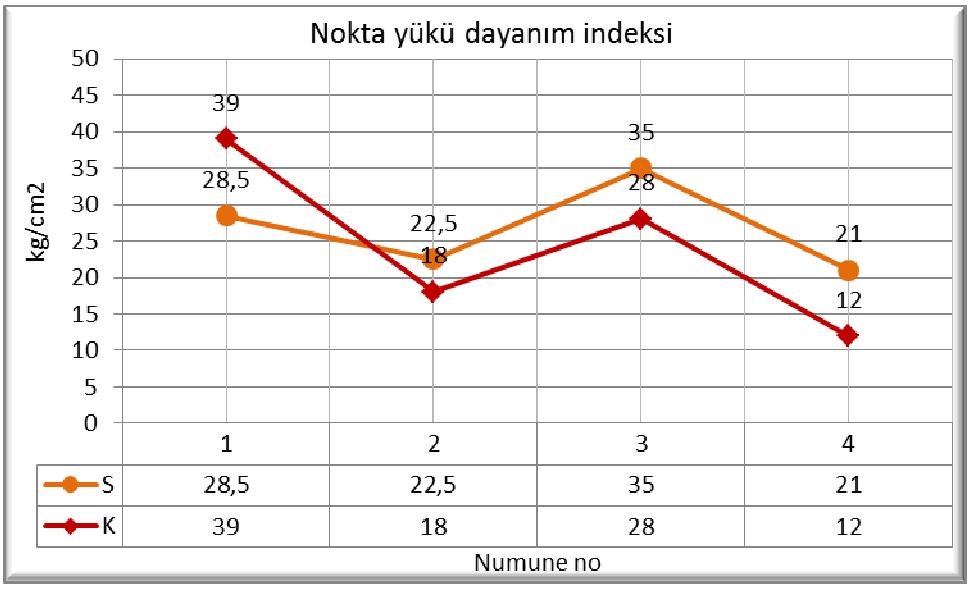
Nokta yükü dayanım indeksi deneyi sonuçlarına göre sarı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen S-1, S-2, S-3 ve S-4 kodlu numunelerin nokta yükü dayanım indeksi ortalaması 26,75 kg/cm^2 dir. Kırmızı renkli volkanik tüf tozları kullanılarak üretilen K-1, K-2, K-3 ve K-4 kodlu numunelerin nokta yükü dayanım indeksi ortalaması 24.25kg/cm^2 dir. Kompozit numunelerin nokta yükü dayanım indeksi grafiği şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Numunelerin nokta yükü dayanım indeksi grafiği

Nokta yükü dayanım indeksi deneyi sonuçlarına göre sarı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde en yüksek nokta yük dayanımı, hacimce %60 volkanik tüf tozu, %20 mermer tozu içeren S-3 kodlu numunede görülmüştür. Kırmızı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde en yüksek nokta yük dayanımı, hacimce %30 volkanik tüf tozu, %50 mermer tozu içeren K-1 kodlu

numunede görülmüştür. Kompozit numunelerin nokta yükü dayanım indeksi kıyaslaması grafiği şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Numunelerin nokta yükü dayanım indeksi kıyaslaması

Nokta yükü dayanım indeksi deneyi sonuçlarına göre sarı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde en düşük nokta yükü dayanımı, hacimce %80 volkanik tüf tozu içeren S-4 kodlu numunede görülmüştür. Kırmızı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde en düşük nokta yükü dayanımı, hacimce %80 volkanik tüf tozu içeren K-4 kodlu numunede görülmüştür.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Kapadokya (Nevşehir) bölgesi, ülkemizde volkanik tüf üretimi yapılan önemli bir bölgedir. Kapadokya bölgesinde volkanik tüf üretimi yapan ocakların ürettikleri doğal taşlar; çok katlı bina, camii, müstakil konut, iç cephe kaplaması, dış cephe kaplaması gibi yapı sektöründe ve şömine, barbekü gibi dekoratif amaçlı kullanılmaktadır. Ocaklarda üretim esnasında ve fabrikada kesim sonrası farklı büyüklüklerde atık parçalar açığa çıkmaktadır.

Ocaklarda bulunan fay, çatlak, yarık gibi arızalar, blok üretimi sırasında; blok elde edilememesine, dolayısıyla da irili ufaklı kaya parçaların açığa çıkmasına sebep olmaktadır. Ayıca volkanik tüf ocaklarının jeolojik yapısı ve kristal yapısına uygun üretim yönteminin seçilmemesi, ocakta tüf atıkların oluşumuna sebep olmaktadır.

Bu tez kapsamında volkanik tüf ocaklarındaki pasaların değerlendirilmesi için çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda takviye malzemesi olarak volkanik tüf tozları, mermer tozları, polyester bir arada kullanılarak polyester esaslı kompozit malzemeler üretilmiş ve bunlara fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır.

Volkanik tüf tozları ve mermer tozlarının bir arada kullanılmasıyla elde edilen kompozit malzemelerde volkanik tüf tozu oranının artması mukavemetin ve sertliğin düşmesine neden olmuştur. Diğer yandan, volkanik tüf tozunu ve mermer tozunu bağlamakta kullanılacak olan polyester reçinenin de belirli bir değerde olması gerektiği görülmüştür. Gerektiğinden az miktarda polyester kullanımında, polyesterin takviye malzemelerini bağlamada yetersiz kaldığı, yüksek miktarda kullanımında ise polyesterin takviye malzemesine göre daha zayıf özelliğini malzemeye yansıttığı görülmüştür.

Kompozit malzemelerin üretiminde sarı ve kırmızı olmak üzere iki ayrı renkte volkanik tüf tozu kullanılmıştır. Karışımdaki volkanik tüf tozu oranı arttıkça iki farklı renkte üretilen numunelerde su emme miktarında artış görülmüştür. Volkanik tüf tozu oranı arttıkça numunelerin tek eksenli basınç dayanımında ve nokta yükü dayanımında düşüş görülmüştür.

Sarı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen S-1, S-2, S-3, S-4 kodlu numuneler ve kırmızı renkli volkanik tüf tozları ile üretilen K-1, K-2, K-3, K-4 kodlu numuneler, kalıplardan çıkarıldıktan sonra önceden belirlenen gün sayısınca bekletilmiştir.

Bekleyen numunelerin yüzeylerinde ve renklerinde herhangi bir şekil bozukluğu görülmemiştir.

Kompozit numunelerin birim hacim ağırlık değerleri 1,75g/cm^3- 1.94g/cm^3 arasında, takviye malzemelerinin oranlarına bağlı olarak farklı değerlerdedir. En yüksek birim hacim ağırlık değeri %30 sarı renkli volkanik tüf tozu, % 50 mermer tozu içeren S-1 kodlu numunede görülmüştür. En düşük birim hacim ağırlık değeri %80 kırmızı renkli volkanik tüf tozu içeren K-4 kodlu numunede görülmüştür.

Kompozit numunelerin ağırlıkça su emme oranları %0,13-%4,30 arasında, takviye malzemelerinin oranlarına bağlı olarak farklı değerlerdedir. En yüksek ağırlıkça su emme oranı %80 kırmızı renkli volkanik tüf tozu içeren K-4 kodlu numunede görülmüştür. En düşük ağırlıkça su emme oranı %30 sarı renkli volkanik tüf tozu, % 50 mermer tozu içeren S-1 kodlu numunede görülmüştür.

Üretilen kompozit numunelerin tek eksenli basınç dayanım değerleri 189kg/cm^2-357kg/cm^2 arasında, takviye malzemelerinin oranlarına bağlı olarak farklı değerlerdedir. En düşük tek eksenli basınç dayanım değeri %80 kırmızı renkli volkanik tüf tozu içeren K-4 kodlu numunede görülmüştür. En yüksek tek eksenli basınç dayanım değeri %30 kırmızı renkli volkanik tüf tozu, % 50 mermer tozu içeren K-1 kodlu numunede görülmüştür.

Numunelerin nokta yükü dayanım değerleri 12kg/cm^2-39kg/cm^2 arasında, takviye malzemelerinin oranlarına bağlı olarak farklı değerlerdedir. En düşük nokta yükü dayanım değeri %80 kırmızı renkli volkanik tüf tozu içeren K-4 kodlu numunede görülmüştür. En yüksek nokta yükü dayanım değeri %30 kırmızı renkli volkanik tüf tozu, % 50 mermer tozu içeren K-1 kodlu numunede görülmüştür.

5.2. Öneriler

Kalıplardan çıkarılan S-1, S-2, S-3, S-4, K-1, K-2, K-3, K-4 kodlu numuneler önce oda şartlarında sonra dış ortamda toplamda 28 gün bekletilmiş ve herhangi bir şekil bozukluğu görülmemiştir. Bu oranlarda üretilecek olan kompozit malzemeler binalarda dış cephede ve iç cephede kullanılabilir.

Volkanik tüf taşı ile daha önce yapılan çalışmalarda doğal volkanik tüf taşının ağırlıkça su emme oranının %23 civarında olduğu bilinmektedir. Volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde ağırlıkça su emme oranı %0,13' e kadar düşmüştür. Böylece S-1, S-2, K-1 ve K-2 kodlu kompozit malzemeler ıslak zeminlerde, mutfak tezgahlarında, lavabolarda, binaların su basmanında, havuz içi ve kenarlarında kullanılabilir.

Doğal volkanik tüf taşının tek eksenli basınç dayanımı daha önce yapılan çalışmalara göre150kg/cm^2 civarında olduğu bilinmektedir. Volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde K-1 numunesinin tek eksenli basınç dayanımı 357kg/cm^2'dir. Yapılan bu çalışmadaki volkanik tüf tozu oranları ile üretilecek olan kompozit malzemeler doğal volkanik tüf taşının kullanıldığı alanlarda kullanılabilir.

Mermerit, çimstone gibi kompozit ürünlerin üretiminde karışıma renklendirici de katılmaktadır. Volkanik tüf tozları ile kompozit numune üretiminde yapılan karışımların hiçbirine renklendirici katılmamıştır. Karışımdaki volkanik tüf tozunun doğal rengi, kompozit numunelerin rengini oluşturmuştur. Kapadokya bölgesindeki volkanik tüfler; limon sarısı, çöl sarısı, koyu sarı, pembe, koyu kırmızı, süt beyaz, kirli beyaz, kahverengi gibi çeşitli renklerde bulunmaktadır. Böylece volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit malzemelerde renklendirici katmaya gerek olmayıp karışıma fazladan kimyasal malzeme katmaya gerek yoktur.

Kompozit malzeme üretiminde titreşimli tezgah yada pres makinelerinden faydalanılmamıştır. Bu yüzden üretilen numunelerde küçük hava boşlukları tamamen kapanmamıştır. Bu küçük hava boşluklarının kapanması için titreşimli tezgah yada kalıptaki malzemeyi sıkıştıracak bir pres makinesi kullanılabilir.

Kalıp hazırlanırken jelkot kullanılmamıştır. Kalıp ayırıcı olarak yüksek kalite vaks tercih edilmiştir. Jelkot, malzemenin yüzeyini hem dış etkenlerden korur hemde yüzey rengini daha iyi yansıtır. Volkanik tüf tozları ile üretilen kompozit numunelerde kompozit malzemenin yüzeyini dış etkenlerden korumak için ve yüzey renginin daha canlı ve parlak görünmesi için jelkot kullanılabilir.

Kompozit malzeme üretiminde Kapadokya bölgesindeki ocaklardan sarı ve kırmızı olmak üzere iki farklı renkte volkanik tüf tozu alınmış ve bu tozlarla kompozit numuneler üretilmiştir. Bölgede çok çeşitli renklerde volkanik tüf tozu bulunmaktadır. Volkanik tüf tozları ile kompozit malzeme üretiminde farklı renklerde tozlar tercih edilebilir, farklı renklerde ve özelliklerde kompozit malzemeler üretilebilir. Volkanik tüf tozlarının çok çeşitli renklerde olması ürün çeşidini de artırır.

KAYNAKLAR

Akın, E., 2007, Mermer tozları ve uçucu kül ile polimer esaslı kompozit malzeme üretimi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 14-18.

Arıcı, E., 1997, Van yöresindeki volkanik tüfün beton mukavemetine etkisi ve taşıyıcı hafif beton agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 17-22.

Anonim., 1997, Cam Elyaf Sanayi A.Ş, Bülten sayı 6, 7-15.

Anonim, 2008, Polipol 3455 genel amaçlı polyester [online], Poliya Polyester ve Yard. Mad. San., http://www.poliya.com.tr/destek/online_dokumanlar/ [Ziyaret tarihi: 11.07.2012]

Anonim, 2008, Polipol 3456 genel amaçlı döküm tipi polyester [online], Poliya Polyester ve Yard. Mad. San., http://www.poliya.com.tr/destek/online_dokumanlar/ [Ziyaret tarihi: 11 Temmuz 2012]

Anonim, 2008, Kimyasal dayanım kılavuzu [online], Poliya Polyester ve Yard. Mad. San., http://www.poliya.com.tr/docs/poliya_chemical_resistance_guide.pdf [Ziyaret tarihi: 11 Temmuz 2012]

Anonim, 2008, CO%6 Kobalt hızlandırıcı-%6 [online], Poliya Polyester ve Yard. Mad. San., http://www.poliya.com.tr/destek/online_dokumanlar/ [Ziyaret tarihi: 11 Temmuz 2012]

Anonim, 2007, Peroksit sertleştirici butanox M60 malzeme güvenlik verileri föyü [online], Poliya Polyester ve Yard. Mad. San., http://www.poliya.com.tr/destek/online_dokumanlar/ [Ziyaret tarihi: 11 Temmuz 2012]

Anonim, 2008, Polivaks SV-6 yüksek performanslı vaks [online], Poliya Polyester ve Yard. Mad. San., http://www.poliya.com.tr/destek/online_dokumanlar/ [Ziyaret tarihi: 11 Temmuz 2012]

Atik, E., 2002, Polyester-Al2O3 Kompozitlerinin Aşınma Dayanımı, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt:4, Sayı:2, 73-78.

Başpınar, M.S., Demir, Đ., Görhan, G. ve Kahraman, E., 2008, Mermer tozu ve atıklarının kullanım alanlarının araştırılması, MERSEM,2008, Türkiye VI. Mermer ve Doğal taş Sempozyumu, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi*, Afyon, 327-334.

Clemons, C., 2002, Plastic Composites in the United States, *The Interfacing of Two Industries*, Forest Prod. J., 52(6), 10–18.

Demirel, M., 2007, Cam elyaf takviyel polyester kompozitlere yanmazlık özelliği kazandırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 75-83.

Doruk, M., 1974, Volkanik tüflerin karayolu yapımında kullanılması ile ilgili bir çalışma, *Karayolları Genel Müdürlüğü Araştırma Fen Heyeti Müdürlüğü*.

Duran, F., 2009, Erciyes volkanizmasının oluşumu, Koçcağız Köyü (Kayseri) dolayının stratigrafisi ve tüflerin yapı - kaplama taşı olarak kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.

Erguvanlı, K. ve Sayar, M., 1955. Türkiye Mermerleri ve İnsaat Taşları, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi*, Kurtulmuş Matbaası, İstanbul, 115.

Ertek, N., 2008, Kapadokya (Nevşehir-Kayseri) bölgesi kaolinitik tüflerin oluşumu ve hammadde potansiyeli, Yüksek Lisans Tezi, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mersin, 76-78, 81-84.

Gibson, R.F., 1994, Principles of composite material mechanics, Mc Graw Hill, *Inc, Department Of Mechanical Engneering, Wayne State University*, Detroit, Michigan , 135-139.

Gökalp, E., 2006, Odunsu materyal kullanımının polyester esaslı (mermerit) levhaların bazı teknolojik özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 57-59, 63-67, 75-86.

Korkanç, M., 2007, Nevşehir sarıtaş ocağına ait tüflerin fiziko-mekanik özellikleri teknik analiz raporu, *Niğde Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Niğde*, 4-5.

Liebig, E. and Althaus, E., 1998, Pozzolanic activity of volcanic tuff and suevite, effects of calcination, *Cement and Concrete Research*, 28, 567-575.

Ören B. C., 1996, Pomzanın endüstriyel hammadde olarak değerlendirilebilirliği, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 17-18

Özata, G., 2009, Mermer ve polietilentreftalat (pet) atıklarının yapı malzemesi olarak geri dönüşümü, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 8-13.

Özdemir, Z., 2006, Değişik uç sekline sahip fiberlerle güçlendirilmiş polyester kalsit kompozitin dayanımına farklı kür (fırınlama) şartlarının etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 9-14.

Özkahraman, H. T., 2008, Kapadokya gülü'nün fiziko-mekanik özellikleri teknik analiz raporu, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Mermer Araştırma Grubu*, Isparta

Saçak, M., 2002, Polimer Kimyası, *Gazi Kitabevi*, Ankara, 221-224, 275-297.

Shwwartz, M., 1997, Composite Materials, *Prentice Hall PTR*, New Jersey, 1-15, 170-171.

Şahin, Y., 2000, Kompozit malzemelere giriş, *Gazi Kitabevi*, Ankara, 1-16, 37-41, 65-68.

TS 1936., 2001, Doğal taşlar-gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini föyü.

TS 13755.,2003, Doğal taşlar-deney netotları-atmosfer basıncında su emme tayini föyü.

Ünal, O. ve Kibici, Y., 2001, Mermer tozu atıklarının beton üretiminde kullanılmasının araştırılması, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi*, Afyon.

Viksne, A., Berzina, R., Kalnins, M., Rence, L., 2002, Unsaturated polyester resins based on pet waste products from glycolysis by ethylene, propylene and diethylene glycols and their mixtures, *Institute of Polymer Materials Riga Technical University* Azenes Riga, Latvıa, 33-42.

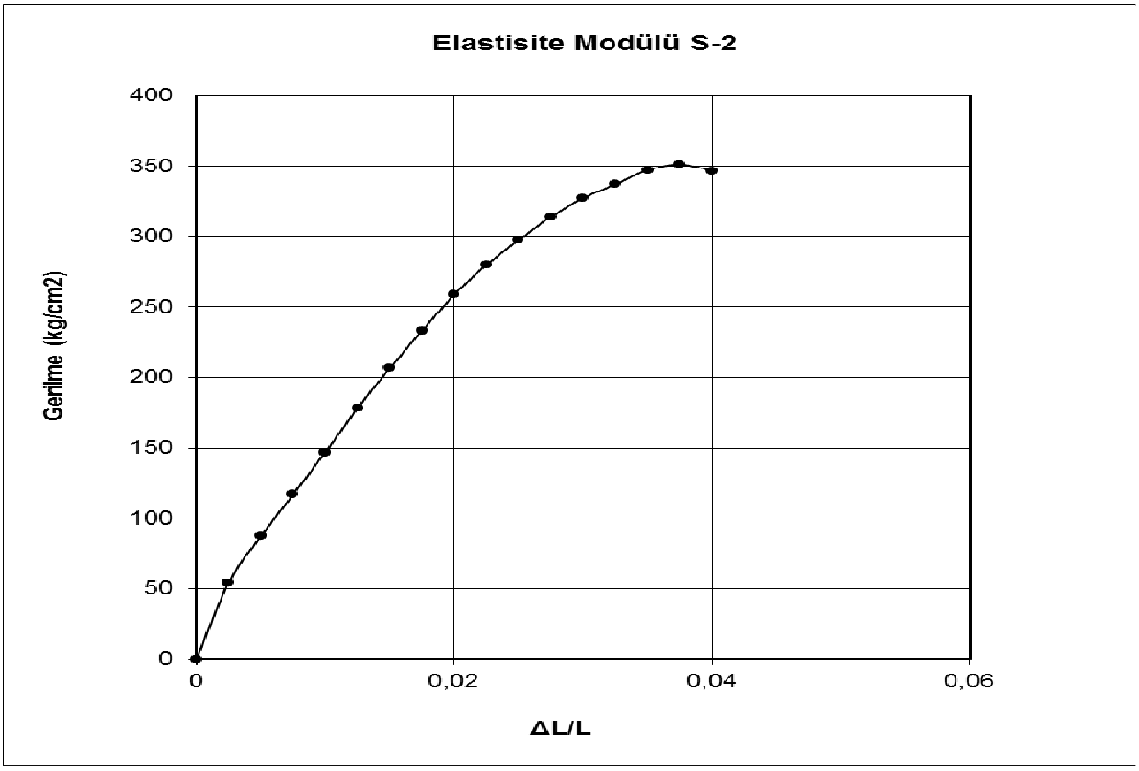
Yaşar, H., 2001, Plastikler Dünyası, *Makine Mühendisleri Odası*, Ankara, 22-23, 47-48.

Yıldırım, R., 2005, Ceviz Kabuğundan Polimer Kompozit Levha Üretimi Ve Bazı Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 23-27.

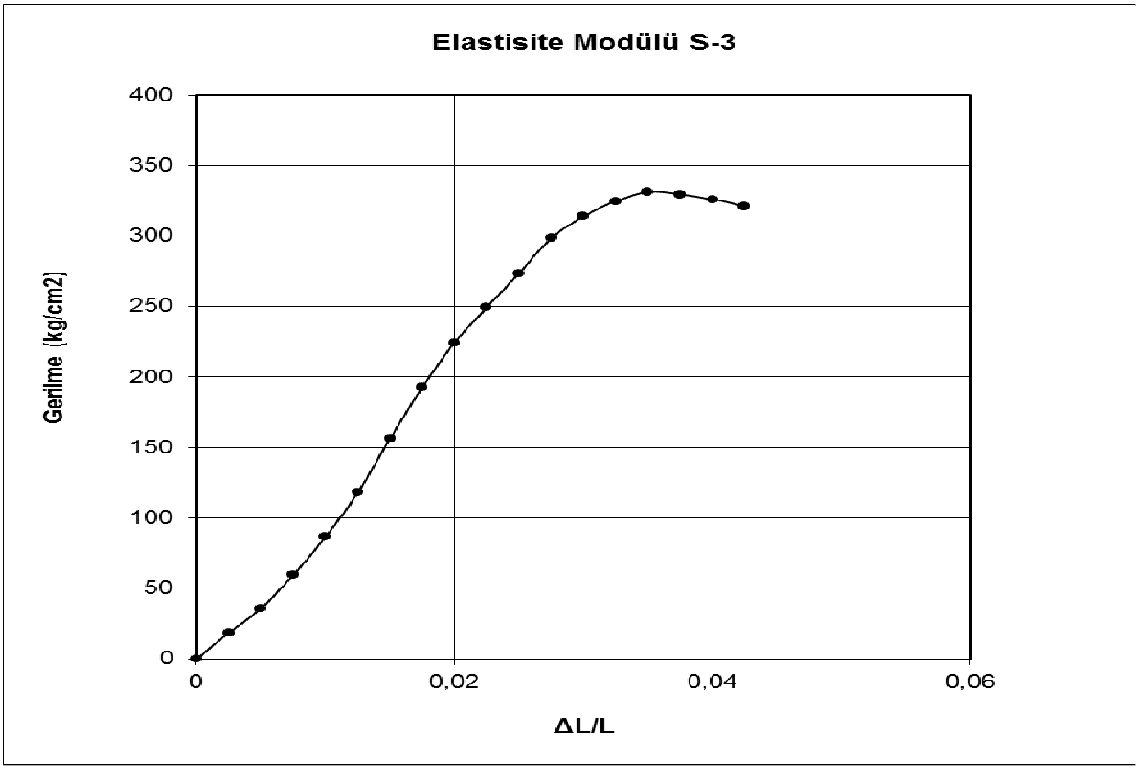
Yılmaz, M., 2006, Cam elyaf katkılı doymamış polyester malzemelerde mineral katkıların mekanik ve tribolojik özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 46-51.

EKLER

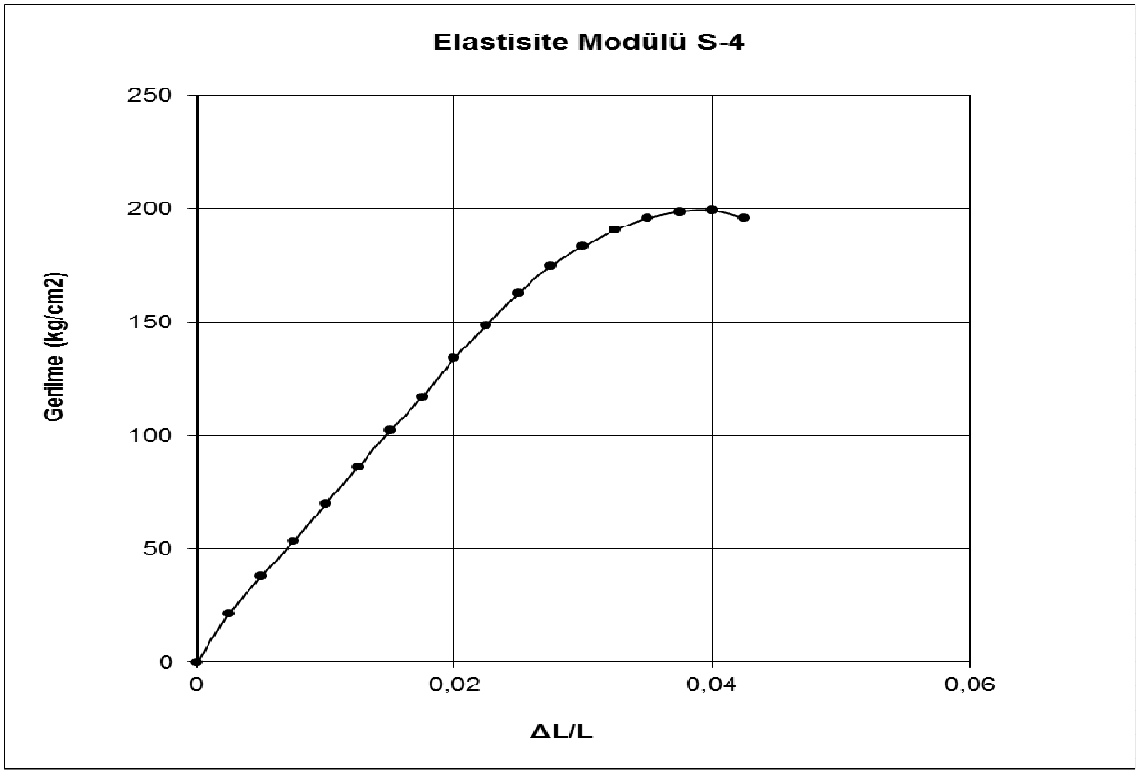
EK-1 4cmx2cmx2cm ebatlarında hazırlanan numunelerin, elastisite modülü deney sonuçları



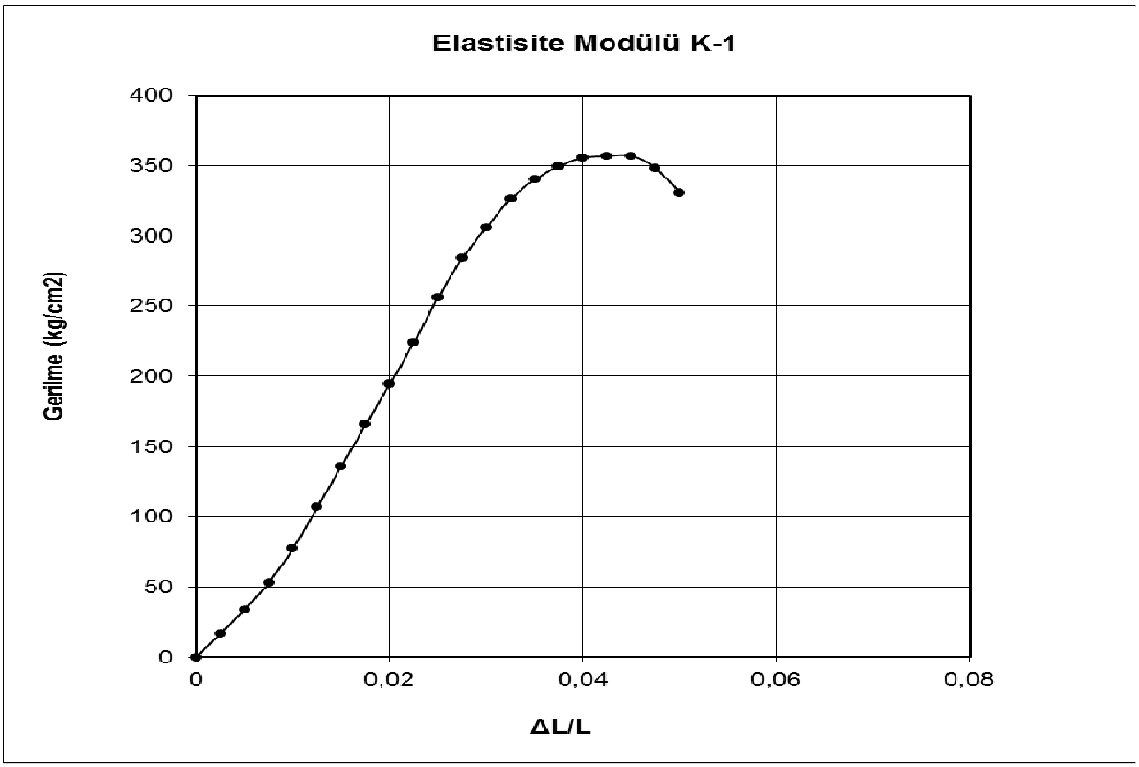
EK.1.1 S-2 nolu numunenin tek eksenli basma dayanımı sonucunda elde edilen elastisite modülü grafiği



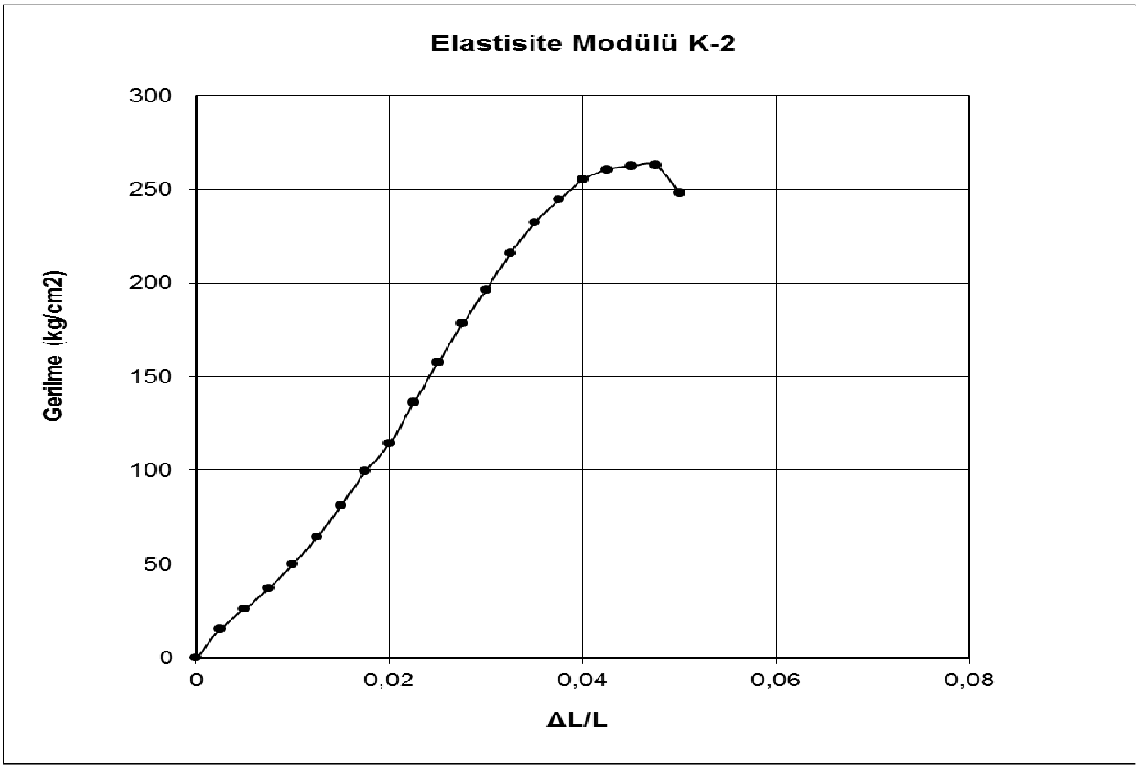
EK.1.2. S-3 nolu numunenin tek eksenli basma dayanımı sonucunda elde edilen elastisite modülü grafiği



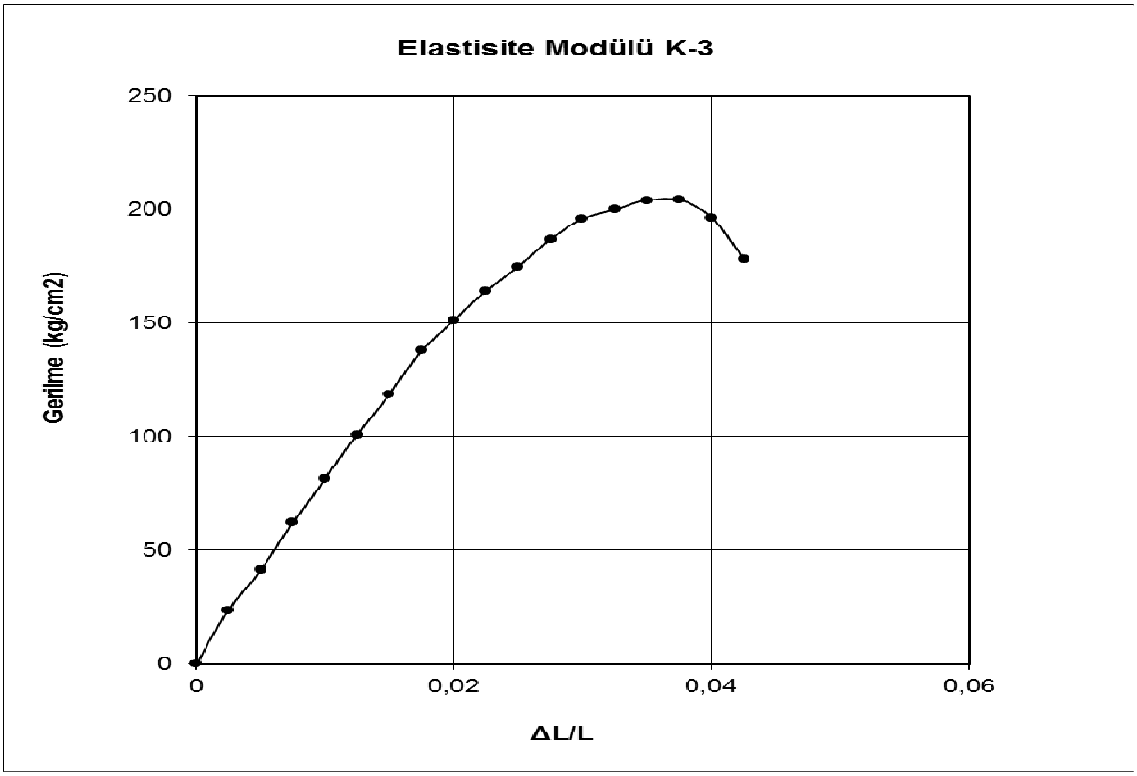
EK.1.3. S-4 nolu numunenin tek eksenli basma dayanımı sonucunda elde edilen elastisite modülü grafiği



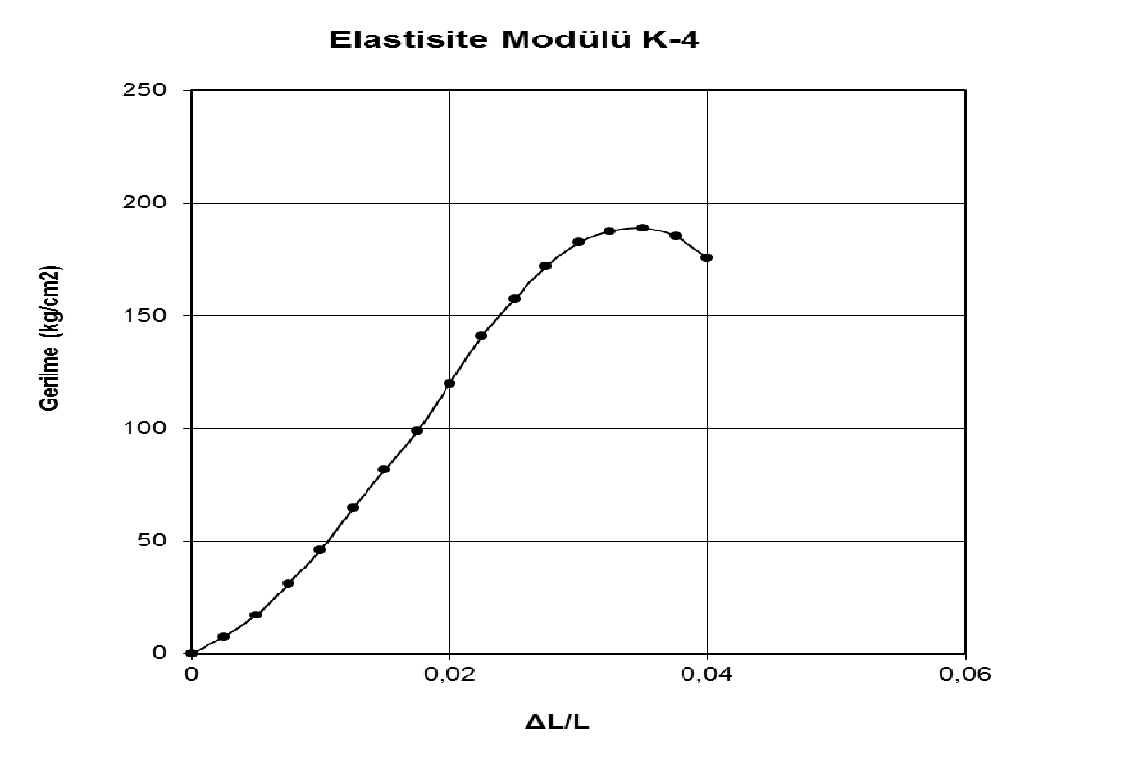
EK.1.4. K-1 nolu numunenin tek eksenli basma dayanımı sonucunda elde edilen elastisite modülü grafiği



EK.1.5. K-2 nolu numunenin tek eksenli basma dayanımı sonucunda elde edilen elastisite modülü grafiği



EK.1.6. K-3 nolu numunenin tek eksenli basma dayanımı sonucunda elde edilen elastisite modülü grafiği

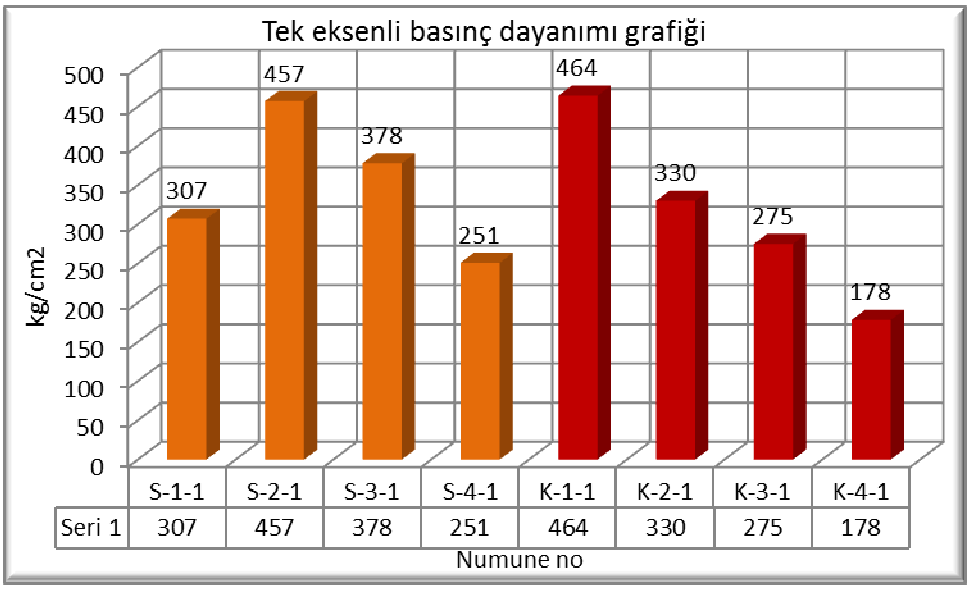


EK.1.7. K-4 nolu numunenin tek eksenli basma dayanımı sonucunda elde edilen elastisite modülü grafiği

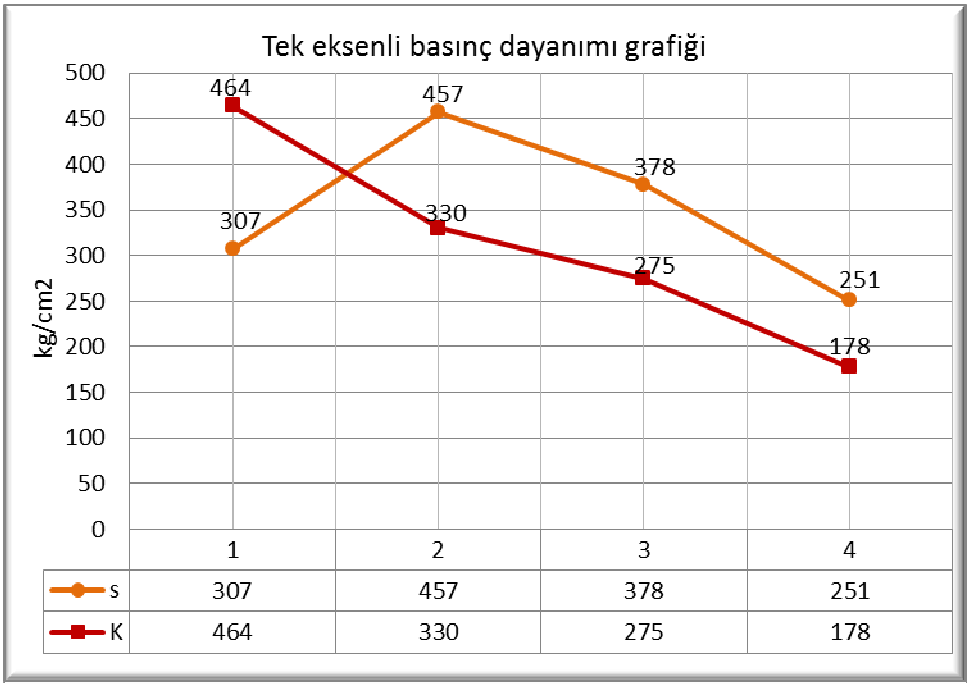
EK-2 2cmx2cmx2cm ebatlarında hazırlanan numunelerin, tek eksenli basınç dayanımı modülü deney sonuçları

EK-2.1. 2cmx2cmx2cm ebatlarındaki numunelerin tek eksenli basınç dayanımı ve elastisite modülü

Numune No	Tek eksenli basınç dayanımı (kg/cm^2)	Elastisite modülü (N/mm^2)	Ebat (cm)
S-1-1	307	3838	2x2x2
S-2-1	457	6529	2x2x2
S-3-1	378	8389	2x2x2
S-4-1	251	3350	2x2x2
K-1-1	464	7138	2x2x2
K-2-1	330	4402	2x2x2
K-3-1	275	3923	2x2x2
K-4-1	178	2538	2x2x2

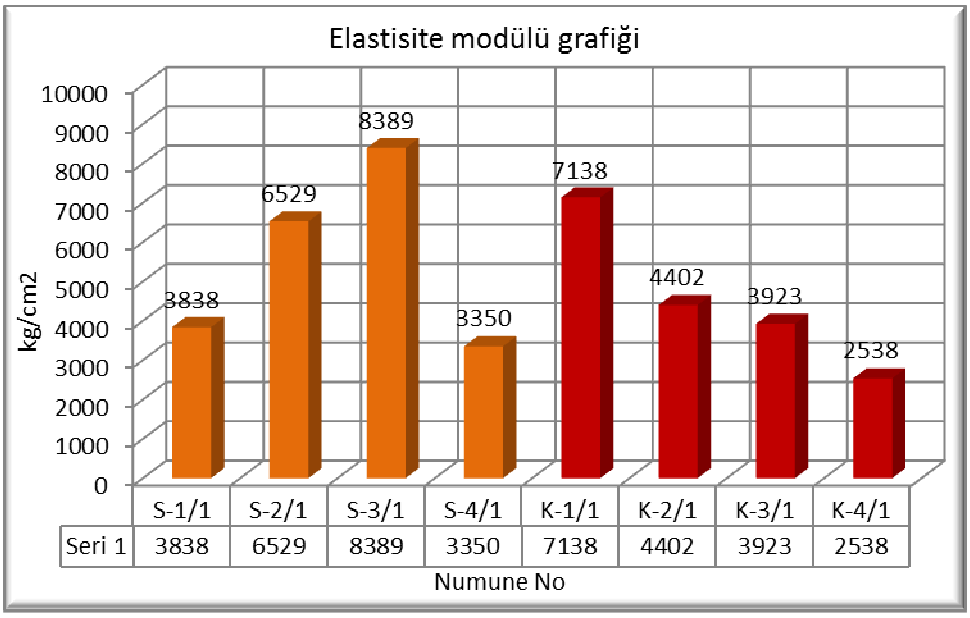


EK-2.2. 2x2x2cm ebadındaki numunelerin tek eksenli basınç dayanımı grafiği

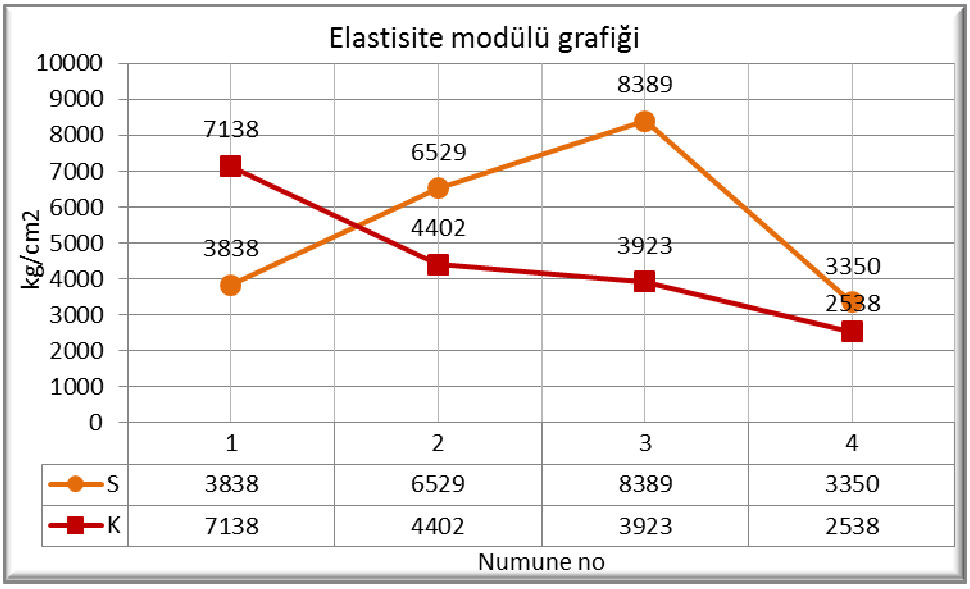


EK-2.3. 2x2x2cm ebadındaki numunelerin tek eksenli basınç dayanımı grafiği

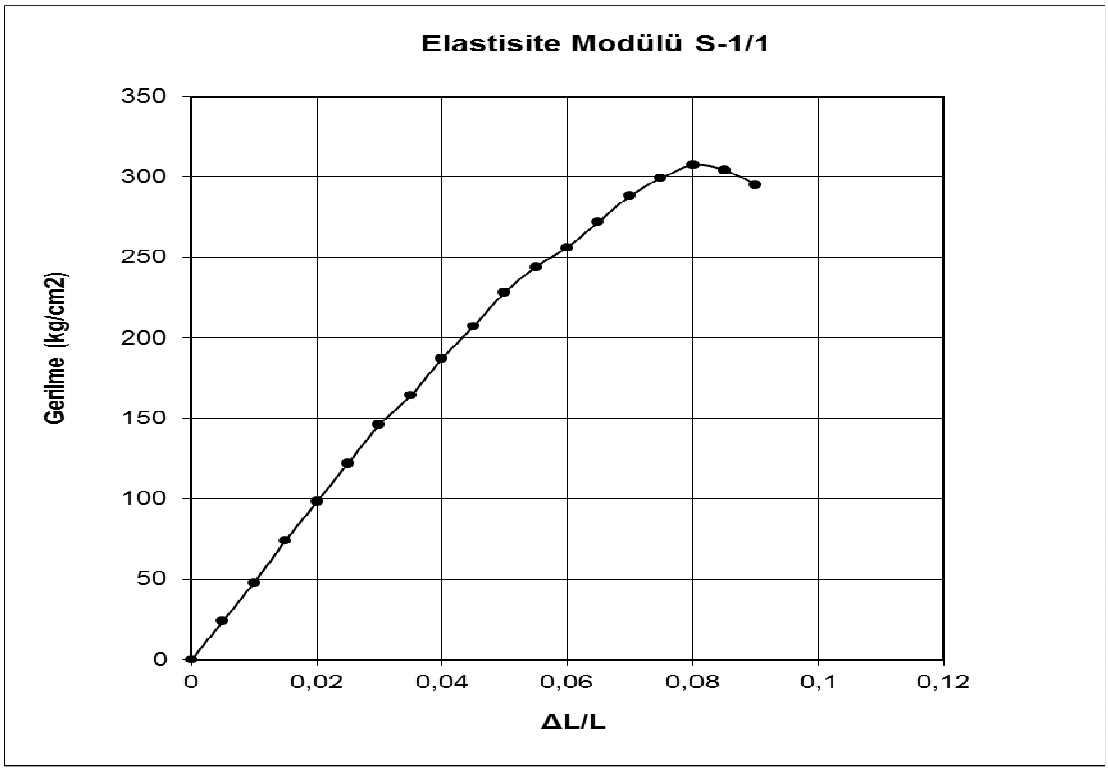
EK-3 2cmx2cmx2cm ebatlarında hazırlanan numunelerin, elastisite modülü deney sonuçları



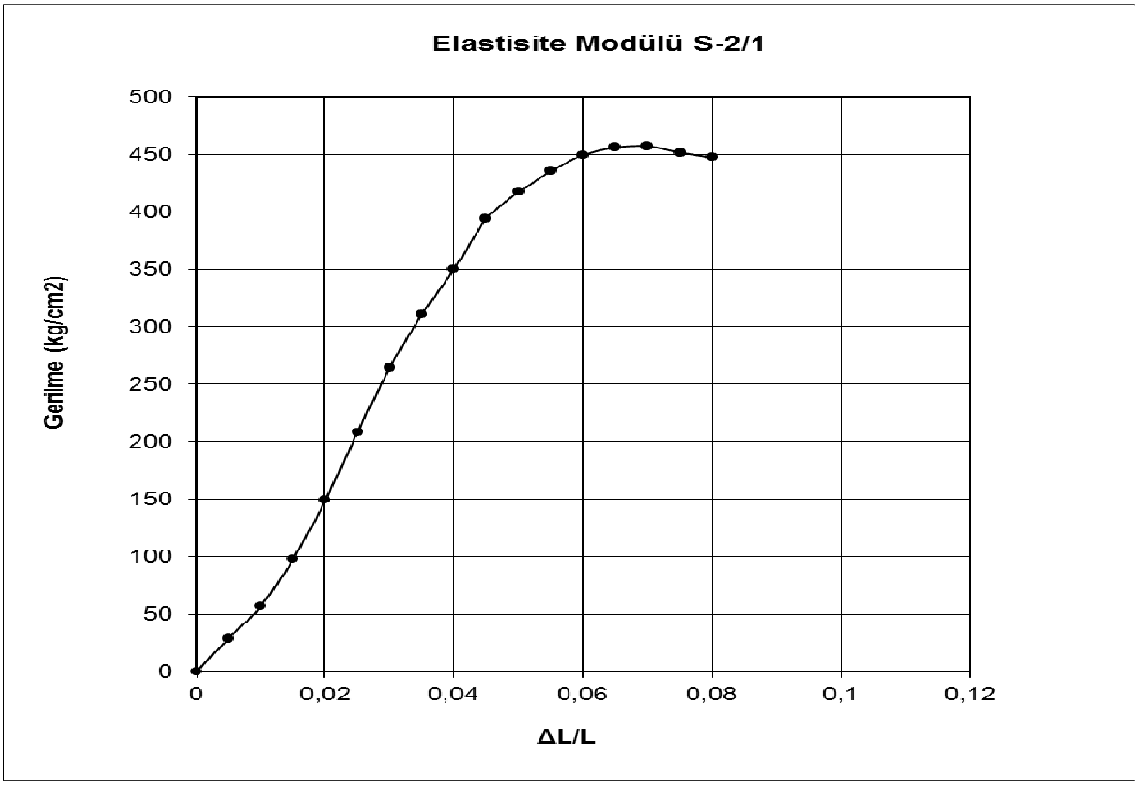
EK-3.1. 2x2x2cm ebadındaki numunelerin elastisite modülü grafiği



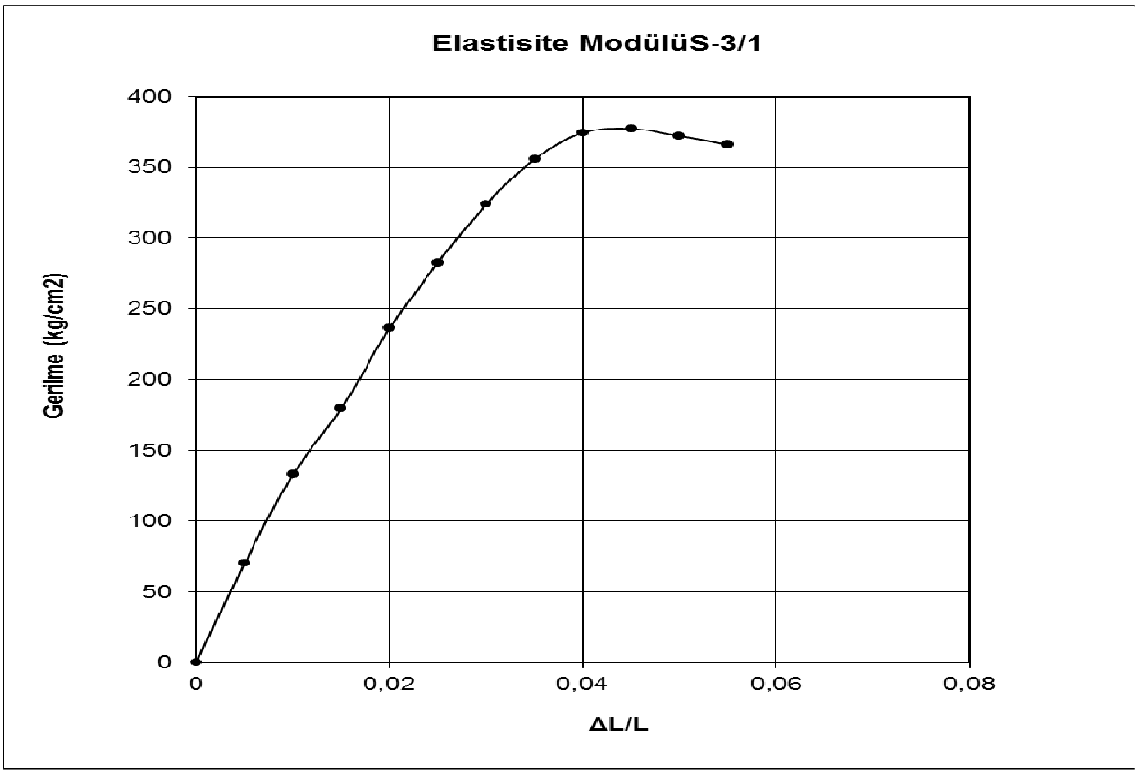
EK-3.2. 2x2x2cm ebadındaki numunelerin elastisite modülü grafiği



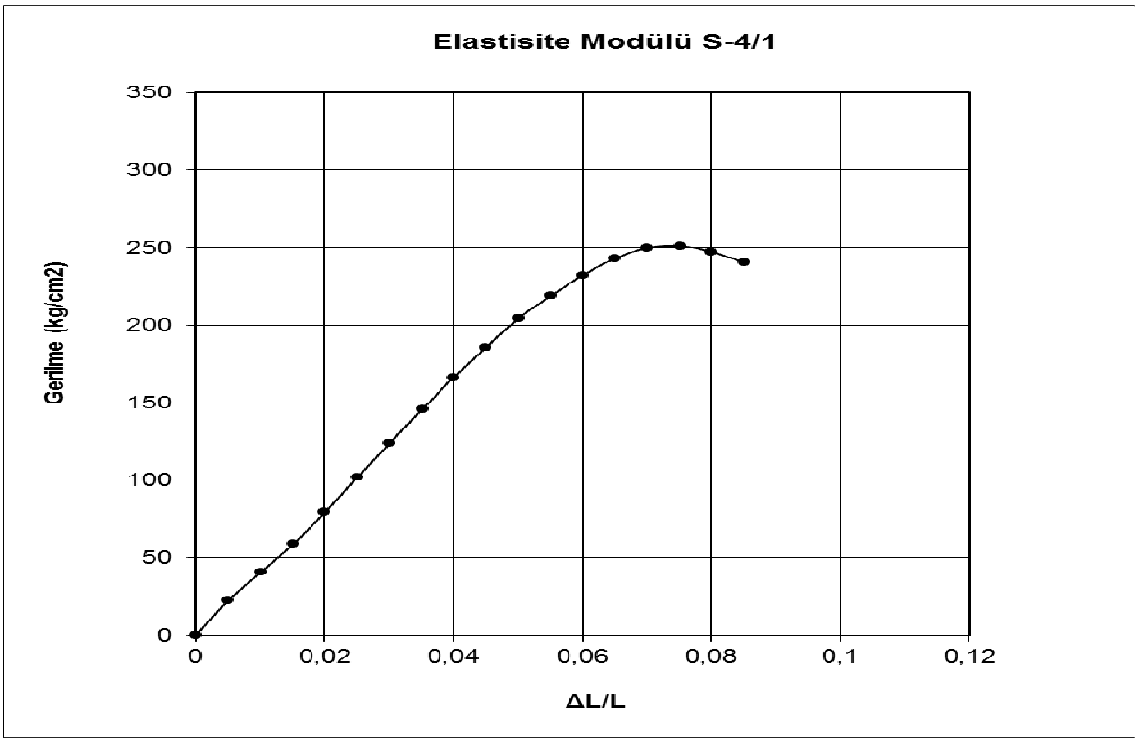
EK-3.3. S-1-1 nolu numunenin tek eksenli basma dayanımı sonucunda elde edilen elastisite modülü grafiği



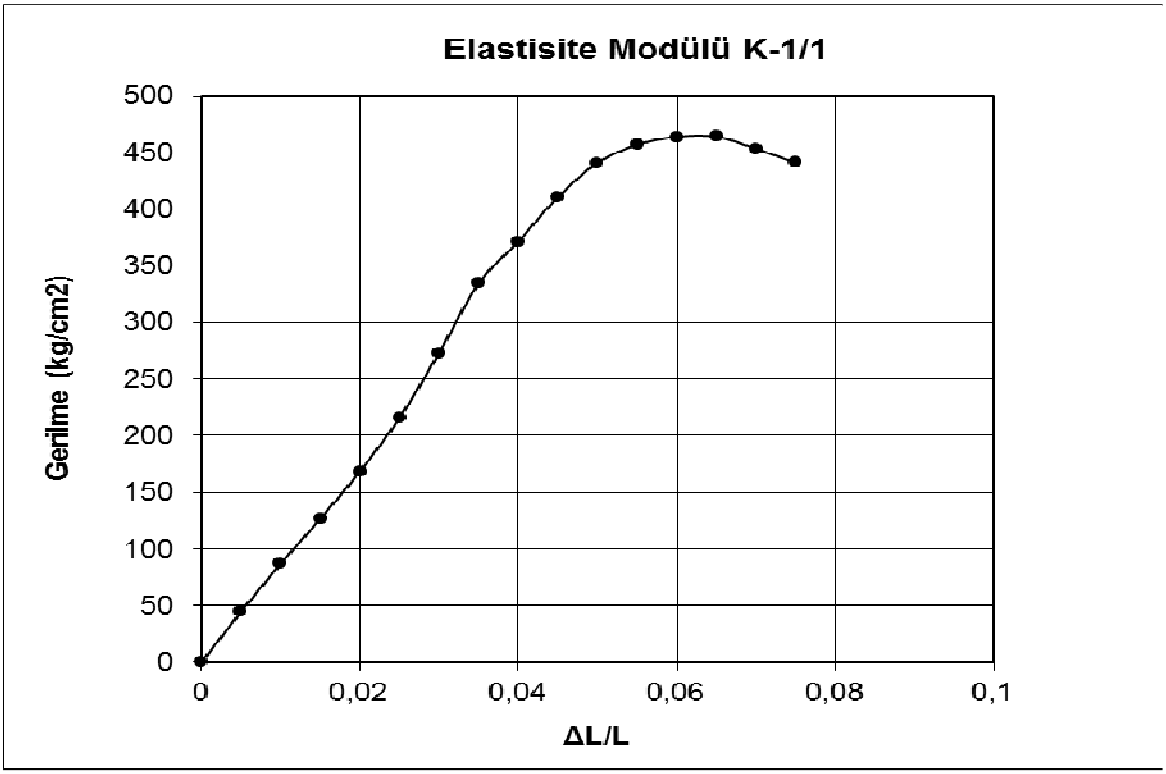
EK-3.4. S-2-1 nolu numunenin tek eksenli basma dayanımı sonucunda elde edilen elastisite modülü grafiği



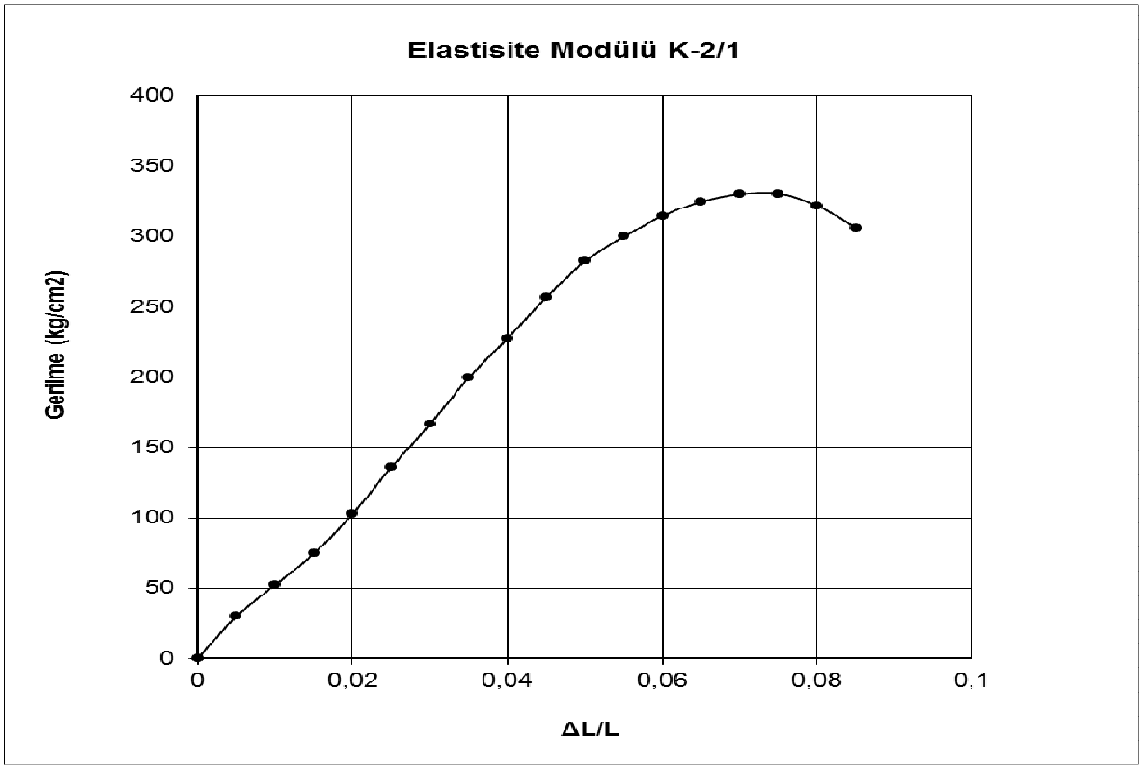
EK-3.5. S-3-1 nolu numunenin tek eksenli basma dayanımı sonucunda elde edilen elastisite modülü grafiği



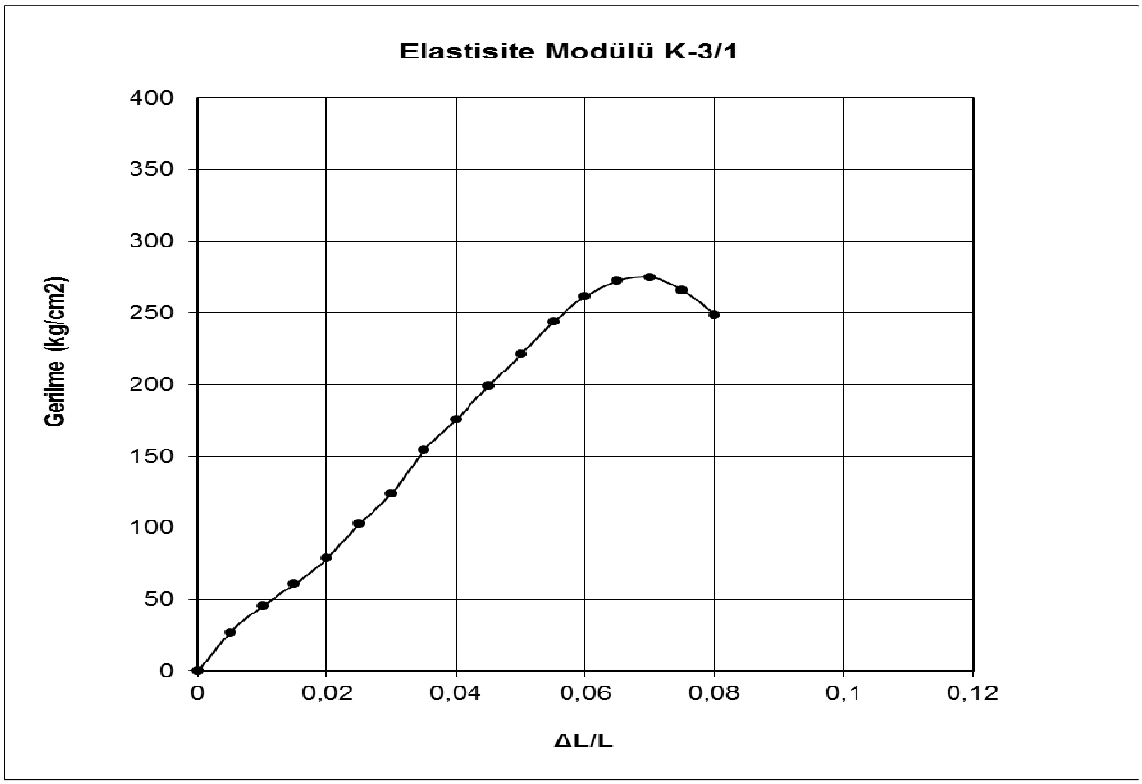
EK-3.6. S-4-1 nolu numunenin tek eksenli basma dayanımı sonucunda elde edilen elastisite modülü grafiği



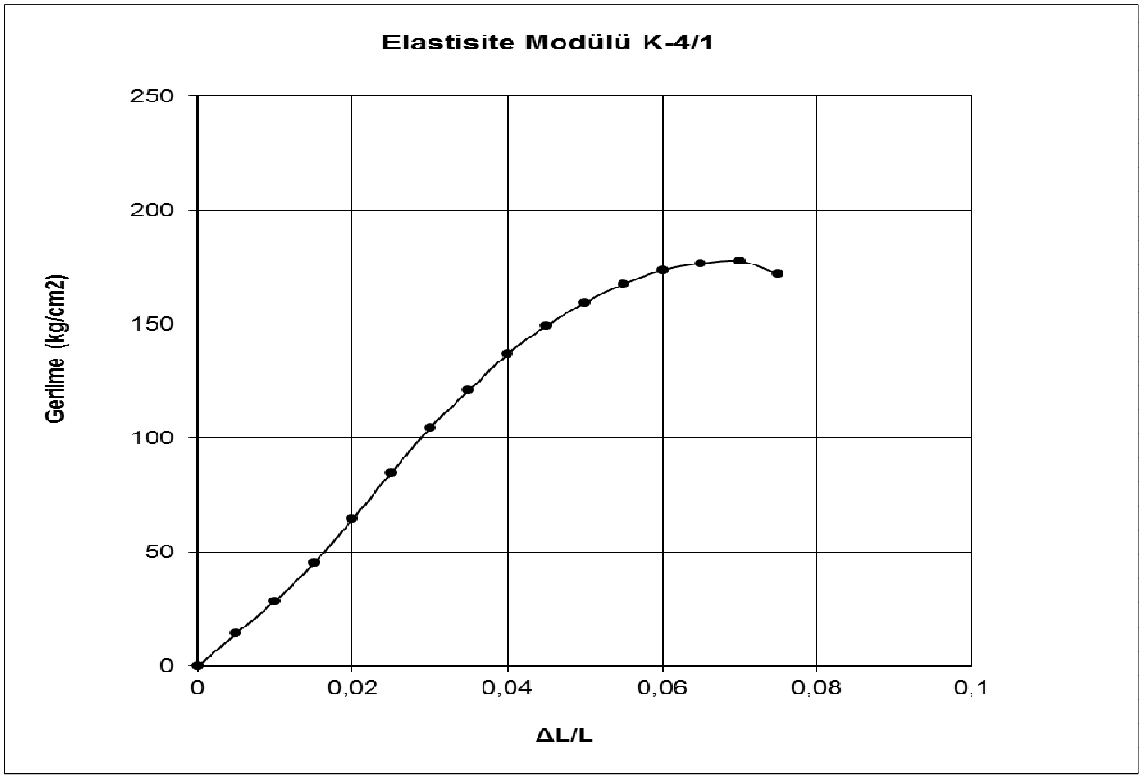
EK-3.7. K-1-1 nolu numunenin tek eksenli basma dayanımı sonucunda elde edilen elastisite modülü grafiği



EK-3.8. K-2-1 nolu numunenin tek eksenli basma dayanımı sonucunda elde edilen elastisite modülü grafiği



EK-3.9. K-3-1 nolu numunenin tek eksenli basma dayanımı sonucunda elde edilen elastisite modülü grafiği



EK-3.10. K-4-1 nolu numunenin tek eksenli basma dayanımı sonucunda elde edilen elastisite modülü grafiği

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mahmut SINIKSARAN
Uyruğu : TC
Doğum Yeri ve Tarihi : NEVŞEHİR/29.09.1987
Telefon : 05323604896
Faks :
e-mail : mahmut_siniksaran@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:	2000 evler lisesi Merkez/NEVŞEHİR	2004
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi Merkez/KONYA	2009
Yüksek Lisans	:		
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2009-2011	Nevşehir Sarıtaş Yapı Elm.	Mühendis
2011-	Türkiye Taşkömürü Kurumu	Mühendis

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER
İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR