

**KATKI MADDESİ OLARAK DİATOMİT'İN, BİTÜMLÜ SICAK
KARIŞIMLARIN DAVRANIŞLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

26477

Mustafa Kürşat ÇUBUK

**DOKTORA TEZİ
(İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ)**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Şubat 1998
ANKARA**

26412
**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANİSYON MERKEZİ**

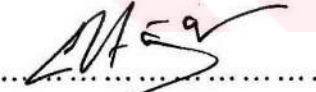
Mustafa Kürşat ÇUBUK tarafından hazırlanan, KATKI MADDESİ OLARAK DİATOMİT'İN, BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLARIN DAVRANIŞLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



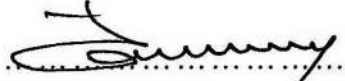
Prof. Dr. Emine AĞAR

Bu çalışma, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof Dr. Süleyman PAMPAL 

Üye : Prof Dr. Emine AĞAR 

Üye : Doç.Dr. İlhan SÜTAŞ 

Üye : Doç. Dr. Güven ÖZTAŞ 

Üye : Yrd. Doç.Dr. Metin GÜRÜ 

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.



**İnsanlığı, dürüstlüğü, yardımseverliği ve bilimsel yönüyle her zaman,
bana ve herkese örnek olan merhum hocam Prof. Dr. Rüştü YÜCE
anısına**

**KATKI MADDESİ OLARAK DİATOMİT'İN, BİTÜMLÜ SICAK
KARIŞIMLARIN DAVRANIŞLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**
(Doktora Tezi)

Mustafa Kürşat ÇUBUK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Şubat 1998

ÖZET

Ülkemizde, trafik hacmi ile beraber yüklerin de artması ve iklim koşullarının olumsuz etkileri, esnek üstyapı kaplamalarında, tekerlek izi oluşumu, yığılma ve ondülasyon gibi kalıcı deformasyonların oluşmasına sebep olmaktadır. Bu tür sorunların çözümünde, esnek üstyapının performansını artırmak en uygun yöntem olarak görülmektedir. Bitümlü bağlayıcıların modifiye edilmesiyle, asfalt betonu karışımlarının rijitliğini artırmak, yüksek sıcaklıklardaki ve ağır trafik yükü altındaki kalıcı deformasyonları azaltmak ve yol üstyapısının yorulma ömrünü uzatmak mümkün olmuştur.

Bu çalışmada, diatomit ile modifiye edilmiş olan asfalt betonu karışımlarının, marshall stabilitesi ve elastik modülü incelenmiştir. On bölüm halinde sunulan çalışmanın birinci bölüm olan giriş kısmında, esnek üstyapının performansını artırmak ve asfalt kaplamanın servis ömrünü uzatmak için yapılan çalışmalardan ve modifiye edilmiş karışımların avantajlarından bahsedilmiştir.

İkinci bölüm kaynak araştırmasına ayrılmış ve esnek üst yapılarıdaki bozulma türleri ve sebepleri açıklanmıştır. Bu bozulmaları önlemek için ne türde çalışmalar yapıldığı da bu bölüm içerisinde ele alınmıştır. Bölüm içerisinde de görüleceği üzere, üstyapı kaplamalarında görülen bozulma sebepleri arasında, kaplama tabakasındaki bitümlü sıcak karışımla ilgili yetersizliklerin çok önemli bir yeri vardır.

Üçüncü bölümde, ikinci bölüm içerisinde ele alınan sıcak karışımlarla ilgili yetersizliklerden dolayı meydana gelen bozulmaları önleyeceği düşünülen ve bitümlü bağlayıcıların özelliklerini olumlu yönde değiştiren katkılardan bahsedilmiş ve katkılar ile modifiye edilmiş olan karışımların özellikleri açıklanmıştır. Bu katkılardan bazıları ise sülfür, kauçuk, termoplastik polimerler, termoplastik kauçuklar, doğal asfaltlardır. Bu tür katkılar, deformasyonlara karşı direncin ve karışım sertliğinin artırılması, karışımın işlenebilirliğinin geliştirilmesi, sıcaklığa karşı duyarlılığın düşürülmesi, ve geçirimsizliliğin artırılması, kayma direncini ve yorulmaya karşı mukavemetin iyileştirilmesi gibi özellikleri taşımaktadırlar. Yine bu bölüm içerisinde, bitümlü sıcak karışım içerisinde ilk defa kullanılan diatomit'in, genel yapısı (fiziksel ve kimyasal özellikleri) ve kullanım imkanları da irdelenmiştir.

Dördüncü bölümde, bitümlü karışımların eperformansını test eden deney yöntemlerinden bahsedilmiştir. Bu bölümde Marshall yöntemi incelemiş, deney numunelerinin hazırlanması, deney yöntemi ve deney sonuçlarının değerlendirilmesi gibi işlem basamakları anlatılmıştır.

Beşinci bölümde, indirekt çekme test'i standart deney metod'undan bahsedilmiş, kullanılacak deney yöntemleri, esneklik modülünün önemi ve kullanımı, testle ilgili cihazlar, testlerin uygulanışı ve hesaplamalar bu bölüm içerisinde yer almıştır. İndirekt çekme modülü testi altıncı bölüm içerisinde ele alınmıştır. Bu bölümde, numune kullanım prosedürü, tipik işlem basamakları, ve dataların hesaplanması gibi konular açıklanmıştır.

Yedinci bölüm başlığı olan indirekt çekme yorulma (Fatigue) deneyi içerisinde ise, deney kullanım parametreleri, tipik işlem basamakları ve dataların hesaplanması hakkında bilgiler verilmiştir.

Sekizinci bölümde, tekrarlı tek eksenli asfalt sünme (creep) yükleme test'i incelenmiş ve tipik işlem basamakları, data hesaplaması, test kullanım parametreleri gibi genel bilgiler de bu bölüm içerisinde ele alınmıştır.

Dokuzuncu bölüm içerisinde, diatomit katkılı ve katkısız bitümlü karışımlar üzerinde uygulanan indirekt çekme modülü ve marshall stabilitesi deneylerinin sonuçları değerlendirilmiştir. Bu amaçla, %6,5, %7,0, %7,5, %8,0, %8,5, %9,0 asfalt oranları içerisinde kullanılan %1,0, %1,5, %2,0, %2,5, %3,0 oranlarında ki diatomit ile katkılı standart marshall numunelerinin hazırlandığı ve elastik modül değerleri bulunurken, 25⁰C sıcaklık ve 3000 N yük'ün sabit seçildiği ve kabul edilen 0.40 poisson oranında 3000 ms'lik test vuruş periyodunda deneylerin yapıldığı vurgulanmıştır. Diatomit ve asfalt oranları, diatomit veya asfalt miktarlarının, toplam agreg + diatomit miktarına (1100gr), bölümü ile elde edilmiştir. Örneğin, %6,5 asfalt yüzdesi, 1100 gr (agrega + diatomit) içerisindeki asfalt miktarı olup toplam asfalt ağırlığı 76,5 gr olmaktadır. %2'lik diatomit ise, 1100 gr (agrega + diatomit) içerisindeki diatomit miktarı olup $(1100 * \%2) 22$ gr dır.

Sonuç ve öneriler kısmında, çalışmanın sonuçları açıklanmış, diatomit miktarının ve asfalt yüzdesinin artımıyla, %2,0'lik diatomit katkısı ve %7,5 asfalt yüzdesi kullanımına kadar (ki bu oranlar optimum değerlerdir) marshall stabilitesi ve elastik modül değerlerinin arttığı, bu değerlerden sonra elastik modül ve marshall stabilitesi değerlerinde düşmelerin görüldüğü vurgulanmıştır. Bu durumun daha iyi irdelenmesi ve sonuçların sağlıklı bir zemin üzerinde oturtulması gereği düşünüldüğünde, deney numune sayısının artırılarak daha farklı (önerilen 5, 40, 60⁰C) sıcaklıklarda ve farklı yük

durumlarında aynı deneylerin tekrarlanması ve sonuçların, mümkünse bir deneme yolu yapılarak birebir görülerek incelenmesi de öneriler kısmında yer almaktadır.

Bilim kodu : 624. 04. 01

Anahtar kelimeler : Asfalt, agrega, gradasyon, SMA, Diatomit, sıcak karışım, filler, Marshall stabilitesi, İndirekt çekme

Sayfa adedi : 175

Tez yöneticisi : Prof. Dr. Emine AĞAR

**THE EFFECT OF AN ADDITIVE WHICH IS CALLED DIATOMITE
ON THE BEHAVIOR OF ASFALTIC MIXTURES**

(Ph. D. Thesis)

Mustafa Kürçat ÇUBUK

X

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
Şubat 1998**

ABSTRACT

In this study, the affects of an additive which is called Diatomite is searched on the Marshall stability and Elastic Modulus values of asfaltic mixtures. For this purpose, Marshall and Indirect Tensile tests are applied on the approximately 400 specimens prepared in accordance with the Marshall test standart both with and without addition of diatomit in specified asphalt and additive percentages.

The results achieved from these tests are presented with respect to the specified asphalt and additive percentages.

In the evaluation of the results, using diatomite as an additive in the asphaltic mixtures caused a considerable increase in both the Marshall stability and Indirect Tensile Strength values. The best results in the Marshall stability and Indirect Tensile Strength values are obtained in 7,5 % asphalt and 2 % additive percentages.

In Turkey, rutting is the frequently appearing problem on the flexible pavements. Remedial studies for this problem have been being performed in the related divisions of the Turkish Highway Department (K.G.M) One of these studies is on usage of Stone Mastic Asphalt (SMA) mixtures. The open graded aggregates with high percentage of coarse aggregates and filler are proposed for such mixtures. In the case of a decision on applying such a mixture in Turkey's roads, it may be faced with a problem of shortage in producing high percentage of filler. In such a case, due to the rich resources of diatomite in Turkey, the using the diatomite as filler material in SMA mixture will be an important alternatif together with its stability increasing characteristic.

Science code : 624 04 01
Key words : Asphalt, aggregate, SMA, Diatomite, asphaltic mixtures,
Marshall stability, Indirect Tensile
Page number : 170
Adviser : Prof. Dr. Emine AĞAR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xiii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1. Genel	5
2.2. Esnek Yol Üstyapılarında Görülen Bozulma Türleri ve Nedenleri	6
2.2.1 Yol esnek üstyapıda oluşan bozulma türleri	14
2.2.1.1 Çatlaklar	14
2.2.1.2 Yol yüzeyinde deformasyona neden olan bozulmalar	20
2.2.1.3 Dağılma nedeniyle oluşan bozulmalar	27
2.2.1.4 Yol yüzeyinin kayganlaşması nedeniyle oluşan bozulmalar	31
2.2.1.5 Yüzeysel kaplamada oluşan bozulmalar	33
3. ÇEŞİTLİ KATKI MADDELERİ İLE MODİFİYE EDİLMİŞ ASFALT ÇİMENTOLARININ ÖZELLİKLERİ	35
3.1. Bağlayıcıların Modifiye Edilmelerinde Kullanılan Katkı	

	Maddelerinden ve Karışımdan Beklenen Özellikler	36
3.1.1.	Modifikasyonda kullanılan başlıca katkı maddeleri	37
3.2.	Asfalt Katkı Maddesi Olarak Diatomit	50
3.2.1.	Diatomit'in genel tanımı	50
3.2.1.1.	Diatomit'in genel özellikleri	50
3.2.1.2.	Türkiye'de diatomit yatakları	51
3.2.1.3.	Türkiye'de diatomit rezervi	51
3.2.1.4.	Diatomit'in kullanıldığı yerler	52
3.2.2.	Laboratuvar deney sonuçları	53
4.	KARIŞIM TASARIMI VE KARIŞIMLARA	
	UYGULANAN DENEY YÖNTEMLERİ	58
4.1.	Marshall Yöntemi ile Karışım Tasarımı	58
4.1.1.	Deney Numunelerinin Hazırlanması	59
4.1.2.	Deney Yöntemi	61
4.1.3.	Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	61
4.2.	Bitümlü Karışımların Esneklik Modülünün Tayini için, İndirekt Çekme Deneyi Standart Deney Metodu	64
4.2.1.	Kapsam	64
4.2.2.	Kullanılacak Deney Methodları	64
4.2.3.	Method'un özeti	65
4.2.4.	Esneklik Modülünün Önemi ve Kullanımı	65
4.2.5.	Cihazlar	66
4.2.6.	Numuneler	68
4.2.7.	Deneylerin Uygulanması	68
4.2.8.	Hesaplar	70

4.3..	İndirekt Çekme Modülü Deneyi	72
4.3.1.	Numune Kullanma Prosedürü	73
4.3.2.	Test'i Kullanma Parametreleri	75
4.3.3.	Test'in Başlatılması	77
4.3.3.1.	Tipik işlem basamakları	78
4.3.4.	Dataların Hesaplanması	79
4.4.	İndirekt Çekme Yorulma Deneyi	84
4.4.1.	Numune Kullanım Prosedürü	85
4.4.1.1.	Test kullanım parametreleri	85
4.4.2.	Test'in Başlatılması	87
4.4.2.1.	Tipik işlem basamakları	88
4.4.3.	Data Hesaplaması	89
4.5.	Tekrarlı Tek Eksenli Asfalt Creep Yükleme Deneyi	91
4.5.1.	Numune Kullanım Prosedürü	92
4.5.2.	Test Kullanım Parametreleri	93
4.5.3.	Test'in Başlatılması	95
4.5.3.1.	Tipik işlem basamakları	96
4.5.4.	Data Hesaplaması	97
5..	DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	99
5.1.	Marshall Numunelerinin Hazırlanması	105
5.1.1.	Kullanılan malzemeler	105
5.2.	Kullanılan malzemelerin testleri	106
5.2.1.	Asfalt testleri	106
5.2.2.	Agrega testleri ve gradasyonları	107
5.3.	Marshall Dizaynı	109
5.3.1.	Marshall numunelerinden elde edilen sonuçlar	123
5.3.1.1.	Diatomit oranı - Marshall stabilitesi ilişkisi	123
5.3.1.2.	Asfalt oranı - Marshall stabilitesi ilişkisi	125

5.3.1.3.	Diatomit oranı - elastik modül ilişkisi	126
5.3.1.4.	Asfalt oranı - elastik modül ilişkisi	127
5.3.1.5.	Diatomit - Asfalt yüzdesi oranı - elastik modül ilişkisi	128
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	130
6.1.	Sonuç	130
6.2.	Öneriler	133
KAYNAKLAR		135
EKLER		138
ÖZGEÇMİŞ		175

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	sayfa
Çizelge 2.1. Olası üstyapı problemleri ve çözüm önerileri.....	34
Çizelge 3.1. Katkı maddesi olarak göl asfaltı-1(trinidad lake asphalt) kullanıldığında elde edilen deney sonuçları.....	39
Çizelge 3.2. Katkı maddesi olarak kaya asfaltı kullanıldığında elde edilen deney sonuçları	40
Çizelge 3.3. Katkı maddesi olarak kaya asfaltı-2 (uintaite) kullanıldığında elde edilen deney sonuçları	41
Çizelge 3.4. Katkı maddesi olarak termoplastik kullanıldığında elde edilen deney sonuçları.....	42
Çizelge 3.5. Polimer modifiye asfalt teknik şartnamesi (Almanya).....	44
Çizelge 3.6. Elestomerler ile modifiye edilen polimer- bitüm teknik şartname önerisi (Polonya).....	45
Çizelge 3.7. Plastomerler ile modifiye edilen polimer bitüm teknik şartname önerisi (Polonya).....	46
Çizelge 3.8. Mastik asfalt uygulamalarındaki asfalt çimentosu özellikleri...	46
Çizelge 3.5. İzmir Aliaga kaynaklı 40/50 penetrasyonlu AC deney sonuçları.....	47
Çizelge 3.10. Hazırlanmış diatomit'in kimyasal özellikleri.....	51
Çizelge 3.11. Asfalt üzerindeki özgül ağırlık deney sonuçları.....	53
Çizelge 3.12. Diatomitli asfalt penetrasyon değerleri.....	54
Çizelge 3.13. Filler katkılı asfalt penetrasyon değerleri.....	55
Çizelge 3.14. Diatomitli yumuşama noktası.....	56
Çizelge 3.15. Fillerli yumuşama noktası.....	56
Çizelge 5.1. Alacaatlı agregasının kimyasal özellikleri.....	104

Çizelge 5.2. Asfalt fiziksel özellikleri.....	104
Çizelge 5.3. 60/70 penetrasyon için asfalt karakterleri.....	105
Çizelge 5.4. Dizayn gradasyon limitleri.....	105
Çizelge 5.5. Aşınma tabakası tip 2 için seçilen gradasyon.....	107
Çizelge 5.6. % 1 diatomit % 6,5 asfalt.....	110
Çizelge 5.7. % 2 diatomit % 6,5 asfalt.....	110
Çizelge 5.8. % 2,5 diatomit % 6,5 asfalt.....	111
Çizelge 5.9. % 3 diatomit % 6,5 asfalt.....	111
Çizelge 5.10. % 1 diatomit % 7,0 asfalt.....	112
Çizelge 5.11. % 2 diatomit % 7,0 asfalt.....	112
Çizelge 5.12. % 2,5 diatomit % 7,0 asfalt.....	113
Çizelge 5.13. % 3 diatomit % 7,0 asfalt.....	113
Çizelge 5.14. % 1 diatomit % 7,5 asfalt.....	114
Çizelge 5.15. % 2 diatomit % 7,5 asfalt.....	114
Çizelge 5.16. % 2,5 diatomit % 7,5 asfalt.....	115
Çizelge 5.17. % 3 diatomit % 7,5 asfalt.....	115
Çizelge 5.18. % 1 diatomit % 8,0 asfalt.....	116
Çizelge 5.19. % 2 diatomit % 8,0 asfalt.....	116
Çizelge 5.20. % 2,5 diatomit % 8,0 asfalt.....	117
Çizelge 5.21. % 3 diatomit % 8,0 asfalt.....	117
Çizelge 5.22. % 1 diatomit % 8,5 asfalt.....	118
Çizelge 5.23. % 2 diatomit % 8,5 asfalt.....	118
Çizelge 5.24. % 2,5 diatomit % 8,5 asfalt.....	119
Çizelge 5.25. % 3 diatomit % 8,5 asfalt.....	119
Çizelge 5.26. % 1 diatomit % 9,0 asfalt.....	120
Çizelge 5.27. % 2 diatomit % 9,0 asfalt.....	120
Çizelge 5.28. % 2,5 diatomit % 9,0 asfalt.....	121
Çizelge 5.29. % 3 diatomit % 9,0 asfalt.....	121

Çizelge 5.30. Diatomit katkılı ve katkısız Marshall stabilite değerleri.....122

Çizelge 5.31. Diatomit katkılı ve katkısız elastik modül değerleri.....125



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil		sayfa
Şekil 2.1.	Kaplama performansına ait örnekler.....	8
Şekil 3.1.	Yumuşama noktası deney sonuçları.....	56
Şekil 3.2.	Penetrasyon deney sonuçları.....	56
Şekil 4.1.	Numune,indirekt çekme hücresinde.....	79
Şekil 4.2.	İndirekt çekme modülü test'i kullanım ve kontrol ekranı.....	80
Şekil 4.3.	İndirekt çekme test'i transducer düzeyi gösterimi.....	81
Şekil 4.4.	İndirekt çekme test'inde hatalı transducer düzeyi.....	81
Şekil 4.5.	İndirekt çekme modülü test'i grafikleri.....	82
Şekil 4.6.	İndirekt çekme modülü test'i hatalı sonuçlar.....	82
Şekil 4.7.	Tekrarlı İndirekt çekme test'i (Fatigue) kullanım ve kontrol ekranı	89
Şekil 4.8.	Tekrarlı indirekt çekme test'i sonuç gösterimi.....	89
Şekil 4.9.	Creep test'i kullanım ve kontrol ekranı.....	97
Şekil 4.10.	Creep test'I sonuç gösterimi.....	97
Şekil 5.1.	Ayrılmış agregaların depolanması	100
Şekil 5.2.	Diatomit'in doğal hali.....	101
Şekil 5.3.	200 no'lu elekten geçirilen diatomit.....	101
Şekil 5.4.	Elenmiş ve tartılmış döküme hazır numune örnekleri.....	101
Şekil 5.5.	Kalıptan çıkartılmış numuneler.....	102
Şekil 5.6.	Marshall test cihazı ve yazıcısı.....	102
Şekil 5.7.	Marshall sıkıştırıcı (kompaktör).....	103
Şekil 5.8.	Asfalt Tester test cihazının genel görünümü.....	103
Şekil 5.5.	Diatomit oranı - marshall stabilitesi ilişkisi.....	123
Şekil 5.10.	Asfalt oranı - marshall stabilitesi ilişkisi.....	124
Şekil 5.11	Diatomit oranı-elastik modül ilişkisi.....	126

Şekil 5.12	Asfalt oranı-elastik modül ilişkisi.....	127
Şekil 5.13	Diatomit/asfalt oranı- elastik modül ilişkisi.....	128



1. GİRİŞ

Esnek üst yapıların performansını arttırmak ve asfalt kaplamanın servis ömrünü uzatmak için yapılan çalışmalarda, katkı maddeleri, asfalt'ın ve asfalt karışımların özelliklerini iyileştirmek için kullanılmaktadırlar. Günümüzde kullanılan katkı maddelerinden bazıları kireç hidrat, sülfür, antioksidanlar, soyulmaya karşı kullanılan malzemeler, plastik, siyah karbon, asbest lif, ve çeşitli polimerlerdir. Katkı maddeli asfaltların kullanımı, tüm esnek üstyapı karışım dizaynlarındaki asfaltın performansını arttırmak için çok iyi avantajlar sağlamaktadır. Bunları kısaca özetlemek gerekirse ;

- a) İşlenebilirliğin artırılması
- b) Sağlamlığı artırma
- c) Yüksek çekme direnci
- d) Düşük sünme
- e) Arttırılmış elastik modülü
- f) Uzatılmış yorulma ömrü
- g) Arttırılmış yapışma kabiliyeti
- h) Azaltılmış ısı duyarlılığı
- i) Tekerlek izi oluşumuna karşı ve deformasyonlara karşı daha yüksek dayanım
- j) Yaşlanmanın azaltılması

Türkiye’de son yıllarda asfalt karışimli kaplamalarda, nemin ters etkisi sebebiyle, ve aşırı trafik yükleri ve de iklim şartlarının gereği, çok değişik ve boyutları büyük tahribatlara rastlanmaktadır. Suyun sebep olduğu zararlara maruz kalan esnek üstyapı kaplama malzemeleri, bir çok tehlikelere yol açmakta, yolun performansını düşürmekte ve bu sebeplerden dolayı sıklıkla

kullanılan yollarımızda özenle korunmayı gerektirmektedir. Suyun, yola verdiği zararların başında agrega ile asfalt arasındaki bağılılığın sona ermesi daha doğrusu agreganın asfalt içinden sıyrılması, soyulması, gelmektedir. Soyulma, temelde suyun etkisiyle asfalt çimentosu ile agrega arasındaki çekim kuvvetinin zayıflamasından dolayı asfalt çimentosuyla agreganın fiziksel olarak ayrılmasıdır. Bitüm ile agrega arasındaki çekim kuvveti bitümlü kaplamaların ömründe önemli bir faktördür. Çoğu zaman, esnek üstyapı kaplamalar üzerinde görülen bozulmalar, bu çekimin azalmasından veya tamamen yıkılmasından ve soyulmadan kaynaklanmaktadır. Uygun koşullar bir araya geldiğinde su, bitümle agregayı birbirinden ayırma yeteneğine sahiptir. Bitüm ile agrega arasındaki bu ayrışma, trafik yükleri altında hızlanarak yolun tamamen kullanıma hale gelmesine sebep olur. Suyun asfalt kaplamalara verdiği zararlar dışında, daha değişik asfalt kaplama problemleri de gündemdedir. Bunlar değişik yollarla (çatlaklar, değişik izler, akma, segregasyon v.b.) ortaya çıkan problemlerdir. Bu problemlerin giderilebilmesi için çok değişik katkı malzemeleri kullanılarak, çok detaylı çalışmalar gerek ülkemizde gerekse diğer gelişmiş ülkelerde, hem bitüm, hem de bitümlü karışımlar üzerinde test edilmektedir.

Bu tezin amacı da, 400' e yakın standart marshall deney numuneleri üzerinde ve değişik asfalt yüzdelerinde (%6,5, %7,0, %7,5, %8,0, %8,5, %9,0) (asfalt miktarı / diatomit + agrega (1100 gr) miktarı), katkı maddesi olarak kullanılmış olan diatomit'in, değişik oranlarda (%1,0, %1,5, %2,0, %2,5, %3,0) (diatomit miktarı / diatomit + agrega (1100 gr) miktarı), hem sadece asfaltın hemde karışımın içerisine katılmasıyla, bu, sözü edilen problemlerin ne derece önlenebileceğinin bir dizi deney vasıtasıyla araştırılması ve yolun servis ömrünün ne kadar artırılabileceğinin görülmesidir. Bununla beraber, günümüzde halen K.G.M.'ce kullanılmakta olan karışım dizayn

yöntemlerinden olan marshall karışım yöntemine ilave olarak, üniversitelerimizde yeni yeni kullanılmaya başlayan “Asfalt Tester” deney cihazıyla yapılabilen deneylerden bazılarıyla, karşılaştırma yapabilme olanakları da bu tez içerisinde incelenmiştir. Bu deneyler vasıtasıyla elde edilen sonuç ve önerilerde tezin sonunda sonuç ve öneriler kısmında izah edilmiştir. Bu nedenlerle, asfalt çimentosunun, agreganın, diatomitin ve asfalt karışımın, asfalt-diatomit-agrega karışımının fiziksel ve kimyasal özellikleriyle ilgili rutin deneyler uygulanarak belli gradasyonlar için asfalt miktarlarına karar verilmiştir.

Bütün bu çalışmalar iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada, diatomit'in katkı maddesi olarak kullanım imkanları ve özellikleri araştırılmış ve bu amaçla sadece asfalt içerisindeki davranışları bir dizi deney vasıtasıyla incelenmiştir. Bu aşamada, değişik yüzdelerdeki diatomit'in, asfalt içerisine katılmasıyla, standart penetrasyon ve yumuşama noktası deneyleri ve diğer asfalt deneyleri yapılmış, ayrıca aynı oranlarda filler kullanılarak deneyler tekrarlanmış, diatomitin asfaltın bağlayıcılık ve diğer özelliklerini ne derece etkilediği gözlenmiş ve bir mukayese elde edilmeye çalışılmıştır.

İkinci aşamada ise, aşınma tabakası için, %6,5, %7,0, %7,5, %8,0, %8,5, %9,0' luk asfalt yüzdelerine karşılık her bir asfalt numunesine %1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0 oranında diatomit katılarak, marshall deney numeneleri hazırlanmış ve bu numeneler üzerinde marshall dayanım deneyi, indirekt çekme modülü deneyi, indirekt yorulma deneyi, sünme deney'i uygulanarak diatomitsiz olarak, standart aşınma tabakasına oranla nederece etkili bir karışım olduğu incelenmiş ve sonuca gidilmeye çalışılmıştır. Modifikasyon, diatomit'in, önce bitümlü bağlayıcıya katılmasıyla yapılmış ve bağlayıcının özelliklerini iyileştirmesinin mümkün olduğu ön çalışmalardan anlaşılınca, esas

Çalışmalarda diatomit filler olarak bitümlü karışıma ilave edilmiştir. Buna karar verilirken, diatomit'in bitümlü bağlayıcının özelliklerini iyileştirdiği esas alınmıştır.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Genel

Türkiye’de esnek üstyapı olarak kullanılan kaplama tiplerinde çok değişik sebeplerden kaynaklanan problemlerle karşılaşmaktadır. Bu problemlerin pek çoğu üstyapı performansı ve ekonomiyi ilgilendirmesinden dolayı, bu durumları önlemeye yönelik olarak çok çeşitli katkı maddeleri üzerinde araştırmalar yapılmaktadır. Asfalt çimentosu içerisinde, katkı maddesi olarak kullanılması düşünülen malzemeler, karışım üretimi yapılmadan katılan veya üretimi yapılırken kullanılan malzemelerdir. Katkı maddesi olarak kullanılması düşünülen malzemenin kullanım sebepleri ise ya performansı artırıcı özellikleri taşıması veya normal özelliklerini kuvvetlendirerek yaşlanmayı önlemek veya iklim ve trafik yükleri altında göstermiş oldukları direnci arttırmak olarak özetlenebilir. Katkı maddesi olarak kullanılması düşünülen malzemelerin kullanım sebepleri şu şekilde özetlenebilir.

1 - Kaplama problemlerini çözmek

2 - Bazı yararlar sağlamak

- a) Ekonomi
- b) Çevre
- c) Enerji
- d) Uygulama ve performans

Katkı olarak kullanılan malzeme problemin çözümüne yardımcı olabilecek niteliklere sahip olmalıdır. Bu durumu açıklığa kavuşturmak için öncelikle bizim, problemleri, sebeplerini ve var olabilecek davranışlarını daha önceden anlamamız veya öğrenmemiz gerekmektedir. Bu sebepten dolayı problemleri,

zorunlu olan yerlerde üstyapı, büyük sıcaklık farkları ve nem oranları yüksek olan ve çevre koşulları kontrol edilmeyen durumlarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenle, esnek üstyapı tasarımını etkileyen, bölgesel, iklimsel etkiler trafik yükü ve yoğunluğu, kullanılan malzemelerin birbirinden farklı fiziksel özelliklere sahip olması ve yolun inşaatındaki problemler, gerçekten konuyu içinden çıkılması zor bir hale getirmektedir.

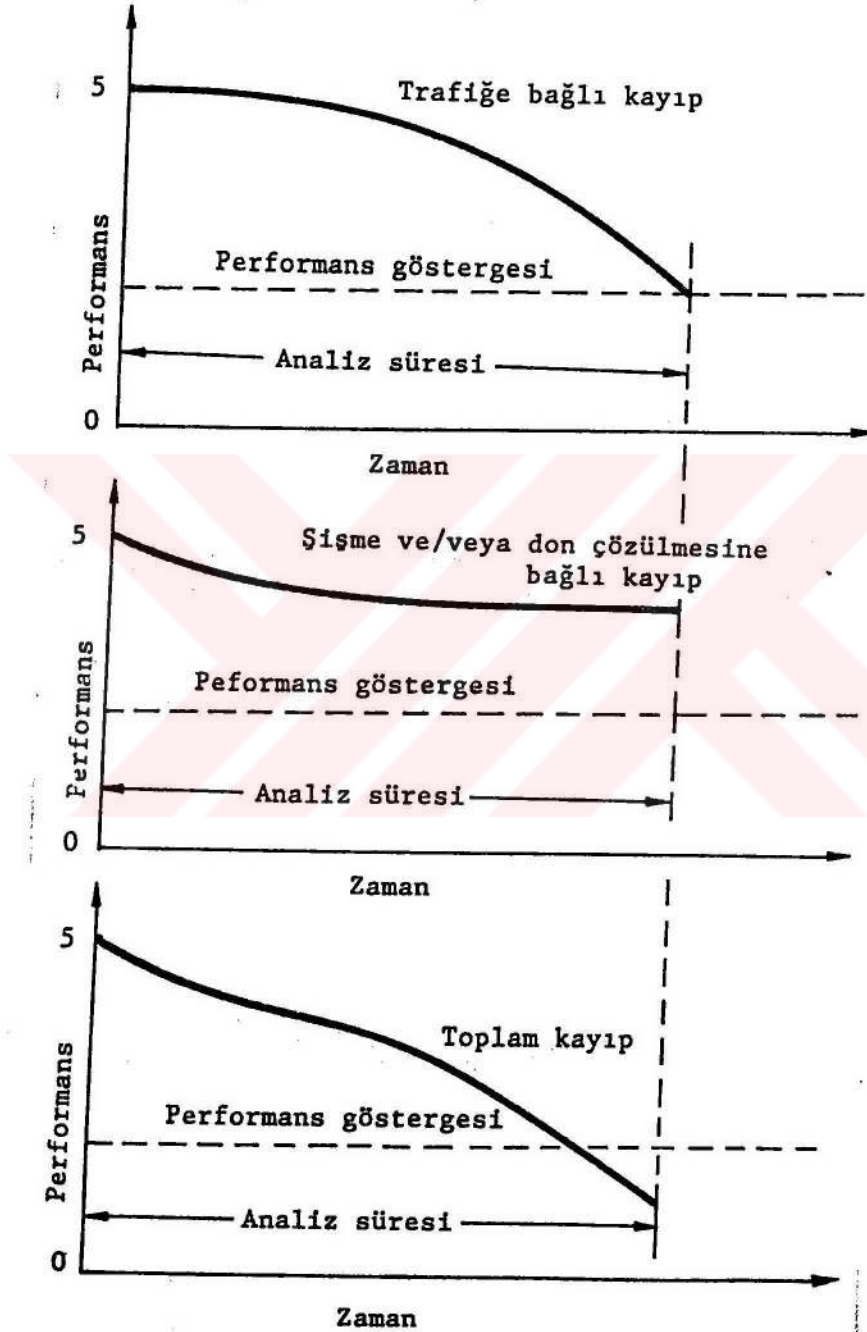
Daha önceleri kaplamada meydana gelen bozulmalar olarak sadece çıplak gözle görülebilen çatlaklar, tekerlek izleri ve yüzeysel bozulmalar anlaşılmakta idi. Gerçekte ise bozulma, bir üstyapının tasarım süresi sonunda, trafik yüklemeleri ve çevresel etkileşim sonucunda düşmesi beklenen hizmet yeteneğinin derecesidir.

Bu durumda, hizmet yeteneği kavramının izah edilmesi ve konunun daha detayı ile incelenmesi gereği bir zorunluluk olmaktadır (1).

Hizmet yeteneği

Üstyapı hizmet yeteneği (servis-hizmet kabiliyeti) veya performans kavramı, üstyapıda veya kaplamanın tümünde meydana gelen bozulmalarla ilgili problemlerin çözümünde kullanılmak üzere ilk kez 1962 yılında Carey ve Irick (2) tarafından ortaya atılmıştır. Bir yol üstyapısı genellikle hizmet ömrüne (herşey işlemine uygun yapıldığı takdirde) mükemmel bir durumda başlar, fakat trafik yüklerine ve çevre tesirlerine maruz kaldıkça kaplama bozulmaya başlar ve en sonunda hizmet veremeyecek düzeye gelir. Ortaya zamanla çıkan bozulmalar başlangıçta çok yavaş olarak kendini göstermeye başlar ve zaman ilerledikçe boyutları büyür. Boyutları büyümeden, sadece periyodik bakımlarla bu süreç daha uzun bir döneme yayılabilmektedir. Performans eğrisi,

ömür sürecine ilişkin bir eğridir. Kaplama performansı son servis yeteneği indeksi olarak da bilinir. Kaplama performansına ait örnekler Şekil 1'de verilmiştir (3).



Şekil 2.1 Kaplama performans eğrileri

Bir üst yapının hizmet yeteneği derecesi herhangi bir anda ölçülebilir. Servis yeteneği indeksi, genellikle 0 ile 5 arasında değişen bir ölçek ile belirlenir. Örneğin 5, en düzgün, pürüzsüz sürüş olanağı veren konforlu üstyapının hizmet yeteneğini belirtir. Trafik yüklerinin tekerrürü üstyapının bozulmasına neden olur ve hizmet yeteneğini düşürür. Trafik yükleri ve diğer faktörlerin etkisi ile bazı kesimlerde son servis yeteneği indeksine daha çabuk ulaşılabilmektedir. Bu, yol üstyapısının daha fazla hizmet veremeyeceğini gösterir ki, bu da yolun ömrünün sona erdiğinin bir göstergesidir. Kaplamanın son servis yeteneği indeksini belirlemek ve ve belirlenen servis yeteneği indeksinin değerlendirilmesi çok zor ve zaman alıcı bir iştir. Bir üstyapının servis yeteneği indeksinin belirlenebilmesi için, önceleri, birçok faktörün sağlıklı bir şekilde bir araya getirilmesi gerekirken (Üstyapıda meydana gelen ondülasyonlar, çatlaklar, tekerlek izi teşekkülleri ve bireysel düşünce. v.b.) günümüzde bu değer belirlenmesi için geliştirilmiş mekanik cihazlar kullanılmaktadır. Bu cihazlar vasıtası ile, halen servis vermekte olan bir karayolu kesiminin, ne kadar ömrünün kaldığı ve bu ömür süresi içerisinde takviye görmesi halinde verdiği hizmete emniyetle devam edip edemeyeceği anlaşılabilmektedir.

Yeni hizmete açılan bir karayolu kesimine ait üstyapı başlangıç servis yeteneği indeksi genellikle "4,2"den "4,5"a kadar değişen bir değere sahiptir. Bir üstyapı, trafik ve iklim koşullarından dolayı servis yeteneğinden düşüşler gösterir ki, bu bazen kabul edilemez sınır değerlerin altına düşebilir. Bu seviyeye son servis yeteneği indeksi adı verilir ve bu seviye, karayolunun temel işlevine esas olmak üzere baz olarak seçilir. Bir karayolunun son servis yeteneği indeksi, yolun önemine göre, genellikle "2,0" ile "3,0" arasında alınır.

Genel olarak, yol üstyapısında meydana gelen bozulmalar; fonksiyonel bozulma ve yapısal bozulma olmak üzere iki grupta altında değerlendirilmektedir. Fonksiyonel bozulmada, kaplama için öngörülen fonksiyonlar yerine getirilemez. Yapısal bozulma ise, kaplama bileşenlerinin bir veya birkaçının kırılması veya bozulmasını belirtir. Bir yol boyunca bozulmaya etki eden faktörler sürekli değişim gösterirler. Taban zemininin yapısı, nem oranı, iklim ve trafik gibi faktörler yolu etkilemektedir. Fakat, bir yolun ömrünü uzatmanın veya ekonomik ömrü içerisinde ondan en fazla verimi alabilecek bir şekilde faydalanmanın yolu, yerinde ve uygun zamanlarda bakım yapmaktır. Yol üstyapısında meydana gelen bozulmalarında, önce bozulma nedenlerinin araştırılması gerekir. Ortaya çıkan sebepler bilindikten sonra bunları yok edebilecek durumların irdelenmesi ve bu konular üzerinde çalışarak problemin çözülmesi gerekir. Nedenler yok edildikten sonra yapılacak bakım ve basit onarım çalışmaları, ileride tekrarlanacak olan bozulmaları da önlemiş olacaktır. Meydana gelen bozulmalar, yukarıda izah edilmeye çalışıldığı gibi, yol hizmet yeteneğini, servis yeteneği indeksinin altına düşürmüştü, taşıt kullanımını tehlikeli hale getirmeye başlamış demektir. Genelde, yol üstyapısı ve genelini kapsayan sürekli bakım ve etkin çalışan bir drenaj sistemi kaplama ömrünü uzatır (4).

Yol esnek üstyapıda, daha önceki bölümlerde söz edildiği gibi çeşitli nedenlerle bir takım bozulmalar meydana gelmektedir. Bunlar genelde tasarım, yapım, bakım hataları ile aşırı dingil yüklerinden kaynaklanmaktadır.

Tasarım hataları

Bir karayolu kesiminin geçirilmesine karar verilen yerle ilgili olarak güzergah etüdlerinin daha tasarım aşamasında iyi yapılması ve geçkiye karar verildikten

sonra, bu kesimle ilgili zemin etüdlerinin ayrıntılı ve eksiksiz bir şekilde yapılması gerekmektedir. Zemin etüdları ve diğler gerekli araştırmalar yapıldıktan sonra, kırmızı hattın geçirilmesi sırasında yüksek yarma ve dolgulardan kaçınılması, yarma ve doldu şevlerinin dik kesilmemesi, gerekiyorsa, sanat yapıları ve hendeklerin uygun ebatlarda ve ihtiyaca cevap verecek yerlerde yapılması gerekmektedir. Ancak bu ve buna benzer durumların göz önüne alınmadan güzergahın yapılması sonucunda daha sonradan ortaya çıkması muhtemel problemlere zemin hazırlanmış olmaktadır. Ayrıca üstyapı dizayn yöntemlerinin iyi etüd edilerek bölgesel ve iklimsel koşullar göz önüne alınarak gerçekçi bir tasarım yapma zorunluluğ u olduğ u gibi, bu tasarımların üstyapı deney yöntemleri ile deney edilmesi gereklidir. Tasarımdan doğ an hataların telafisi de pek mümkün olmamakla beraber, buradan kaynaklanan problemleri çözmek için çok detaylı ve ekonomik olmayan çalışmaların yapılması zorunluluğ u vardır.

Yapım hataları

Gerekli etüdlar yapıldıktan sonra yol hattının geeceğ i taban zeminin taşıma gücü hakkında detaylı ve eksiksiz bilgilerin elde edilmesi gerekmektedir. Eğ er elde edilen sonuçlar, taşıma gücü düşük bir zemini iş aret ediyorsa, önce bu doğ al zeminin taşıma gücünü arttıracak önlemlerin alınması gerekmektedir. Ve hatta bu doğ al zemin gerekiyorsa tamamen belirli bir seviyeye kadar kaldırılıp yerine taşıma gücü yüksek baş ka bir dolgu malzemesi kullanılmalıdır. Kısaca, taşıma gücü zayıf doğ al zemin iyileştirilmeden yol gövdesinin oluşturulması, uygun dolgu malzemesi seçilmemesi, drenaj sisteminin yetersiz olması, asfalt kaplama tabakalarının kalınlıklarının şartnameye göre yapılmaması gibi hatalar, yapım hataları olarak sayılabilir.

Bakım hataları

Yol üstyapısında, yol gövdesinde, sanat yapılarında, drenaj yapılarında ve diğer yol elemanlarında meydana gelen ve zamanla daha da artan bozulmalar bu yapıların işlevlerini tam yapamaz hale getirmektedirler. Bu bozulmaların önceden tesbit edilerek, gerekli ve uygun zamanlarda bakım ve onarımlarının yapılmaması veya geciktirilmesi ve tekniğine uygun yapılmayan kar ve buz mücadelesi bakım hataları olarak karşımıza çıkmaktadır.

Aşırı dingil yükleri

Karayolu üstyapı kalınlıkları, seçilen standart dingil yükünün belirli bir zaman içerisinde tekerrürüne bağlı olarak boyutlandırılmaktadır. Yollardan geçen taşıtların dingil yükleri, taşıt tipi ve taşınan yüke göre çok değişik olmaktadır [5]. Birçok ülkede olduğu gibi, baz olarak ülkemizde de standart dingil yükü 8.2 ton, yolun tasarım ömrü ise 20 yıl olarak alınmaktadır. Farklı dingil yüklerinin standart dingil yüküne oranla yol esnek üstyapısına vermiş olduğu zarara, “zarar faktörü” veya “eşdeğerlik faktörü” adı verilmektedir.

AASHO yol deney sonuçları yorumlanarak eşdeğerlik faktörü aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır [6].

$$E.F. = \sum (L_i / 8.2)^\alpha \quad (2.9)$$

Burada;

E.F.= taşıtın eşdeğerlik faktörü,

L_i = dingil yükü,

i = taşıtın dingil sayısı,

α = yol üstyapısının servis yeteneğine göre değişen bir katsayı

α katsayısı, ülkemiz koşulları için 4.4 olarak alınmaktadır [7].

Örneğin, yoldan geçen 12 tonluk bir dingil yükü, 8.2 tonluk dingil yüküne oranla yola,

$$E.F.=(12/8.2)^{4.4}=6$$

kez daha fazla zarar verecektir. Bir başka anlatımla, 12 tonluk bir dingil yükünün yoldan bir defa geçişiyle, 8.2 tonluk bir dingil yükünün aynı yoldan 6 defa geçişi eşdeğer olmaktadır.

Bu bağlamda, örneğin, günde 1000 adet 8.2 tonluk dingil yükü geçeceği kabulüne göre 20 yıl olarak tasarlanmış ve inşa edilmiş bir yolda, günde 1000 adet 10 tonluk dingil yükü geçerse, 20 yıllık yolun ömrü $20/6=3.33$ yıla düşecektir. Doğu Karadeniz Bölgesinde, çeşitli yıllarda ve değişik yol kesimlerinde yapılan dingil-yük ağırlığı etüdü sonuçlarına göre 8,0, 10.0 ve 13,0 tonluk dingil yük grupları için aşırı yüklü taşıtların yollara vermiş oldukları zararlar büyük boyutlara ulaşmıştır. 8,0 tonluk dingil yüküne göre tasarlanmış ve inşa edilmiş olan örneğin, Trabzon - Akçaabat yol kesiminde 7,5.1991 tarihinde seyreden 476 aracın %42 oranında aşırı yüklü olduğu ve bunların yola %97 oranında zarar verdiği saptanmıştır. Bölgenin ve ülkemizin diğer yol kesimlerinde de hiçbir iyileştirme yapılmadan yasal tek dingil yük sınırı 13,0 tona çıkarılmıştır. Yolların 13,0 ton tek dingil yüküne göre tasarlanmış olduğu varsayılsa bile, gene de aynı yol kesiminde seyreden 476 aracın %9'u aşırı yüklenmiş ve yola %31 oranında yola zarar vermiş olduğu anlaşılmıştır [8].

2.2.1. Yol esnek üstyapıda oluşan bozulma türleri

Yol esnek üstyapıda oluşan bozulmalar beş ana başlık altında toplanabilir [9];

- 1) Çatlaklar,
- 2) Yol yüzeyinde deformasyona neden olan bozulmalar,
- 3) Dağılma nedeniyle oluşan bozulmalar,
- 4) Yol yüzeyinin kayganlaşması nedeniyle oluşan bozulmalar,
- 5) Yüzeysel kaplamada oluşan bozulmalar.

2.2.1.1. Çatlaklar

Asfalt kaplamalardaki çatlaklar, başlıca tekil çatlaklar ve timsah sırtı veya kümes teli olarak adlandırılan çatlaklar olmak üzere çeşitli türde ve şekilde oluşurlar. Esnek üstyapılardaki çatlaklar, trafikle ilgili olarak veya trafikle ilgili olmaksızın ortaya çıkabilirler. Trafikle ilgili çatlama, tek veya birçok dingil yükü geçişi yada dingil yüklerinin aşırı tekrarı sonucu ortaya çıkar. Buna ilaveten, araçların ani hızlanma veya yavaşlamaların yola geçtiği yatay kuvvetler de çatlamaya neden olabilirler. Trafikten başka, sıcaklıktaki değişimler, emici agregaların kullanımı, asfalttaki uçucu madde buharlaşması, ayrıca nem miktarındaki değişimler, çimento veya kireç ile stabilize edilmiş tabakalarda kür esnasındaki hacim değişimleri (büzülme = rötre) gibi bazı dış etkenler de çatlamaya yol açabilirler. Bu etkenler tek başlarına veya trafik etkileri ile birleşerek üstyapının çatlamasına neden olabilirler.

Üstyapıda çatlaklara yolaçan tüm gerilmelerden yalnızca sıcaklık değişimleri nedeniyle oluşanlar matematik olarak analiz edilebilirler. Asfaltın, çatlama bakımından en önemli özelliği olan gerilme direnci, diğer direnç özellikleri

gibi sıcaklık ve yükleme hızına bağlıdır. Gerilme direnci düşük sıcaklıklarda yüksektir, fakat yavaş yükleme hızları için düşüktür. Gerilme direnci, çok düşük sıcaklıklarda karışım aşırı kırılğan (gevrek) olabildiği için azalabilir.

Trafik yükleri ve hacim değişimleri dışında, üstyapı çatlamasına neden olan diğer etkenler de, bitümlü tabakaların yeterli kalınlıkta olmaması, alttaki tabakaların yeterli kalınlıkta olmaması (aşırı deformasyonlar), alt tabakalarda oluşan dağılma, yetersiz drenaj, alttemel ve temel tabakalarının dona karşı duyarlı olması, üstyapı ve banketler arasındaki nem farklılıkları, banketlerin yan desteklenmelerinin yetersiz olması, finişer'in sık ve uzun süreli duruşları, yapım şeritleri arasındaki boyuna derzlerin (iş derzlerinin) dikkatsiz yapımı şeklinde sıralanabilirler.

Tekil çatlaklar; oluşumlarına göre kenar çatlakları, ek yerlerinde oluşan çatlaklar, alt tabaka yüzünden oluşan çatlaklar, büzülme çatlakları ve kayma çatlakları olarak sınıflandırılabilir. Asfalt kaplamada oluşan bu çatlaklar, suyun kaplamanın altına, temele ve yol tabakasına sızmasına neden olurlar. Islanan ve doymuş hale gelen temel tabakasının ve yol tabanının taşıma gücü azalarak kaplamada daha önemli bozulmalar meydana gelir. Bunun sonucunda ise kaplama, onarılamayacak şekilde bozulur.

Kenar Çatlakları:

Kenar çatlakları, genellikle banketlerin sağladığı yanal destek yetersizliği nedeniyle kaplama kenarından yaklaşık 30 cm kadar içeride oluşan boyuna çatlaklar ile banket arasındaki enine çatlaklardan meydana gelir. Bir diğer neden de, çatlayan kısmın altında bulunan malzemede oluşan oturma ve çökmedir. Malzemedeki oturma ve çökme ise yetersiz drenaj, don kabarmaları

veya civardaki zeminin büzülmesi gibi nedenlerle meydana gelir. 3 mm'den daha dar kenar çatlakları iyice kapatılmaz. Daha geniş çatlaklar ise asfalt emülsiyonlu akıcı harç ile veya ince-kum sıvı asfalt karışımı ile doldurulabilirler.

Ek yerlerinde oluşan çatlaklar:

Bu tür çatlaklar, kaplama ile banketlerin ek yerlerinde ve kaplama yüzeyinde boyuna ek yerlerinde oluşur.

Kaplama ile banketlerin ek yerlerinde oluşan çatlakların en önemli nedeni, banket temelinin bir ıslanıp bir kuruması sonucu kaplama kenarı boyunca suyun birikip, burada uzunca süre kalması ve ek yerinden aşağı sızmasıdır. Bunu önlemek için, yol kenarı drenaj sisteminin yeniden düzenlemesi gerekir.

Kaplamada boyuna ek yerlerinde meydana gelen çatlaklar, çoğunlukla yan yana iki şeridi oluşturan tabakalar arasındaki bağlantının yeterince kuvvetli olmayışıdır. 3 mm'den geniş çatlaklar asfalt emülsiyonlu akıcı harç ile veya ince-kum sıvı asfalt karışımı ile doldurularak onarılabilir.

Alt tabaka yüzünden oluşan çatlaklar:

Asfalt takviye tabakası üzerindeki çatlaklar olup, daha önce altta kalan esas kaplamadan kaynaklanan çatlaklardır. Bu tür çatlamaların nedeni, asfalt takviye tabakası altında kalan kaplamadaki yatay ve düşey hareketlerdir. Bu hareketler, ısı veya nem farklılıklarının neden olduğu genleşme veya b z lmeler ile trafik hareketleri veya fazla miktarda kil içeren yol tabanlarındaki nem kayıpları sonucu meydana gelirler. Boyuna, enine

diyagonal veya bloklar şeklinde olabilirler. Bu çatlaklar, asfalt emülsiyonlu akıcı harç ile veya ince-kum sıvı asfalt karışımı ile doldurulur.

Büzülme (rötre) çatlakları:

Üstyapının tüm genişliği veya bir kısmında, bazı durumlarda da tekerlek geçişlerinde, 5.0 - 2,0 m. değişken aralıklı ve periyodik olarak tekrarlanan enine yönde ince çatlaklar şeklinde başlayıp, daha sonra zamanla gelişerek ağ (mozaik - timsah sırtı) şekline dönüşen çatlaklardır. Bunların timsah sırtı yorulma çatlaklarından farkı, birbirine bağlı blokların genellikle keskin köşeli veya dik açılı ve geniş olmasıdır [10].

Taban zemininde, temelde veya asfalt karışımlarında oluşan hacim değişiklikleri sonucunda meydana gelirler. Bu tür çatlakların oluşumunda en büyük neden, çok miktarda düşük penetrasyon asfalt içeren ince daneli agrega ile yapılmış olan karışımlardaki hacim değişiklikleridir. Trafik hacminin çok az oluşu bu tip kaplamalardaki çatlakların oluşumunu hızlandırmaktadır. Çatlaklar, asfalt emülsiyonlu akıcı harç veya ince-kum sıvı asfalt karışımı ile doldurulduktan sonra, yol yüzeyünün tamamı, yüzeysel kaplama veya asfalt emülsiyonlu akıcı harç tipi koruyucu tabaka ile kaplanır.

Kayma çatlakları:

Kayma, yanal hareket veya bir üstyapı tabakasının diğerine göre göreceli yer değiştirmesi olarak tanımlanır. Genellikle asfalt üstyapı agrega temel tabakası üzerinde veya asfalt yüzey tabakası asfalt binder tabakası üzerinde kayar. Kaplama yüzeyi üzerinde çoğunlukla motorlu taşıt tekerleklerinin itme tesiri yönünü belirten ay şeklindeki çatlaklardır. Bu çatlaklar, bazen de iniş eğimli

bir yolda fren uygulandığı zaman tekerleklerin itme gücü tersi yönünde belirir. Kayma çatlakları genel olarak, tekerleklerin yüzey üzerindeki itkisi yönündeki noktada, parabolik şekillidirler. Bazen, özellikle iniş kesimlerinde itki tersine döner ve çatlaklar çıkış eğimli noktada meydana gelirler. Kayma çatlaklarına, yüzey tabakası ve alttaki tabaka arasındaki bağlantı eksikliği neden olur. Düşük gerilme direncine sahip asfalt betonu karışımlarda kayma çatlakları daha kolay oluşurlar. Kayma çatlakları, yol kaplaması ile bunun altındaki tabakalar arasında toz, yağ, su ve benzeri gibi yapışmayı önleyen malzemenin bulunmasından kaynaklanır. Bozulan kesimlerin sökülüp yeniden yapılması büyük masraf gerektirmektedir [10].

Timsah sırtı çatlaklar:

Timsah sırtı veya kümes teline benzeyen, birçok küçük bloklar oluşturacak şekilde birbiriyle ilişkili çatlaklardır. Genellikle stabil olmayan taban zemini ve temel tabakalarının üzerine inşa edilmiş kaplamalardaki aşırı deformasyon sonucu oluşurlar. Yeraltı suyu ve yüzey sularının doymun hale gelmesi bu oluşumda önemli bir rol oynar. Bu tür çatlaklar, genelde büyük bir alanı kapsamazlar fakat, kaplamanın taşıma kapasitesinden daha ağır trafik yükleri sonucu bazen daha geniş bir alana yayılmış olabilir. Timsah sırtı çatlaklar, yüzey yaması veya koruyucu tabakalar (seal coat) uygulanarak onarımı yapılabilir. Ağır taşıt trafiği yüzünden meydana gelen çatlaklarda ise, bu kesimlerin üzeri takviye tabakası serilerek sıkıştırılır. Düşük sıcaklıklarda, karışımın gevrekliği ve kırılganlık böyle çatlakların oluşumunu kolaylaştırır. Timsah sırtı çatlakların genel nedeni, yukarıda sayılan etkenlere bağlı olarak ortaya çıkan aşırı defleksiyonlardır. Katılığın (rijitliğin) artması nedeniyle asfalt oksidasyonu çatlamayı kolaylaştırır. Bunu önlemek için, bağlayıcı içeriği yüksek tutulmalı, ayrıca suya ve havaya karşı geçirimsizlik sağlanmalıdır.

Timsah sırtı çatlaklar, yüzey yaması veya koruyucu tabakalar (seal coat) uygulanarak onarımı yapılabilir. Ağır taşıt trafiği yüzünden meydana gelen çatlaklarda ise, bu kesimlerin üzeri takviye tabakası serilerek sıkıştırılır. Bu tür çatlaklar, altyapı alttemel ve temel tabakalarının uygun şekilde tasarımı (projelendirilmesi) ve yapımı, ayrıca, yüksek esnekliğe sahip, uygun bitümlü üstyapı karışımlarının tasarlanması suretiyle önlenabilirler [11].

Yorulma çatlağı :

Bu çatlaklar daha çok taşıtların tekerlek geçişleri dahilinde ortaya çıkan ve üstyapı eksenine paralel olup, uzunlukları birkaç dm. ile onlarca m. arasında değişen ince çatlaklar biçiminde başlayarak, zamanla tekrarlanmak suretiyle küçük bloklar serisi şeklinde, birbirine bağlı timsah sırtı çatlaklara dönüşen çatlaklardır. Bu tür çatlaklar bazen üstyapı yüzeyini kaplarlar.

Yorulma çatlakları, dingil yüklerinin aşırı tekrarına bağlı yorulma ve temel zeminin yetersiz taşıma gücüne sahip olması nedenleriyle oluşurlar.

Asfalt oksidasyonunun, bitümlü karışımın yorulma özellikleri üzerinde belirli bir etkisi vardır. Oksidasyon, karışımın katılığını (rijitliğini) artıran kohezyonu artırır. Bu durum tekerlek izi oluşumunu minimuma indirmekle beraber, özellikle ince bitümlü üstyapılı yüzeylerde yorulma çatlaklarının oluşumunu kolaylaştırır.

Karışımın yorulma özelliklerini iyileştirmek için, onun iyi sıkıştırılması, (düşük boşluk yüzdesi), sert bağlayıcı kullanılması ve bağlayıcı içeriğinin optimumdan biraz daha yüksek (%1 civarında) tutulması gereklidir. Yoğun granülometreli karışımlar da yorulma bakımından daha iyidirler.

Yansıma çatlakları :

Bunlar, alttaki üstyapısında bulunan çatlak şeklini yansıtan, asfalt takviye tabakalarındaki çatlaklardır. Bu tür çatlaklar genellikle, portland çimentosu betonu ve çimento veya kireçle stabilize edilmiş temeller gibi rijit ve yarı rijit tabakalar üzerine yapılan asfalt betonu üstyapılarda oluşurlar.

Yansıma çatlakları, yüzey dağılmasının kaynağı olabilirler. Takviye tabakası altında yeralan üstyapıda ki yatay ve düşey hareket nedeniyle oluşurlar. Bu harekete, trafik, sıcaklık değişimleri nedeniyle genleşme ve büzülme, yüksek kil içerikli altyapılardaki nem kaybı veya sıralanan bu etkenlerin bileşimi yol açar.

Yansıma çatlakları, kalın bir yüzey tabakası (min 10cm.) yaparak veya üstyapı altı ve yüzey tabakası arasında bir çatlak tahliye tabakası (açık granülometreli bir karışım) oluşturarak önlenabilirler [10].

2.2.1.2. Yol yüzeyinde deformasyona neden olan bozulmalar

Esnek yol üstyapılar, zamanla tekerlek yükleri altında bir miktar deformasyona uğrarlar. Üstyapıda oluşan deformasyonların derecesi, üstyapının performansı ile ilgili önemli bilgiler verir. Kaplama yüzeyinin orjinal şeklinden herhangi bir değişikliğe neden olan bu tür bozulmalar; üstyapı tabakalarının yeterince sıkıştırılmaması, asfalt karışımında ince agrega miktarının fazla kullanılmış olması, kaplamanın altındaki tabakalarda meydana gelen genişlemeler, kabarmalar veya oturmalarıdır. Üstyapıda oluşan deformasyonlar, kalıcı ve geçici deformasyon olmak üzere ikiye ayrılır. Kalıcı deformasyonlar kendi aralarında da konsolidasyon, plastik ve genişleme deformasyonu olmak üzere

üç türdür. Konsolidasyon deformasyonunda, trafik yüklemeleri altında yüzey çatlamlarına neden olmayan, fakat tekerleklerin geçiş yolu boyunca tekerlek izleri (oluklar) oluşur. Fakat sürücülere rahatsızlık verirler. Bu tür konsolidasyon taban malzemesi ile üstyapı tabakaları yeterince sıkıştırıldığında en aza indirilebilir. Plastik deformasyonda, trafik yükleri altında tabakalardan birinin taşıma kapasitesinden daha fazla bir yüke uğraması nedeniyle, makaslama yolu ile göçmesi sonucu oluşur ve üstyapıda kalıcı deformasyonlar meydana gelir. Yeterince tasarlanmış ve inşa edilmiş bir üstyapıda plastik deformasyon meydana gelmez. Genişleme deformasyonu ise, taban malzemesindeki nem değişiklikleri sonucu hacim artışı yüzünden üstyapıda deformasyona neden olur. Geçici deformasyon, yük ortadan kalktığı zaman geri gelen deformasyondur. Bu tür deformasyonlar, elastik ve visko-elastik deformasyonlar olmak üzere ikiye ayrılır. Elastik deformasyonda yük ortadan kalkar kalkmaz deformasyon da ortadan kalkar. Visko-elastik deformasyonda ise, deformasyonun tamamen ortadan kalkması için belirli bir sürenin geçmesi gerekir.

Kaplamada meydana gelen tekerlek izleri, ondülasyonlar, yığılmalar (kümelenmeler), çökmeler ve kabarmalar, yol yüzeyinde deformasyona neden olan bozulmaların çeşitli türleridir. Bu tür bozulmaları onarmak için, bozulmanın durumuna göre ya asfalt karışım malzemeleri ile yol yüzeyi doldurularak düzeltilir ya da bozulan kısmın tamamı kaldırılarak yeniden inşa edilir.

Tekerlek izleri :

Tekerlek izleri, yol gövdesinin tümünü ilgilendiren ve tekerlek geçişleri altında oluşan, bazen büyük bazen de küçük yarıçaplı, enine yönde deformasyonlardır. Bunlar çok uzun boylarda oluşurlar. Tekerlek izleri, alt tabakaların biri veya daha fazlası, yada bitümlü tabakalardaki kalıcı deformasyonların birikmesi ile gelişirler.

Tekerlek izleri, alt tabakalarla ilgili olanlar ve bitümlü tabakalarla ilgili olanlar olmak üzere ikiye ayrılabilirler. Alt tabakalarla ilgili tekerlek izinin nedenleri, alt tabakaların yeterli kalınlıkta olmaması, üstyapının yorulması, taban zeminin konsolidasyonu, alt tabakalar ve altyapıdaki yanıl hareketler ve yapım sırasındaki kompaksiyon hatası şeklinde sıralanabilirler. Bitümlü tabakalarla ilgili tekerlek izleri ise, asfalt betonu karışımının yüksek bitüm içeriği, yüksek filler içeriği, tuvenan (yuvarlak) malzeme ve yumuşak (yüksek penetrasyonlu) bağlayıcı kullanımından kaynaklanan kötü bileşimden dolayı yetersiz stabiliteye sahip olması, bitümlü yüzey tabakasının yetersiz kompaksiyonu, ağır ve kanallize edilmiş trafik nedeniyle bitümlü tabakaların aşırı kompaksiyonu ve yumuşak bitümle yapılan veya aşırı sıkıştırılan yuvarlanma yüzeyinin sünmesi gibi nedenlerle oluşabilirler [11].

Sıralanan bu nedenlerden biri veya birkaçının mevcut olması durumunda, ağır ve kanallize edilmiş trafik ve yüksek yük tekrarı, yüksek zemin suyu düzeyi ve bölgedeki yüksek sıcaklık gibi çevresel etkenler tekerlek izi oluşumuna katkıda bulunurlar.

Trafiğin tekerlek izi oluşumu üzerindeki etkisi, dingil yükleri, lastik basıncı (veya değme basıncı), trafik hacmi ve kompozisyonu (ticari taşıtların ve

onların tiplerinin %'si), yükleme zamanı ve yüklemeler arasındaki zaman aralığı gibi parametrelerin bir fonksiyonudur.

Ağır dingil yükleri, yüksek lastik basınçları, yüksek yük tekrarı ve düşük taşıt hızları, tekerlek izinin gelişimini etkiler. Tekerlek izlerinin trafik akımı üzerindeki zararlı etkileri, tekerlek izlerinde toplanan suyun kayma tehlikesini artırması, bu suyun tekerlek lastikleri ile etrafa sıçraması, soğuk havalarda kaplamada ince bir buz tabakası oluşturması, tekerlek izlerinin yolculuk konforunu büyük ölçüde azaltması ve özellikle şerit değiştiren hızlı taşıtlar için tehlikeli olmalarıdır.

Tekerlek izleri genellikle terleme ile birlikte oluşurlar ve boyuna yönde kabarmalar da zaman zaman bu oluşuma katılırlar.

Tekerlek izi oluşumunu önlemek için, asfalt betonu üstyapılar uygun taban zemini, alttemel ve temel tabakaları üzerine yapılmalı, dingil yükleri sınırlandırılmalı ve etkin şekilde kontrol edilmeli, kullanılan bitümlü karışımlar hakim iklim ve trafik koşulları için uygun olmalı, yüksek stabilite değerlerine sahip karışımlar tasarlanmalı ve karışımlarda iklim koşullarına bağlı olarak nisbeten sert asfalt (bağlayıcı) kullanılmalıdır.

Ondülasyonlar ve yığılmalar :

Ondülasyonlar, genellikle stabilitesi iyi olmayan ve plastik bir hareket sonucu asfalt kaplamalarda enine ve aralıklı olarak meydana gelen kabarmalardır. Yığılmalar ise plastik bir hareket sonucu kaplama yüzeyinde oluşan tümsekler ve şişkinliklerdir. Bu tür bozulmalara daha çok kavşaklarda, otobüs durak

mahallerinde, boyuna eğimi fazla olan yol kesimlerinde ve keskin kurbalarda rastlanır.

Öndülasyonlara ve yığılmalara yol açan stabilite eksikliği, karışımdaki yüksek bağlayıcı içeriği, yüksek ince agrega yüzdesi, çok yuvarlatılmış veya çok pürüzsüz dokulu agregaların ve çok yumuşak bağlayıcı kullanımına bağlı olarak ortaya çıkar.

Öndülasyonlardan ve yığılmalardan, yüksek stabiliteli asfalt betonu karışımların kullanımı ile korunmak mümkündür.

Çökmeler :

Çökmeler, üstyapı yüzeyinin, genellikle yuvarlak şekilli ve sınırlı büyüklükteki alçak alanlar biçiminde yer yer çökmesidir. Bunlar zaman zaman çatlama ile birlikte de olabilirler. Yarıçapları 0.5 - 2,0 metre arasında değişebilen çökmeler, oturmalar, daha ziyade küçük ve genellikle dairesel olan şekilleri ile ayırtedilebilirler. Ayrıca, hem kenarda, hem de tüm yol genişliğince oluşan ve çoğu zaman büyük alana yayılan çökmeler de söz konusu olabilir [11].

Yüzey tabakası, alttemel ve temel tabakalarının bir noktadaki yetersiz kompaksiyonu, yetersiz drenaj nedeniyle taban zemininde suyun bir noktada toplanması, asfalt betonu ile temel tabakası ara yüzeyindeki sorunlar, kalitesiz ve yetersiz kalınlıktaki temel tabakasında yer yer oluşan kohezyon kaybı, zeminin taşıma gücündeki yetersizlik, alttemel ve temel tabakalarının bir noktadaki kil girişi ile kirlenmesi, rijit temel tabakasının bir noktada dağılmış olması, üstyapının yer yer yetersiz boyutlandırılmış olması, yol gövdesinin,

organik madde karışmış olması yüzünden kirlenmesi ve hatalı yapım bu tür bozulmaların muhtemel nedenleri olarak sıralanabilirler.

Çökmeler genellikle, yol yapısındaki diğer bozulmalar ile birlikte oluşur ve gelişirler. Kil'in taban zemininden üsteki tabakalara doğru girişine karşı etkili drenaj sistemleri ve etkili ölçümler ile, dikkatli ve iyi kontrollü yapım sayesinde bu tür bozulmalar minimuma indirilebilirler.

Kaplamanın taşıyabileceğinden daha ağır trafik yüklemelerine maruz kalması sonucu, kaplama yüzeyine göre daha aşağıda olan ve çatlak içeren veya içermeyen nisbeten küçük boyutlu kesimlerdir. Çökmeler diğer bozulmalara yardımcı olmaları yanında, özellikle buz tutan yol kesimleri için, trafik güvenliği yönünden son derece tehlikelidir.

Kabarmalar :

Kabarma, üstyapının tekerlek izi oluşumuna veya üstyapının bir başka deformasyonuna bağlı olarak yer yer şişmesi olgusudur. Kabarma, taban zeminin don etkisi ve genişleyebilen özelliği nedeniyle şişmesi veya granüler üstyapı tabakalarının (alttemel ve temel), eğer dona duyarlı zeminlerden meydana gelmişlerse, yalnızca don etkisi nedeniyle şişmeleri, ayrıca, üstyapının alt tabakalarının oturması, üstyapının yorulması ve yapım sırasındaki sıkıştırma hatası, kirlenme ve tasarım hatasından kaynaklanan yer yer oluşmuş hatalar gibi nedenlerle meydana gelir. Kabarma, taban zemininde veya üstyapının alt tabakalarında buzlanma nedeniyle genleşme sonucu kaplamada oluşan şekil değişiklikleridir diye de tarif edilebilir. Yol inşaatlarında kullanılan bazı zeminler, özellikle killi zeminler, kabarmalara neden olurlar. Bu tür bozulmalar daha çok bahar mevsiminde görülür.

Kabarma, don etkisine karşı tedbir alınarak ve genişleyebilen taban zeminlerinin uygun kompaksiyon, stabilizasyon ve uygun drenaj ile iyileştirilmeleri suretiyle önlenabilir.

Yol sathında enine yönde kabarmalara da rastlanmaktadır. Bu tür kabarmalar, üstyapının, yapı bozulmasına yol açmaksızın, tekrarlanabilir özellikteki enine yönde şişmesidir. Bunun olası nedeni, hidrolik bağlayıcılarla işlem görmüş yapı plaklarının çok yüksek ısı altında genleşmeleridir.

Bu cins bozulma, enine yöndeki kabarma yüksekliğinin mevsimler itibariyle değişmesi ve ciddi düzeylerde kabarmaların söz konusu olması halinde, kabarmalar civarında üstyapının kırılması ile daha da gelişir.

Lastik etkileri :

Lastik etkileri, lastik dişlerinin bitümlü üstyapı yüzeyi üzerindeki izlerdir. Lastik izleri kendi kendilerine “bozulma” olarak düşünülmemekle birlikte, oluştukları kesimde bir anormallik olduğunu gösterirler.

Eğer lastik etkileri sabit taşıtlar (park alanları) altında oluşurlarsa, karışımın stabilitesinin bozulmasına katkıda bulunabilirler. Şayet hareketli taşıtlar altında oluşurlarsa, bu takdirde o kesimde asfaltın akması veya terlemesinin söz konusu olduğu anlaşılır. Lastik etkilerinden yüksek stabiliteli karışımlar kullanarak veya terlemeye karşı uygun ölçümler yapılarak sakınılabılır.

Oturmalar :

Oturmalar, doğrudan doğruya bitümlü üstyapının davranışı ile ilgilidirler. Bunlar, alt tabakalarda oluşan oturma ve çökmelerin bir yansımasıdır. Oturmaların diğer şekil değiştirme tiplerinden farkı, nispeten geniş eğrilik yarıçapına sahip olmalarıdır.

Bu tür bozulmalar, granüler alttemel ve temel gibi alt tabakalarda, yetersiz kalınlıkta olmaları nedeniyle oluşan oturmalar, teban zemininde meydana gelen oturmalar, yanal (banket) destek eksikliği, zemin suyu düzeyinin yüksek olması, yetersiz drenaj, alttemel ve temel tabakalarının, taban zemininden bu tabakalara kil girmesi nedeniyle kirlenmesine bağlı olarak ortaya çıkarlar.

Oturmalar, eksen hattı boyunca, dış şeritte, boyuna ve enine yönlerde oluşabilirler. Bunların eğrilik yarıçapları büyük olduğundan, üstyapı bu tür deformasyonlara uyum sağlar ve genellikle çatlamaz. Eğer bitümlü karışım çok rijit ve gevrek ise, bu takdirde oturmalar nedeniyle çatlama oluşur [10].

Bu tipte bozulmalardan, alt tabakaların uygun tasarımı ve yapımı ile sakınılabılır. Zayıf taban zeminleri bitümlü üstyapının yapımından önce, ya sıkıştırma veya stabilizasyon ile iyileştirilmelidirler.

2.2.1.3. Dağılma nedeniyle oluşan bozulmalar

Dağılma, agregaların parçacıklar şeklinde ufalanması ve agrega danelerinin küçük çukurlar bırakarak yerlerinden sökülmesidir. Genellikle kaplamada önce ince daneler yerlerinden çıkar, daha sonra iri daneler bunları takip ederek serbest kalır ve kaplama kısa zamanda pürüzlenir. Kullanılan agregaların temiz olmaması ve agrega danelerinin birbirlerine iyi kenetlenmemesi ile asfalt

kaplamanın nemli ve soğuk havalarda yapılmış olması, dağılma ve sökülmeye neden olmaktadır. Dağılma, sökülme, oyulma, soyulma gibi farklı şekillerde ortaya çıkabilmektedir. Dağılma ilk başladığı anlarda önlenemezse, ilerde kaplamanın tamamının yenilenmesini gerektirecek kadar büyür ve genişler.

Dağılmaların genel nedenleri, agregada daneleri üzerindeki asfalt filminin trafiğin mekanik etkisi ile kırılması, asfalt içeriğinin düşük, filler içeriğinin çok düşük veya çok yüksek olması ve kirli veya düşük kaliteli (dağılan) agreganın kullanımı gibi nedenlerle karışımın düşük kaliteli olması, esnek üstyapı tabakası kalınlığının ince olması, granüler alttemel ve temel tabakalarına kil girmesi, yetersiz drenaj, yetersiz sıkıştırma (kompaksiyon), yapımın soğuk veya nemli hava sırasında olması, asfaltın plentte fazla ısıtılması, yapım sırasında agregada danelerinin segregasyonu, dağılmayı kolaylaştıran terleme, tuz, yakıt, asit döküntüsü vs. gibi nedenlerden kaynaklanan kimyasal etkiler, yüzey tabakası ve tabaka altı arasındaki bağlantı eksikliği, su ve kil etkisine bağlı soyulma olarak sıralanabilirler.

Bu etkenlerden hiçbirisi tek başına dağılmaya neden olmazlar. Dağılma, trafiğin mekanik etkisi altında, sayılan etkenlerin biri veya birkaçı nedeniyle meydana gelir. Dağılma, üstyapının hizmet ömrünü, seyir kalitesini ve güvenliğini azaltır.

Sökülme :

Sökülme, bir üstyapıdaki agregada danelerinin yüzeyden aşağı doğru veya kenarlardan yukarı doğru ard arda ayrılmalarıdır. Sökülme önce ince agreganın kopması ve yüzeyde küçük kabarcık izleri bırakması ile başlar. Zamanla

giderek büyüyen daneler serbest kalarak parçalanır. Bu tür bozulma asfalt yüzeyin erozyonu olarak düşünülebilir.

Yapım sırasındaki sıkıştırma eksikliği, yağışlı ve soğuk havada yapım, kirli veya dağılan agrega kullanımı, karışımdaki asfalt içeriğinin düşük olması ve asfalt karışımının aşırı ısıtılması sökülmenin olası nedenleridir.

Asfaltın, oksidasyon, polimerizasyon ve buharlaşma gibi nedenlerle yaşlanması, sökülmenin oluşumunda önemli rol oynar. Sökülme direnci bir dayanıluluk ölçüsüdür [11].

Oyuklar :

Oyuklar, üstyapı yüzeyinde, mevzii dağılma sonucu malzeme kaybindan kaynaklanan, 150 mm'den büyük çapta ve 50 mm'den büyük derinlikte, dairesel şekilli açık boşluklardır (folluk tipi).

Bunlar, mevzi çökme, mozaikleşme (timsah sırtı çatlak) ve sökülmenin son aşaması olarak düşünülebilirler. Bu bozulmalar, agrega daneleri üzerindeki asfalt filminin trafiğin mekanik etkisi altında kırılması, karışımın kalitesiz üretimi, yapımın hatalı olması (esnek üstyapı kalınlığının yetersizliği), temel veya yüzey tabakalarındaki mevzi kusurlar, granüler alttemel ve temel tabakalarına kil girişi veya yetersiz drenajdan kaynaklanan taşıma gücü eksikliği, yetersiz sıkıştırma ve hidrolik bağlayıcılı üstyapılarda ara yüzey kusuru gibi nedenlere bağlı olarak meydana gelirler.

Oyulmalar, timsah sırtı çatlak ve sökülmenin görüldüğü alanların uygun şekilde bakımı, yüksek kaliteli karışım kullanımı, uygun drenaj, dikkatli ve uygun yapım yöntemleri ile önlenabilirler.

Soyulma :

Soyulma, aşınma tabakasında, agrega etrafındaki filler ve bağlayıcıdan oluşan mastik asfaltın kaybolması veya su, kil etkisi ve trafiğin aşındırması ile, asfalt filminin agregadan soyulmasıdır. Yüzeydeki çıplak agrega daneleri soyulmanın göstergesidir. Bunun olası nedenleri, bağlayıcı ve agreganın yetersiz adezyonu, uygun olmayan hava koşulları altında yapım ve suyun yol yüzeyinde uzun süre kalması (yetersiz drenaj) şeklinde sıralanabilirler. Soyulma, asfalt betonu permeabilitesinin artışı ve zaman içerisinde bu oluşumun devamı ile serbest kalan agreganın uzaklaşması suretiyle oluşur.

Bu tür bozulma, temiz ve kuru agregalar, iyi yapışıcı özelliklere sahip ve yüksek viskoziteli (sert) asfaltların kullanımı ve asfalt içeriğinin yüksek tutulması ile minimuma indirilir. Bu arada, kullanılan agregalar asfaltla uyumlu olmalıdır. Portland çimentosu, kireç ve bazı kimyasal maddeler gibi birtakım katkı maddeleri soyulma direncini arttırabilirler [10].

Yolunma :

Bitümlü yüzey kaplamasının veya aşınma tabakasının bazı kısımlarının plakalar halinde kopmasıdır. Tabaka kaybı, ince asfalt betonları için tabaka kalınlığının az tutulması, yüzey tabakası (aşınma tabakası) ile alttaki tabaka (temel tabakası) arasındaki bağlantı eksikliği veya yokluğu gibi nedenlere bağlı olarak oluşur.

Bu tür bozulmalar, yolunma ile açığa çıkan bölgelerin miktarı ve alanlarının zamanla artması ile gelişirler. Bunlar, yüzey tabakası ve tabaka altı arasında uygun ve dikkatli yapıştırma tabakası oluşturulması ile önlenebilirler.

Pul pul dökülme :

Aşınma tabakasının üst kısmındaki agregaların kopması veya uzaklaşmasıdır. Bu cins bozulmaya daha çok, yüzeysel kaplamalarda ve bazen de agrega ile pürüzlendirilmiş üstyapılarda rastlanır.

Bunlar, hatalı yapım koşulları, yüzeysel kaplamalarda bağlayıcının adezyon eksikliği veya yetersiz dozajı, teğetsel zorlamaların yatay kurbalarda önemli yüzdelere çıkması, agrega ile pürüzlendirilmiş üstyapılarda yetersiz sıkıştırma nedenleriyle oluşurlar. Bu tür bozulmalar zaman içinde devam eden olaylardır.

2.2.1.4. Yol yüzeyinin kayganlaşması nedeniyle oluşan bozulmalar

Pürüzsüz ve düzgün olan kaplama yüzeyinde suyun, ince bir film tabakası halinde yayılması, yol kaplamasını kaygan hale getiren başlıca nedendir. Yol yüzeyinde su birikintileri oluşursa, bunlar taşıt lastiği ile yol yüzeyi arasındaki sürtünme katsayısını azalttığından, hatta yüksek hızlarda lastik ile yol yüzeyi arasındaki teması tam olarak kestiğinden taşıtların kontrolsüz şekilde kaymalarına, dolayısıyla kazalara neden olurlar [27]. Bu tür kazalar don etkisine maruz bölgelerde daha çok görülür. Yapım sırasında gerekli boyuna ve enine eğim verilerek bu problem çözülür. Bunlardan başka terleme (kusma) ve agreganın cilalı hale gelmesi de yol yüzeyini kayganlaştıran nedenlerdir.

Terleme veya akma :

Agregayı kısmen veya tamamen örten (filler + ince malzeme) ve bağlayıcı harcının aşınma tabakasının yüzeyine bağlayıcı olarak çıkması veya bir asfalt betonu üstyapıdaki asfaltın yukarıya doğru hareketi sonucu, yüzey üzerinde bir asfalt filmi oluşumu terleme veya akma olarak adlandırılır. Terleme çoğu zaman gözle sezilebilir. Bazen güneş ışığı altında yüzeyin parlaması, üstyapının terlemeye eğilimli bulunduğunu ortaya koyar. Bu tür bozulma sıcak havada oluşur.

Bunlar, karışımda çok fazla bağlayıcı kullanılması, kullanılan bağlayıcının çok yumuşak olması, karışımın aşırı sıkıştırılmasına neden olan fazla trafik yüklemesi, yüzeysel kaplamalarda ise karışımın yetersiz formülasyonu, aşırı güneşlenme ve rampaların güneşe maruz kalması nedenleri ile meydana gelirler.

Bu bozulma genellikle aşırı sıcak havalarda tekerlek izlerinin belirmesi ile başlar. Çakıl ve agregayı tümüyle kaplayan bağlayıcının bulunduğu bölgelerde tekerlek izlerinin gelişmesi, bitümlü (asfalt betonu) üstyapılarda da çoğunlukla sünme deformasyonları ile birlikte oluşur. Çoğu durumlarda kum, cüruf gibi malzemeler terleyen kısımlar üzerine dökülerek bu bozulmalar kısmen önlenabilir.

Cilalanma :

Cilalanma, çakılların kaybı söz konusu olmaksızın, mastik asfalt ile agreganın zamanla aşınması sonucu yuvarlanma yüzeyinin cilalanması veya yüzeyde cilalanmış agregaların görülmesidir. Kaplama yüzeyinde agrega daneleri

zamanla pürüzsüz hale gelerek de cilalanabilir. Bu tür bozulma kaplama tabakasında düzgün pürüzsüz yüzeyli agrega kullanılması ve kullanılan kırmataşın trafik etkisi altında kısa zamanda aşınması ile meydana gelir. Yüzey tabakalarında kullanılacak olan agregaların, cilalanma özellikleri bakımından dikkatlice seçilmeleri gerekir.

Filler yükselmesi :

Çatlama, mozaikleşme (timsah sırtı çatlaklar) ve oyulma gibi yuvarlanma tabakası kusurları etrafında, yüzeyde, temel tabakasından gelen çok ince danelerin oluşturduğu bir bozulmadır. Filler yükselmesi bazı hallerde beyaz veya yeşilimtrak renkte bir çamur şeklinde görülür. Bu, yuvarlanma yüzeyinin geçirgen veya ince olması nedeniyle ciddileşen ortak yüzey kusurundan kaynaklanan işleme tabi tutulmuş tabakanın üst kısmındaki kohezyon kaybına bağlı olarak yuvarlanma tabakası ile temel tabakası arasındaki ortak kesite gelen suyun ince daneleri sürüklemesi nedeniyle meydana gelir.

Bu tür bozulmalar, filler yükselmesi ile birlikte bozulmaların artması ve oyukların (folluk tipi) oluşması suretiyle gelişirler.

2.2.1.5. Yüzeysel kaplamada oluşan bozulmalar

Diğer tür kaplamalarda rastlanmayan bazı bozulmalar örneğin, agrega soyulması ve tarak biçiminde oluşan çizgiler, yüzeysel kaplamalarda meydana gelir. Soyulma agrega yüzeyi ile asfalt çimentosu arasındaki aderansın bozulmasından ileri gelir ve asfalt tabakasının altından başlayarak kaplama yapısının direncini yok edinceye kadar yukarı doğru çıkar. Düzgün yüzeyli agregaların pürüzlü yüzeyli agregalara oranla asfalt çimentosunu iyi tutmaması

nedeniyle, agregaların kirli oluşu, yapım sırasında yeterince kurutulmadan kullanılan agrega ile asfalt çimentosu arasındaki bağlantının tam olarak sağlanamaması, yüzeysel kaplamada bozulmalar meydana getirir.



3. ÇEŞİTLİ KATKI MADDELERİ İLE MODİFİYE EDİLMİŞ ASFALT ÇİMENTOLARININ ÖZELLİKLERİ

Genelde üstyapı kaplamalarında görülen başlıca bozulma tiplerinden plastik deformasyonlar (ondülasyon, tekerlek izinde oturma, yorulma gibi) gerek trafik emniyeti açısından, gerekse artan onarım maliyeti nedenleri ile büyük sorunlar yaratmaktadır.

Bu tür sorunlara çözüm bulmak amacı ile, çeşitli ülkelerde bitümlü bağlayıcıların iyileştirilmesi (asfalt modifikasyonu) çalışmaları yapılmakta ve bu çalışmalarda bitümlü bağlayıcılara ve karışımlara çeşitli katkı maddeleri belirli oranlarda katılarak, malzemeye kazandırdığı özellikler gözlenmektedir.

Ancak “Modifiye Asfalt” konusu, ülkemiz için oldukça yeni olduğundan yapılan çalışma ve uygulamalar kısıtlıdır. Türkiye’deki çok çeşitli iklim şartları ve trafik yükleri göz önüne alındığında bu konuya ağırlık verilmesi kaçınılmazdır.

Esnek üstyapılarda sıklıkla görülen bozulmalara çözüm olarak; karışım dizaynlarının yeniden gözden geçirilmesi; karışımı oluşturan malzemelerden hem agreganın hem de bitümlü bağlayıcının kalitesinin arttırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Ancak söz konusu malzemelerden; bitümlü bağlayıcılar, visko-elastik davranış özellikleri nedeni ile yol üstyapı performansının belirlenmesinde çok önemli rol oynadığından; bitüm modifikasyonu gündeme gelmiştir.

Bu konuda, çeşitli ülkelerde yapılan araştırma çalışmaları ve uygulamaları yıllardan beri süregelmekte olup, malzemenin davranış- performans özellikleri kitle kontrolü ve standart çalışmalarına yönelik araştırmalar ise devam etmektedir.

Ülkemizde ise bu konunun çok yeni olması nedeni ile, modifikasyonda kullanılan maddeler, üretim teknolojisi, modifiye bitüm özellikleri, laboratuvar deneyleri, şartnameler, uygulamalar ve uygulamadan sonraki gözlemlerden oluşan aşamalar ile bir bütün olarak değerlendirilmesi gereken bu kapsamlı teknoloji, tam olarak bilinmemektedir. Bu aşamada, halen üniversitelerimizde ve K.G.M.'de yapılmakta olan araştırmalar devam etmekte olup, elde edilen sonuçların daha detaylı bir şekilde tartışılması ve sağlam temeller üzerine oturtulup, bölgesel ve iklimsel koşullar altındaki performansının denenmesi ve gözlenmesi gerekmektedir [12].

Bu bölümde, bitümlü karışımların özelliklerini iyileştirmek için yapılan bağlayıcı modifikasyonu çalışmaları özetlenerek, bu alandaki faydalı gelişmeler ve bunları ışığında yapılacak çalışmaları ortaya koymak amaç edinilmiştir.

3.1. Bağlayıcıların Modifiye Edilmelerinde Kullanılan Katkı Maddelerinden ve Karışımdan Beklenen Özellikler

Asfalt modifikasyonunda kullanılacak katkı maddelerinin etkili, pratik ve ekonomik olması için şu şartlar aranmalıdır:

- Kolaylıkla elde edilebilmesi,
- Asfalt karışım sıcaklığında özelliğini kaybetmemesi,

- Asfalt ile homojen olarak karışabilmesi,
- Asfalt karıştırma ve serme sıcaklıklarında, çok fazla viskoz hale getirmeden yüksek sıcaklıklarda akmaya karşı direncini artırması veya düşük yol sıcaklıklarında çok kırılgan ve sert olmamasının sağlaması,
- Ekonomik olması.

Katkı maddelerinin bitüm ile karıştırılmasından sonra beklenen özellikler ise;

- Uygulama, depolama ve hizmet sırasında ilk özelliklerini koruması,
- Mevcut ekipman ile uygulanabilir olması,
- Depolama, uygulama ve hizmet esnasında fiziksel ve kimyasal olarak stabil kalması,
- Normal uygulama sıcaklıklarında püskürtme ve agregayı sarma akışkanlığını sağlaması [13].

3.1.1. Modifikasyonda kullanılan başlıca katkı maddeleri

Yapılan araştırmalar sonucunda; yaygın olarak kullanılan başlıca katkı maddeleri aşağıda verilmektedir:

- **Sülfür**
- **Kauçuk:** Polibütadien, poliizopren, doğal kauçuk, bütıl kauçuk, stiren-bütadien kauçuğu v.s.
- **Termoplastik Polimerler:** Polietilen, polipropilen, polivinil klorür (PVC), polistiren ve etilen vinil asetat (EVA)
- **Termoplastik Kauçuklar:** Termoplastik Elastomerler 4 grupta toplanır:

- Poliüretan
- Polieter-poliester kopolimerleri
- Olefinik kopolimerleri
- Stirenik blok kopolimerleri

Termoplastik Kauçuk (TR) olarak adlandırılan stirenik blok kopolimerleri yaygın olarak kullanılmakta stiren-bütadien-stiren (SBS) veya stiren- isopren-stiren (SIS)' in polimerizasyonundan üretilmektedir.

- **Termosetting Polimerler:** Bir reçine ve bir sertleştiriciden oluşan iki sıvının karıştırılması ile elde edilir.
- **Doğal asfaltlar:** Göl veya kaya asfaltlarıdır.

Literatürden elde edilen bilgilerde; her bir katı maddesinin farklı özellikler gösterdiği belirtilmektedir. Örneğin; EVA deformasyonuna karşı direncin ve karışımın sertliğinin artması, karışımın işlenebilirliğinin geliştirilmesi konusunda etkili olurken; SBS sıcaklık duyarlılıklarına karşı etkili olmakta, karışımın mukavemet özelliklerini arttırmakta ve sıcaklık hassasiyet özelliklerine ait diğer beklenen özellikleri de iyileştirmektedir. Göl Asfaltının ise geçirimsizliği arttırmakta, deformasyona, kayma direncine, yorulma ve tüm yapıyı sağlamlığına etki etmekte olduğu belirtilmektedir [13].

Yukarıda adı geçen modifikasyon maddelerinden bazıları K.G.M. araştırma dairesi başkanlığınca laboratuvarlarda test edilmiştir. Bu maddeler aşağıda verilmiştir.

1. Trinidad göl asfaltı

2. Kaya asfaltı
 - ı) Gilsonite
 - ıı) Uintaite
3. Eva (polybilt 103)

Maddeleri, Kırıkkale Rafinerisi ürünü olan 60/70 penetrasyonlu Asfalt çimentosu içerisine çeşitli oranlarda katılarak; modifiye asfalt çimentoları üretilmiş ve elde edilen malzemeler üzerinde bazı deneyler yapılmıştır. Deney sonuçları Çizelge 3.1., 3.2., 3.3. ve 3.4.' te verilmektedir.

Çizelge 3.1. Katkı maddesi olarak göl asfaltı-1 (trinidat lake asphalt) kullanıldığında elde edilen deney sonuçları [12].

NUMUNELER		GÖL ASFALTI -1 (TLA)					
DENEY	%AC ⁽¹⁾	100	65	60	55	50	0
ADI	%TLA	0	35	40	45	50	100
PENETRASYON (25°C, 100 g, 5 sn.)		75	41	35	28	24	3
DÜKTİLİTE (25°C, 5 cm/dak.)		100+	30	28	22	21	-
ÇÖZÜNÜRLÜK (%)		95.7	83.4	81.2	78.9	76.6	53.4
YUMUŞAMA NOKTASI (°C)		53	59	60	62	64	97
İNCE FİLM HALİNDE ISITMA KAYBI (%)		0.68	0.99	1,00	1.26	1.43	1,50
PARLAMA NOKTASI (°C)		238	213	218	232	239	225
LEKE DENEYİ (std.nafta)		Negatif	Pozitif	Pozitif	Pozitif	Pozitif	Pozitif
ÖZGÜL AĞIRLIK		1,037	1.133	1.149	1.165	1.186	1.399
KIRILMA Fraass NOKTASI (°C)		-15	-12	-9	-6	-3	
ISITMA KAYBINDAN SONRA							
PENETRASYON Orj. Göre (%)		59	68	69	70	71	-
DÜKTİLİTE		26	12	11	10	7	-

(1) : Orijinal Asfalt Çimentosu Kırıkkale Rafinerisi ürünü olup, 60/70 penetrasyonlu olarak alınmıştır.

Çizelge 3.2. Katkı maddesi olarak kaya asfaltı kullanıldığında elde edilen deney sonuçları [12].

NUMUNELER		KAYA ASFALTI -1 (GİL)					
DENEY	%AC ⁽¹⁾	100	96	92	88	85	0
ADI	%GİL	0	4	8	12	15	100
PENETRASYON (25°C, 100 g, 5 sn.)		75	51	39	30	25	Bkz. ⁽²⁾
DÜKTİLİTE (25°C, 5 cm/dak.)		100+	93	39	23	12	-
ÇÖZÜNÜRLÜK (%)		95.7	95.7	95.8	95.8	95.8	-
YUMUŞAMA NOKTASI (°C)		53	56	62	64	68	-
İNCE FİLM HALİNDE ISITMA KAYBI (%)		0.68	0.69	0.68	0.60	0.60	-
PARLAMA NOKTASI (°C)		238	240	237	237	241	-
LEKE DENEYİ (std.nafta)		Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	-
ÖZGÜL AĞIRLIK		1,037	1,036	1,038	1,039	1,040	-
KIRILMA Fraass NOKTASI (°C)		-15	-10	-9	-6	-5	-
ISITMA KAYBINDAN SONRA							
PENETRASYON Orj. Göre (%)		59	61	62	70	72	-
DÜKTİLİTE		26	15	9	8	6	-

⁽¹⁾ : Orjinal Asfalt Çimentosu Kırıkkale Rafinerisi ürünü olup, 60/70 penetrasyonlu olarak alınmıştır.

⁽²⁾ : Malzeme çok kırılgan olduğundan deneyler yapılamamıştır.

Çizelge 3.3. Katkı maddesi olarak kaya asfaltı-2 (uintaite) kullanıldığında elde edilen deney sonuçları [12].

NUMUNELER		KAYA ASFALTI 2 (UIN)					
DENEY ADI	%AC ⁽¹⁾ %UIN	100 0	96 4	92 8	88 12	85 15	0 100
PENETRASYON (25°C, 100 g, 5 sn.)		75	57	47	39	32	Bkz. ⁽²⁾
DÜKTİLİTE (25°C, 5 cm/dak.)		100+	95	88	61	41	-
ÇÖZÜNÜRLÜK (%)		95.7	95.8	95.8	95.8	95.8	-
YUMUŞAMA NOKTASI (°C)		53	57	59	63	64	-
İNCE FİLM HALİNDE ISITMA KAYBI (%)		0.68	0.69	0.66	0.46	0.61	-
PARLAMA NOKTASI (°C)		238	232	225	218	218	-
LEKE DENEYİ (std.nafta)		Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	-
ÖZGÜL AĞIRLIK		1,037	1,039	1,039	1,039	1,040	-
KIRILMA Fraass NOKTASI (°C)		-15	-13	-10	-8	-6	-
ISITMA KAYBINDAN SONRA							
PENETRASYON Orj. Göre (%)		59	62	63	64	66	-
DÜKTİLİTE		26	17	15	11	8	-

⁽¹⁾ : Orjinal Asfalt Çimentosu Kırıkkale Rafinerisi ürünü olup, 60/70 penetrasyonlu olarak alınmıştır.

⁽²⁾ : Malzeme çok kırılğan olduğundan deneyler yapılamamıştır.

Çizelge 3.4. Katkı maddesi olarak Polybilt-103 kullanıldığında elde edilen deney sonuçları [14].

NUMUNELER		POLYBILT DENEYLERİ		
DENEY	%AC ⁽¹⁾	100	97	95
ADI	%POLYBILT-103	0	3	5
PENETRASYON (25°C, 100 g, 5 sn.)		75	48	43
DÜKTİLİTE (25°C, 5 cm/dak.)		100+	14	10
ÇÖZÜNÜRLÜK (%)		95.7	95.8	95.5
YUMUŞAMA NOKTASI (°C)		53	70	75
İNCE FİLM HALİNDE ISITMA KAYBI (%)		0.68	0.54	0.55
PARLAMA NOKTASI (°C)		238	240	242
LEKE DENEYİ (std.nafta)		Negatif	Negatif	Negatif
ÖZGÜL AĞIRLIK		1,037	1,036	1,036
KIRILMA Fraass NOKTASI (°C)		-15	-19	-23
ISITMA KAYBINDAN SONRA				
PENETRASYON Orj. Göre (%)		59	80	95
DÜKTİLİTE		26	7	6

Bu noktada; elde edilen değerlerin (özellikle polimer modifiye asfaltları için) hangi limitlere göre değerlendirileceği konusu gündeme gelmektedir. Yapılan incelemelerde; Polimer Modifiye Asfaltlara ait standart çalışmalarının bazı ülkelerde kesinlik kazandığı, bazılarında da halen öneri standart konumunda olduğu görülmüştür.

Polimer Modifiye Bitümleri için Alman Standartları (Çizelge 3.5.) mevcut olup Elastomer ve Termoplastik gruplar için değerler ayrı ayrı verilirken, aynı malzemeler için Polonya Standartları halen öneri konumunda olup, deney limitleri Elastomer Grup için Çizelge 3.6. ve Plastomer Grup için Çizelge 3.7.' de verilmektedir.

(1) : Orjinal Asfalt Çimentosu Kırıkkale Rafinerisi ürünü olup, 60/70 penetrasyonlu olarak alınmıştır.

Çizelge 3.5. Polimer modifiye asfalt teknik şartnamesi (Almanya) [15].

POLİMER ÇEŞİDİ		ELASTOMERLER										TERMOPLASTİK			DIN
CİZELGE		A (Pmb)					B (Pmb)					C (Pmb)			
DENEY ADLARI		80 A	65 A	45 A	80 B	65 B	45 B	65 C	45 C						
PENETRASYON (25 ⁰ C, 100gr, 5sn.), 0.1mm. min		120	50	20	120	50	20	50	20	50	20	50	20	52010	
YUMUŞAMA NOKTASI (Bilya-Halka Yöntemi), ⁰ C		40-48	48-55	55-63	40-48	48-55	55-63	48-55	55-63	48-55	55-63	48-55	55-63	52011	
FRAASS KIRILMA NOKTASI, (⁰ C), maks.		-20	-15	-10	-20	-15	-10	-15	-10	-15	-10	-15	-10	52012	
DÜKTİLİTE (25 ⁰ C, 5cm/dak.):															
7 ⁰ C, (cm), min.		100	—	—	50	—	—	—	—	—	—	—	—		
13 ⁰ C, (cm), min.		—	100	—	—	30	—	15	—	—	—	—	—	52013	
25 ⁰ C, (cm), min.		—	—	40	—	—	20	—	10	—	—	—	10		
ÖZGÜL AĞIRLIK (25 ⁰ C), (gr/cm ³)		1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1	52004	
PARLAMA NOKTASI (⁰ C), min.		200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	ISO 2592	
ELASTİK GERİ DÖNME (25 ⁰ C), (%), min.		50	50	50	50	50	50	—	—	—	—	—	—		
DEPOLAMA STABİLİTESİ:															
Yumuşama Noktası Farkı (⁰ C), maks.		2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0		
ISITMA KAYBINDAN SONRAKİ DENEYLER:															
KÜTLEDEKİ DEĞİŞİM (% m/m), maks.		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	52010	
YUMUŞAMA NOKTASINDAKİ DEĞİŞİM:															
Artış (⁰ C), maks.		6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	52016	
Azalış (⁰ C), maks.		2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	52011	
PENETRASYONDAKİ DEĞİŞİM (25 ⁰ C):															
Azalış (%), maks.		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	52016	
Artış (%), maks.		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	52010	
DÜKTİLİTE:															
7 ⁰ C, (cm), min.		50	—	—	40	—	—	—	—	—	—	—	—	52016	
13 ⁰ C, (cm), min.		—	50	—	—	20	—	8	—	—	—	—	—	52013	
25 ⁰ C, (cm), min.		—	—	20	—	—	20	—	20	—	—	5	—		
ELASTİK GERİ DÖNME (25 ⁰ C), (%), min.		50	50	50	50	50	50	—	—	—	—	—	—		

Çizelge 3.6. Elastomerler ile modifiye edilen polimer bitüm teknik şartname önerisi (Polonya)[14].

DENEY ADLARI	DE 30A	DE 80A	DE 150A	DE 250A	DE 30B	DE 80B	DE 150B	DE 30C	DE 80C	DE 150C	DE 250C
PENETRASYON (25°C, 100gr., 5sn., 0.1mm.	20-45	50-110	120-180	190-300	20-45	50-110	120-180	20-45	50-110	120-180	190-300
YUMUŞAMA NOKTASI (Bilya-Halka Yöntemi), (°C)	53-63	45-53	39-45	33-39	63-73	53-63	45-53	73-100	63-100	53-80	39-60
FRAASS KIRILMA NOKTASI, (°C), maks.	-8	-10	-10	-20	-10	-15	-20	-15	-20	-25	-30
DÜKTİLİTE (25°C, 5cm/dak.) :											
25 °C, (cm), min.	40	—	—	—	40	—	—	40	—	—	—
15 °C, (cm), min.	—	80	—	—	—	80	—	—	40	—	—
5 °C, (cm), min.	—	—	80	80	—	—	80	—	—	40	40
ÖZGÜL AĞIRLIK (25 °C, (gr/cm ³)	1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1	1,0-1.1
PARLAMA NOKTASI (°C), min.	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
ELASTİK GERİ DÖNME (25 °C, (%), min.	50	50	50	50	50	50	50	80	80	80	80
DEPOLAMA STABİLİTESİ :											
Yumuşama Noktası Farkı (°C), maks.	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Penetrasyon Değeri Farkı (0.1 mm.), maks.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
ISITMA KAYBINDAN SONRAKİ DENEYLER:											
KÜTLEDEKİ DEĞİŞİM (% m/m), maks.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
YUMUŞAMA NOKTASINDAKİ DEĞİŞİM:											
Artış (°C), maks.	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Azalış (°C), maks.	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	4,0	4,0	4,0	4,0
PENETRASYONDAKİ DEĞİŞİM (25 °C):											
Azalış (%), maks.	40	40	40	40	40	40	40	30	30	30	30
Artış (%), maks.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
DÜKTİLİTE:											
25 °C, (cm), min.	20	—	—	—	20	—	—	20	—	—	—
15 °C, (cm), min.	—	50	—	—	—	50	—	—	20	—	—
5 °C, (cm), min.	—	—	50	50	—	—	50	—	—	20	20
ELASTİK GERİ DÖNME (25 °C, (%), min.	50	50	50	50	50	50	—	80	80	80	80

Çizelge 3.7. Plastomerler ile modifiye edilen polimer bitüm teknik şartname önerisi (Polonya) [14].

DENEY ADLARI	DP 30	DP 80
PENETRASYON (25°C, 100gr., 5sn.), 0.1mm.	20-45	50-110
YUMUŞAMA NOKTASI (Bilya-Halka Yöntemi), (°C)	53-63	45-53
FRAASS KIRILMA NOKTASI, (°C), maks.	-8	-10
DÜKTİLİTE (25°C, 5cm./dak.) :		
25 °C, (cm), min.	10	—
15 °C, (cm), min.	—	15
ÖZGÜL AĞIRLIK (25 °C), (gr/cm ³)	1,0-1.1	1,0-1.1
PARLAMA NOKTASI (°C), min.	200	200
DEPOLAMA STABİLİTESİ :		
Yumuşama Noktası Farkı (°C), maks.	2,0	2,0
25°C Penetrasyon Değeri Farkı (0.1 mm.), maks.	5	5
ISITMA KAYBINDAN SONRAKİ DENEYLER:		
KÜTLEDEKİ DEĞİŞİM (% m/m), maks.	1,0	1,0
YUMUŞAMA NOKTASINDAKİ DEĞİŞİM:		
Artış (°C), maks.	6,5	6,5
Azalış (°C), maks.	2,0	2,0
PENETRASYONDAKİ DEĞİŞİM (25 °C):		
Azalış (%), maks.	40	40
Artış (%), maks.	10	10

Göl Asfaltları için; İngiliz Şartnamelerinde [2] Mastik Asfalt Uygulamalarında kullanılacak bitümlü bitümlü bağlayıcı özellikleri ise BS.14472 de belirtilmektedir (Çizelge 3.8.).

Çizelge 3.8. Mastik asfalt uygulamalarındaki asfalt çimentosu özellikleri [16].

ÖZELLİKLER	Mastik Asfalt Tipi			
	Deney Yöntemi	Tip B	Tip T 50	
	BS 2000	Sınıf S	Sınıf S	Sınıf H
Penetrasyon (25°C)	Kısım 49	15-25	15-25	9-15
Yumuşama Noktası °C	Kısım 58	55-75	55-75	70-90
Isıtma Kaybı, 5 saat 163 °C Ağırlıkça % maks	Kısım 45	2,0	2,0	2,0
Trikloretilende çözünürlük Ağırlıkça %	Kısım 47	95-100	75-79	75-79
Kül (mineral madde) Ağırlıkça %	Kısım 223	(0-4)	(16,5-20.0)	(16,5-20.0)

Ayrıca sıcak bölgelerde 60/70 yerine 40/50 penetrasyonlu Asfalt Çimentosunun kullanılmasının modifiye asfaltlara bir alternatif olabileceği düşüncesiyle, Aliğa Rafinerisinden temin edilen 40/50 penetrasyonlu Asfalt

Çimentosuna yapılan deneyler ve söz konusu malzemeye ait deney sonuçları Çizelge 3.5.'da verilmektedir.

Çizelge 3.5. İzmir Aliğa kaynaklı 40/50 penetrasyonlu AC deney sonuçları[28]

40/50 PEN. AC DENEYLERİ	
%AC	100
Katkı Maddesi	0
PENETRASYON (25°C, 100 g, 5 sn.)	42
DÜKTİLİTE (25°C, 5 cm/dak.)	100+
ÇÖZÜNÜRLÜK (%)	95.9
YUMUŞAMA NOKTASI (°C)	53
İNCE FİLM HALİNDE ISITMA KAYBI (%)	0.06
PARLAMA NOKTASI (°C)	260+
LEKE DENEYİ (std.nafta)	Negatif
ÖZGÜL AĞIRLIK	1,039
KIRILMA Fraass NOKTASI (°C)	-6
ISITMA KAYBINDAN SONRA	
PENETRASYON Orj. Göre (%)	74
DÜKTİLİTE	100+

Yukarıdaki şartnamelerden görüldüğü üzere her bir katkı maddesinin, malzemeye verdiği özelliklerin farklı olması bu konudaki standartların ve deneylerin de farklılaşmasına yol açmıştır.

Özellikle polimer katkıların bitüm içerisindeki davranışlarının incelenmesi amacı ile Çizelge 3.5., Çizelge 3.6. ve Çizelge 3.7.' de yer alan ek deneyler yapılmaktadır.

K.G.M. Teknik Araştırma Daire Başkanlığı Laboratuar şartlarında yapılan bu çalışmalarda Kırıkkale Rafinerisi ürünü olan 60/70 penetrasyonlu Asfalt

çimentosu içerisine katılan çeşitli katkı maddeleri ile modifiye asfalt çimentoları üretilmiş ve bu malzemeler üzerinde çeşitli deneyler yapılmıştır. Elde edilen deney sonuçlarıyla orijinal asfalt çimentosu (60/70 penetrasyonlu AC) özelliklerine ve bu konudaki mevcut şartnamelere göre bir karşılaştırması yapılarak aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

1. Kırıkkale Rafinerisi ürünü olan 60/70 penetrasyonlu Asfalt çimentosuna ait deney sonuçları, söz konusu malzemeye önerilen oranlarda çeşitli katkı maddeleri katılıp modifiye edildikten sonra alınan deney sonuçları ile karşılaştırıldığında ortak olarak görünen özellikler;
 - Penetrasyon ve düktilite değeri düşmekte
 - Yumuşama noktası değeri artmaktadır.
2. Modifiye asfalt kullanımlarına bir alternatif olabileceği düşüncesiyle; Aliğa Rafinerisi ürünü 40/50 penetrasyonlu asfalt çimentosuna ait deneyler yapılarak sonuçları (Çizelge 3.5.) incelenmiş, yumuşama noktası ve kırılma noktası deneyleri açısından değerlendirildiğinde modifiye bitümden beklenen özelliklere ait değerler elde edilememiştir.
3. Göl asfaltları (TLA) için elde edilen deney sonuçlarının (Çizelge 3.2.), BS.1447 MASTİK ASFALT Standardında (Çizelge 3.8.) belirtilen Tip T 50-Sınıf: S tipine yapılan deneyler açısından uygun olduğu görülmüştür.
4. Polimer Modifiye Asfalt olarak POLYBILT 103 - EVA tipi katkı maddesi kullanılarak üretilen plastomerik özellikli modifiye asfalta yapılan deneyler ve elde edilen deney sonuçları (Çizelge 3.5.); bu konuda öneri durumundaki Polonya Standartları ve geçerli olan Alman Standartları (Çizelge 3.6.) ile

karşılaştırıldığında deney sonuçlarının malzemelere ait belirtilen genel karakteristikleri yansıtmakla birlikte bazı deney sonuçlarının da söz konusu standartta verilen kriterleri sağlamadığı görülmüştür.

Modifiye asfalt konusunun çok yeni olması, bu alanda ki diğer çalışmaları (malzemenin visko-elastik ve reolojik özelliklerine ait yeni laboratuvar deneyleri, asfaltın kimyasal yapısının polimer ile uygunluğu, malzemenin depolama, uygulama ve hizmet esnasındaki davranış değişikliğinin saptanması çalışmaları) gerektirmekte ve bu konuyla ilgili yurt dışında çeşitli laboratuvarlarda detaylı bir şekilde araştırma programları sürdürülmektedir. Bu programlarda deneyler standart hale getirilmeye ve şartnameler oluşturulmaya da çalışılmaktadır. Yukarıda belirtilen aşamalarda sadece çeşitli katkı maddelerinin asfalt çimentosuna katıldıktan sonraki deneysel değişimleri gözlenmeye çalışılmıştır.

Ancak; yurt dışında üzerinde bu ölçüde kapsamlı çalışmalar yapılan Modifiye Asfalt konusunun, K.G.M laboratuvarlarında yapılan geleneksel deneylere ait sonuçlar ile değerlendirilmesi yeterli olmayacaktır.

Özellikle kullanılan katkı malzemelerinin davranışlarının tam olarak bilinmemesi, asfaltın kimyasal yapısının katkı maddeleri ile uygunluğunun saptanamaması, zaman azlığı nedeniyle yapılan deneylerin çeşitli asfaltlarla ve deneysel olarak tekrar edilememesi; konunun tam anlamıyla değerlendirilmesine fırsat verememektedir.

Ancak ülkemizin çok çeşitli iklim şartları ve önlenemeyen ağır trafik yükleri göz önüne alındığında bu konuya verilmesi gereken önemin kaçınılmaz olduğu görülmektedir [17].

3.2. Asfalt Katkı Maddesi Olarak Diatomit

Yukarıdaki kısımlarda açıklanmış olan ve kullanım imkanları araştırılmış olan katkıların yanı sıra diatomit'in de katkı olarak kullanım imkanları araştırılmış, yararlı etkileri incelenmiş ve pratik sonuçlar vereceği düşünülmüştür. Bu amaçla, daha sonraki bölümlerde izah edileceği üzere, ilk defa bu çalışma içerisinde ele alınmış olan diatomit'in, hem asfalt içerisinde hem de karışım içerisindeki etkileri araştırılmıştır.

3.2.1. Diatomitin genel tanımı

Diatomit, algler sınıfından su canlıları diatomelerin silisli kabuklarının birikimi ile oluşmuş fosil karakterli bir birikim kayasıdır.

Diatomit tebeşir görünümünde, genellikle amorf silisten ibaret açık renkli, sertliği mohr sertlik skalasında 4 - 6,5 olarak gösterilen, su ile karıştırıldığında yapışkan çamur meydana getirmeyen, parmaklar arasında kolayca ezilebilen bir maddedir.

3.2.1.1. Diatomit'in genel özellikleri

Saf diatomit, opalin veya sulu silikadan teşekkül etmiş olup az miktarda inorganikler de (alüminyum, demir, toprak mineralleri) içerir. Doğada bulunduğu şekli ile diatomit aşırı miktarda su içerir ki, bu oran %10 ile %60 arasında değişir.

Kuru diatomitin özgül ağırlığı $0.34 - 0.67 \text{ gr / cm}^3$ gelmektedir. Organik madde içeren yataklarda çok farklıdır. Bunların rengi çok açık renkli ten renginde gri hatta kahverengine kadar değişir. Toz haline getirilmiş diatomit ürünlerinin

özgül ağırlığı 1.9 - 2.35 gr / cm³ tür. Amaca dönük olarak hazırlanmış olan diatomit'e ait kimyasal bilgiler ise Çizelge 10' da verilmiştir.

Çizelge 10. Hazırlanmış diatomitin kimyasal özellikleri [18].

Bulunan Maddeler	Tabii Diatomit	Kalsine Diatomit	Beyaz Kalsine Diatomit
Si O	86,8	91,0	87,9
Al O	4,1	4,6	5,9
Fe O	1,6	1,9	1,1
CaO	1,7	1,4	1,1
MgO	4,0	4,0	3,0
Ateş Kaybı	4,6	3,0	1,0
Tayin edilmeyen	8,0	4,0	3,6

3.2.1.2. Türkiye'de diatomit yatakları

Dünyanın bir çok bölgesinde bulunan diatomit yataklarının yanı sıra ülkemizde bu güne kadar tesbit edilmiş olan yataklar da mevcuttur. Bu yatakların bazıları aşağıda verilmiştir.

1. Ankara: Gürcü Köyü çevresi Başberkent Köyü çevresi
2. Çanakkale: Keçialan Köyü çevresi
3. Çankırı: Akhasan Köyü, Karaağaç Köyü, Baslak Köyü çevresi
4. Denizli: Karakıran Köyü, Tırkaza Köyü çevresi
5. Kütahya: Alayunt Köyü çevresi
6. Uşak: Kayagil Köyü çevresi
7. Kayseri: Hırka Köyü çevresi

3.2.1.3. Türkiye'de diatomit rezervi

Bilinen diatomit yatakları içerisinde Kayseri Hırka çevresinde 60 000 000 m³ iyi kalitede diatomit, 40 000 000 m³ killi diatomit tahmin edilmekte ve yurdumuzun en büyük diatomit yatağı olarak dikkati çekmektedir [19]. Bunun dışında, yukarıda sözü edilen yataklarla ilgili olarak tam bir rezerv araştırması yapılmamasına rağmen oldukça zengin rezervlerin var olduğu tahmin edilmektedir.

3.2.1.4. Diatomitin kullanıldığı yerler

Diatomitin kullanma sahası özellikle gözenekliliği, ses, ısı ve elektiriği iyi geçirmemesi, kimyasal maddelere karşı dayanıklılığı, yoğunluğunun az olması sebebi ile bir çok sahalarda kullanılmaktadır. Diatomatin endüstride kullanıldığı yerler aşağıda gösterilmiştir.

- * Filtrasyon,
- * Doldurucu veya ilave madde,
- * Ses ve ısı değişmesine karşı izolatör,
- * Absorbent,
- * Katalizör taşıyıcısı,
- * Sentetik silikat imali,
- * İnşaat malzemesi (Betona %3 karıştırıldığında basınç direnci %20, çekme direnci ise %10 oranında arttığı gözlenmiştir.),
- * Çimento için puzolan,
- * Kimyasal gübreler için kalıplanmayı önleyici unsur olarak,
- * Çeşitli alanlarda.

3.2.2. Laboratuvar deney sonuçları

Laboratuvarda yapılan çalışmalar, diatomitin asfalt içerisine belirli oranlarda katıldığında, asfaltın bilinen özelliklerinde ne derece etkili değişimlere yol açtığının bilinmesi için gerekli olmaktadır. Bu amaçla, daha önceden özellikleri bilinen (penetrasyon, yumuşama noktası, duktilite, yanma-parlama v.b.) asfalt numunesi içerisine, belirli oranlarda, karışım için hazırlanmış olan diatomitin katılması ile bu deneyler tekrar edilmiş ve mukayese elde edebilmek amacıyla aynı oranlarda filler kullanılarak deneyler yinelenmiştir. Kullanılan asfalt numunesi daha önceki bölümlerde de sözü edildiği üzere 60/70 penetrasyonlu Kırıkkale rafinerisinden temin edilmiş olan bitümlü bağlayıcıdır. Gelen asfalt üzerinde laboratuvarda, tüm adı geçen deneyler, tekrar yapılarak bu özellikleri teyit edilmiştir. İlk olarak gelen asfalt üzerinde özgül ağırlık deneyi yapılmış ve Çizelge 11 de verilen sonuçlara ulaşılmıştır.

$$g = (C - A) / ((B - A) - (D - C)) \quad (3.1)$$

g: Asfalt özgül ağırlık

A: Boş kap ağırlığı

B: Su dolu kap ağırlığı

C: Asfalt dolu kap ağırlığı

D: Asfalt ve su dolu kap ağırlığı

	A	B	C	D	g
1	15.34	65.61	41.62	70.26	1,03
2	18.93	69,07	35.93	65.69	1,03

Daha sonra penetrasyon ve yumuşama noktası deneyleri yapılarak sonuçlar bir Çizelge ve grafik üzerinde gösterilmeye çalışılmıştır. Bu deneylerin yapılabilmesi için aşağıdaki işlemler yapılmıştır.

200 Nolu elekten geçirilmiş diatomit %5, %10, %15, %20 oranlarında asfalt katılarak elde edilen karışımlar, penetrasyon deneyine tabi tutulmuşlar ve sonuçlar Çizelge 12’de verilmiştir. Bu deneyler sırasında %40 ve %60 diatomit içeren karışımlar yapılması düşünülmüş fakat %40 diatomit oranlı asfalt karışımı hazırlanırken, diatomitin fazla emici özelliğinden dolayı asfaltı tamamı ile emmiş bu yüzden iki karışım oranı da iptal edilmek zorunda kalmıştır.

Çizelge 12. Diatomitli asfalt penetrasyon değerleri

Diatomit	Numune	ilk Okuma	Son Okuma	Fark	Ortalama	Sonuç
%5	1	176	247	71	70	67
		168	238	70		
		170	238	68		
	2	242	310	68	64	
		245	305	63		
		248	308	60		
%10	1	297	357	60	61	61
		302	363	61		
		303	364	61		
	2	218	281	63	61	
		204	263	59		
		215	276	61		
%15	1	175	228	53	55	54
		226	169	57		
		161	215	54		
	2	141	195	54	53	
		130	183	53		
		134	186	52		
%20	1	167	216	49	48	48
		163	212	49		
		164	211	47		
	2	141	189	48	48	
		140	187	47		
		145	195	50		

200 Nolu elekten geçirilmiş malzeme (filler) %5, %10, %15, %20 oranlarında asfalta katılarak elde edilen karışımlara penetrasyon deneyi tekrarlanmış ve Çizelge 13’de sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 13. Filler katkılı asfalt penetrasyon değerleri

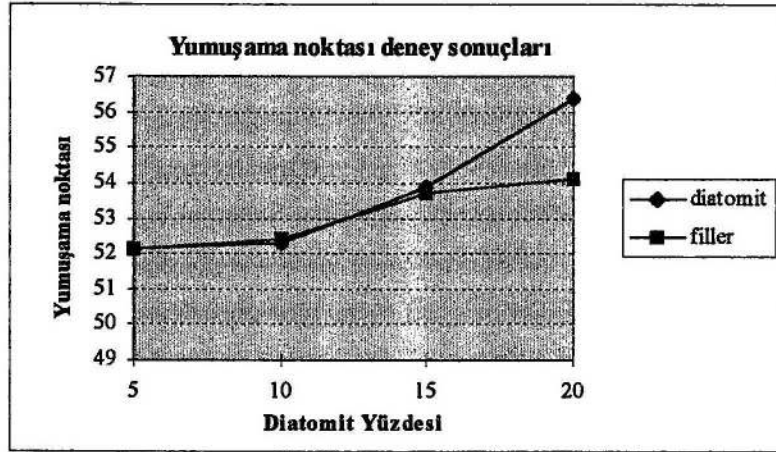
Filler	Numune	İlk Okuma	Son Okuma	Fark	Ortalama
%5	1	249	332	83	80
		235	315	80	
		243	320	77	
%10	1	285	366	81	79
		281	359	78	
		280	360	80	
%15	1	295	374	79	78
		300	379	79	
		292	369	77	
%20	1	261	336	75	76
		262	337	75	
		260	337	77	

Yumuşama noktası deneyi için de penetrasyon deneyi için hazırlanan yüzdelerdeki asfalt karışımları hazırlanarak deneyler hem filler hem de diatomit için yapılmış ve Çizelge 14 ve 15 de sonuçlar verilmiştir.

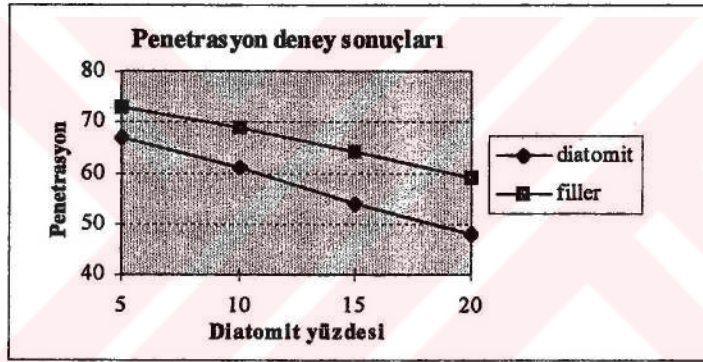
Çizelge 14. Diatomitli yumuşama nok. Çizelge 15. Fillerli yumuşama nok.

Diatomit	Numune	Okuma	Ortalama	Filler	Numune	Okuma	Ortalama
%5	1	52	52.1	%5	1	52	52.1
	2	52.2			2	52.2	
%10	1	52.2	52.3	%10	1	52.4	52.4
	2	52.4			2	52,5	
%15	1	53.8	53.9	%15	1	53.6	53.7
	2	54			2	53.8	
%20	1	56.2	56.4	%20	1	54	54.1
	2	56.4			2	54.2	

Çizelgelerden elde edilen sonuçlar grafik üzerine döküldüğünde sonuçları irdelemek daha kolay olmaktadır. Bu amaçla sonuçlar grafiksel hale getirilmiştir. şekil 3.1 ve 3.2’de penetrasyon ve yumuşama noktaları deneylerine ait grafikler gösterilmiştir. Sonuç olarak görülmüştür ki; Asfalt içerisindeki diatomit katkı payı arttıkça penetrasyon düşmektedir. Filler kullanıldığında ise genelde penetrasyon değerinde, başlangıç penetrasyonu normal asfalt penetrasyonuna göre yükselmekte ve % filler miktarı arttıkça yine küçük düşmeler gözlenmektedir. Yumuşama noktası deneyleri sonucunda % filler oranı arttıkça yumuşama noktası artmaktadır. Fakat bu artış diatomite göre daha düşüktür.



Şekil 3.1. Yumuşama noktası deney sonuçları



Şekil 3.2. Penetrasyon deney sonuçları

Türkiye'deki mevcut bazı diatomit yataklarından elde edilen ve Maden Teknik Araştırma tarafından yapılmış olan fiziksel ve kimyasal deneyler ve elde edilen bilgiler EK 1 kısmında verilmiştir.

4- KARIŞIM TASARIMI VE KARIŞIMLARA UYGULANAN DENEY YÖNTEMLERİ

4.1. Marshall Yöntemi ile Karışım Tasarımı

Kaplama karışımlarının dizaynında Marshall Yöntemi kavramı " Mississippi State Highway Department " 'ın eski bitüm mühendisi Bruce Marshall tarafından formüle edilmiştir. U.S. Corps of Engineers kuruluştur, geniş araştırma ve korelasyon çalışmaları ile deney yöntemine belirli biçimler ekleyip karışım dizayn kriterlerini belirlemişlerdir. Marshall Deney Yöntemi American "Society for Testing and Materials " tarafından standartlaştırılmıştır. Yöntem, ASTM D 1559' da verilmektedir.

Marshall yöntemi, yalnızca maksimum boyu 1 in. (25 mm) veya daha küçük agregalar ihtiva eden ve penetrasyon veya viskozite ile sınırlandırılmış asfalt çimentosu kullanılan sıcak karışım asfalt kaplama karışımlarına uygulanır.

Marshall yönteminde süreç, deney numunelerinin hazırlanması ile başlar. Bundan önce şüphesiz şu işlemlerin yapılmış olması gerekir.

- a) Karışımında kullanılacak malzemenin şartnamelerde istenilen özelliklerin uygunluğunun kontrolü,
- b) Agregada karışım gradasyonunun şartname gradasyonuna uygunluğunun kontrolü,
- c) Yoğunluk ve boşluk analizlerinde kullanmak için, karışımında kullanılan agreganın, hacim, özgül ağırlığı ile asfalt çimentosunun özgül ağırlığının tespiti,

Bunlar olağan deneylerin, şartnamelerin ve laboratuvar tekniğinin gerekleridir ve birçok karışım dizaynında yapılması gereken işlerdir.

Marshall yönteminde 4 in. (101.6 mm) çapında ve 63.5 mm yüksekliğinde standart deney numuneleri kullanılır. Bu deney numuneleri asfalt - agregası karışımının ısıtılması, karıştırılması ve sıkıştırılması için belirlenmiş bir yöntem uygulanarak hazırlanır. Karışım dizaynında Marshall yönteminin iki temel niteliği, sıkıştırılmış deney numunelerinin stabilite - akma deneyi ve yoğunluk - boşluk analizleridir.

Deney numunesinin stabilitesi; 60 °C'ye getirilmiş standart deney numunesinin kilogram (lb) olarak maksimum yük direncidir. Akma değeri; stabilite deneyi ölçümü sırasında yüksüz ve maksimum yük arasında meydana gelen 0.25 mm cinsinden deformasyondur.

4.1.1. Deney Numunelerinin Hazırlanması

Marshall yöntemi ile agregası karışımı için optimum bitüm miktarı tayininde, deney sonuç eğrilerinin optimum değeri gösterilebileceği değişik asfalt yüzdellerinde bir seri deney numunesi hazırlanır.

Deney sonuçlarının sağlıklı olmasını sağlamak amacı ile kullanılan her bitüm yüzdesinde minimum üçlü deney numuneleri hazırlanır. Böylece altı farklı bitüm yüzdesinde hazırlanan, bir sıcak karışım dizayn çalışması normal olarak onsekiz deney numunesi gerektirir. Her deney numunesi yaklaşık olarak 1.2 kg agregası gerektiği düşünülür ise bir seri deney numunesi için gereken minimum agregası miktarı yaklaşık olarak 23 kg (50 lb) olur. Bu miktardaki asfalt karışımı için yaklaşık olarak 4 litre (1 galon) asfalt çimentosu kullanılır.

b) Her bitüm yüzdesindeki numunelerin düzeltilmiş stabilite değerlerinin ortalaması alınır. Hatalı değerler ortalamaya katılmayacaktır.

c) Ayrıca şu grafikler hazırlanmalıdır:

- Asfalt yüzdesine bağlı stabilite,
- Asfalt yüzdesine bağlı akma,
- Asfalt yüzdesine bağlı karışım birim ağırlığı,
- Asfalt yüzdesine bağlı hava boşluğu yüzdesi,
- Asfalt yüzdesine bağlı mineral agregat boşluğu yüzdesi (V_b/VMA).

Bu grafiklerde, işaretlenmiş değerler uygun bir eğri ile birleştirilirler. Yukarıda tanımlandığı gibi, çizilmiş deney eğrilerinin, yoğun gradasyonlu asfalt kaplama karışımlarında, bir takım tutarlı karakteristikler gösterdiği görülmüştür. Deney eğrilerinin, genel karakteristikleri aşağıda özetlenmiştir:

- a) Stabilite değeri, asfalt yüzdesinin artışı ile yükselerek bir maksimuma ulaşır ve takip eden bitüm yüzdelerinde düşer.
- b) Akma değeri, asfalt miktarı arttıkça artar.
- c) Karışımın birim ağırlığının gösterildiği eğri, stabilite eğrisine benzemektedir. Her zaman olmamakla beraber genelde, biraz daha yüksek bir bitüm yüzdesinde, maksimum birim ağırlığı verir.
- d) Hava boşluğu yüzdesi, asfalt miktarı arttıkça minimum bir boşluk yüzdesine yaklaşarak düşer.

e) VMA genellikle bir minimum değere düşer ve sonra asfalt miktarının artması ile tekrar artar.

Asfalt kaplama karışımlarının, optimum asfalt miktarı, yukarıda belirtilen eğriler kullanılarak tayin edilir. Optimum asfalt miktarı tayininde, deney eğrilerinin üçü göz önünde bulundurulur ve bu eğrilerden aşağıdaki değerleri veren asfalt miktarları, tespit edilir:

- a) Maksimum stabilite,
- b) Maksimum birim ağırlık,
- c) Hava boşluğunun verilen limitlerinin ortalaması.

Bu üçlünden elde edilen asfalt yüzdesinin sayısal ortalaması, optimum asfalt yüzdesi olarak ortaya çıkmaktadır.

4.2. BİTÜMLÜ KARIŞIMLARIN ESNEKLİK MODÜLÜNÜN TAYİNİ İÇİN, İNDİREKT ÇEKME DENEYİ STANDART DENEY YÖNTEMİ

4.2.1. Kapsam

Bu yöntem, tekrarlanan yük ile indirekt çekme deneyini kullanarak laboratuvarda hazırlanmış veya yoldan alınmış bitümlü karışım numunelerine (karot) ait esneklik modülünün bulunmasında uygulanacak numune hazırlama ve deney yapma işlemlerini kapsar. Bu işlemler, sıcaklık yük, yükleme frekansı ve yük süresi değişimlerini içerir. Tavsiye edilen deney serileri her bir sıcaklıkta, 0.33, 0.5 ve 1,0 Hz gibi bir veya birden fazla yükleme frekansında olmak üzere 5, 25 ve 40 °C' yi (41,47 ve 104 F' yi) kapsar. Tavsiye edilen bu deney serileri, karışımın tüm elastik davranışını değerlendirmede kullanılan her bir numune için dokuz tane değer verir [20].

4.2.2. Kullanılacak Deney Yöntemleri

- D 1559 Marshall Aleti Kullanılarak Bitümlü Karışımların Plastik Akmaya Karşı Direnci İçin Deney Yöntemi
- D 1561 Kaliforniya Yoğurma Kompaktörü İle Bitümlü Karışım Deney Numunelerinin Hazırlanması İçin Yöntem
- D 3387 U.S. Corps of Engineers Devirli Deney Makinesi Yardımı İle Bitümlü Karışımların Kayma ve Sıkıştırma Özelliklerinin Tayini Deneyi
- D 3496 Dinamik Modül Deneyi İçin Bitümlü Karışım Numuneleri Hazırlama Yöntemi

- D 3515 Sıcak - Karışım, Sıcak - Soğuk Bitümlü Karışım Kaplamaları İçin Şartname.

Bu şartnameler göz önüne alınarak hazırlanmış olan deney numunelerine bu deney yöntemi uygulanabilmektedir.

4.2.3. Yöntemin Özeti

Bitümlü karışımların esneklik modülünün saptanması için, tekrarlanan yük ile indirekt çekme deneyi, Havers' in veya uygun bir dalga formu ile basınç yükü uygulanarak yapılır. Yük, silindirik asfalt betonu numunesinin düşey çap düzlemine dik olarak uygulanır. Numunenin deney sonundaki yatay deformasyonu ölçülür ve tahmin edilen bir Poisson oranı, yatay ve düşey geri gelen deformasyonların ölçümü ile de hesaplanabilir.

Deformasyon sonuçlarının yorumu, elastik modülü değerinin kullanımını gerektirir. Bir andaki esneklik modülü, bir yükleme devrinin boşaltılması sırasında anında birdenbire oluşan geri gelen deformasyonu kullanılarak hesaplanabilir. Toplam esneklik modülü ise, hem geri gelen ani deformasyonu, hem de bir yükleme boşaltma sırasında zamana bağlı oluşan geri gelen deformasyonu kullanılarak hesaplanabilir [20].

4.2.4. Esneklik Modülünün Önemi ve Kullanımı

Esneklik modülü değerleri, üst yapı dizaynı veya üst yapı değerlendirmesi ve analizi için bilgi verilmesinin yanı sıra, malzemelerin birbirine göre değerlendirmesini sağlar. Bu deney, sıcaklığın, yükleme hızının, periyodunun

vs. etkilerini incelemek için de kullanılabilir. İşlemlerin örseleme özelliği olmadığı için, bir numune üzerinde sıcaklık veya nem şartları değiştirilerek tekrarlanabilir.

4.2.5. Cihazlar

Deney Makinesi : Deney Makinesi, değişik frekans, yükleme zamanı ve yük değerlerinde yük uygulayabilecek kapasitede olmalıdır. İstenilen dalga formunu üretebilecek kapasitede sinyal jeneratörlü bir hidrolik deney makinası, tekrarlanan yük ile indirekt çekme deneyi yapılması uygundur. Pnömatik tekrarlı yük üreten laboratuvar deney makinaları, kullanılabilirse de bazen bu makineler daha soğuk deney sıcaklıklarında büyük numuneleri tutabilecek kapasitede olmayabilir.

Sıcaklık Sistemi: Sıcaklık kontrol sistemi, sıcaklığı $5 - 40^{\circ}\text{C}$ ($41-104^{\circ}\text{F}$) aralıkta ve belirlenen sıcaklığı 1.1°C (-2°F) limitlerinde kontrol edebilecek kapasitede olmalıdır. Sistem enaz üç numuneyi deney öncesinde 24 saat tutabilecek genişlikte, sıcaklık kontrol kabinine sahip olmalıdır.

Ölçüm ve Kayıt Sistemi: Ölçüm ve kayıt sistemi, yatay ve düşey deformasyonları ölçüp kayıt edebilecek sensörlere sahip olmalıdır. Poisson oranı tahmin edildiği zaman, yatay deformasyon için sadece bir ölçüm sistemi gerekir. Sistem, deformasyonun 0.000001 in. (0.00025 mm) aralıklarda yatay deformasyonu ölçebilecek kapasitede olmalıdır. Yükler ölçülüp kaydedilmeli veya deneyden önce doğru bir şekilde kalibre edilmelidir.

Kaydedici: Ölçme veya kaydetme aletleri $1,0$ Hz' e kadar yapılan deneyler için frekanstan bağımsız olmalıdır.

Deformasyon Ölçümü: Yatay ve düşey deformasyon değerleri, lineer değişken diferansiyel transduser (LVDT) veya diğer uygun aletlerle ölçülmelidir. LVDT'ler, numune yüksekliğinin ortasında yatay çap üzerinde karşılıklı olarak yerleştirilmelidir. Ölçüm cihazının hassasiyeti ve cinsi, "ölçü ve kayıt sistemi" başlığı altında irdelenen, istenen deformasyonu sağlayacak şekilde seçilmelidir. Ölçüm cihazı ile veya numune sırasında direkt temas isteniyor ise numuneye yay yüklemesi ile veya yapıştırma yolu ile pozitif temas sağlanmalıdır.

Trans- TE * 350 - 000 model LVDT veya Statham UC - 3 transduserler, bu amaç için uygundur. Eğer transduserler Statham UC - 3' de olduğu gibi ısıya hassas ise, deney makinesi ısı kontrollu hücre içine yerleştirilmelidir. Numunenin her kenarındaki hareketin cebirsel toplamını verebilmek için geyçler, eksantrik yüklemenin etkilerini engelliyebilecek şekilde telle bağlanmalıdır. Diğer bir yol olarak, her geyç ayrı ayrı okunup, sonuçlar ayrı ayrı toplanmalıdır.

Yük Ölçümü: Yükler, "ölçüm ve kayıt sistemi" bölümünde anlatıldığı gibi yük ölçümü için istenilen şartları sağlayabilecek kapasitede bir elektronik yük hücresi ile ölçülmelidir.

Yükleme Şeridi: Yükü numuneye uygulamak için, eğrilik yarıçapı, deney numunesinin nominal çapına eşit konkav yüzeyi olan metal bir yükleme şeridi gereklidir. Numunelerin yarı çapı nominal olarak 4 in. veya 6. in olacaktır. Bu çaplar için, yük şeridinin genişliği sırayla 0.5 ve 0.75 in. olmalıdır. Deney sırasında, numuneyi kesmemek için, keskin kenarlar yuvarlatılmalıdır. Pürüzlü numuneler için, düşey deformasyon ölçümü yapılmadığı zamanlarda, gerilme

etkisini azaltmak amacı ile yükleme şeridi üzerine ince bir sert kauçuk tabakası yerleştirilebilir [20].

4.2.6. Numuneler

Labratuarda Sıkıştırılan Numuneler: Labratuarda numune hazırlama, Yöntem D 1561, D 1559, D3496 VE D3387 gibi yöntemlerden biri ile yapılmalıdır. Maksimum dane boyutu 1 in.' e kadar olan agregalar için, numune yüksekliği enaz 2 in. ve minimum çap 4 in., maksimum dane boyutu 1 1/2 in.' e kadar olan agregalar için de yükseklik en az 3 in. minimum çap 6 in. olmalıdır.

4.2.7. Deneylerin Uygulanması

Deney numuneleri, ısı kontrol kabinine yerleştirilip, istenen deney sıcaklığına getirilir. Sıcaklık gözlenmemiş ve gerçek sıcaklık bilinmiyorsa, numuneler deney öncesinde enaz 24 saat ısı kontrol kabininde bırakılmalıdır. İstenilen deney sıcaklığına erişilip erişilmediğinin kontrolü için, merkezinde "thermocouple " bulunan örnek bir numune kullanılabilir.

Numune, yükleme aletinin içine, yükleme şeritleri düşey çap düzlemine paralel olarak ortalanmış şekilde yerleştirilir. Gerekli ise elektronik ölçüm sistemi dengelenir ve ayarlanır.

Homejen deformasyon okuması elde edilebilecek yeterlikte bir minimum periyotta, darbe etkisi oluşturmada tekrarlı bir haversin veya uygun bir dalga formu uygulanarak, numune ön şartlandırmaya tabi tutulur. Yükleme sıcaklığına ve frekansına bağlı olarak, genelde minimum 50 - 200 yük tekrarı uygulanmakla birlikte, verilen bir durum için esneklik deformasyonu sabit

yapılacak şekilde, minimum sayı saptanmalıdır. Esneklik modülü saptanması genellikle, her bir sıcaklık için 0.33 , 0.5 ve 1,0 Hz gibi veya birden yükleme frekansında olmak üzere, 41 ± 2 , 77 ± 2 ve 104 ± 2 °F gibi üç farklı sıcaklıktaki deney sonuçları ile yapılır. Tavsiye edilen yük aralığı, çekme mukavemetinin %10' u ile %50' sinde olacak şekilde ayarlanmalıdır. Önerilen yük aralıkları ise şu şekildedir.

- 5- 25 lbf gibi yükler için enaz 5 tekrar yeterli bulunmuştur.
- Enaz 10 lbf olan yükler kullanılmıştır.
- Yük süresi en önemli değişkendir ve bu sürenin kaydedilecek minimum değerlerde olması tavsiye edilir. Yük süresi için tavsiye edilen zaman, üst yapıdaki ani yüklemeleri daha iyi temsil eden 0.1 sn. ile 0.4 sn.'dir. Tavsiye edilen frekanslar ise 0.33 , 0.5 ve 1,0 Hz'dir. Çekme mukavemeti verileri yerine, karotun 4' den 200 lbf/in.'e kadar yük aralığı veya numune yüksekliği kullanılabilir.

Deney sırasında, yatay deformasyon ve ölçülmüş ise düşey deformasyon gözlenir. Eğer toplam yığışımlı düşey deformasyon 0.001 in' den daha büyük ise uygulanan yük veya deney sıcaklığı ya da her ikisi birden azaltılır.

Her bir esneklik modülünün saptanması, numune ısı kontrol kabininden çıkarıldığı andan itibaren 4 dak. içinde tamamlanmalıdır. Eğer yükleme”Sıcaklık sistemi” başlığı altındaki şartları sağlayan bir ısı kontrol kabini içinde gerçekleştirilirse 4 dak. deney limiti uygulanmayabilir.

Birinci deneyden sonra numuneyi yaklaşık 90° çevirerek, ısı kontrol kabini içinde 10 dak. bekletilir ve bir kez daha deney yapılarak, her numune için esneklik modülü deneyi iki kez uygulanmış olur. Verilen bir deney serisi için

değişken sıcaklık, yükleme zamanı ve yükleme frekanslarında üç tane laboratuvar numunesi veya karot kullanılması tavsiye edilir. Numuneye verilebilecek kalıcı bir hasarı azaltabilmek için deney, en düşük sıcaklıkta, en kısa yükleme zamanında ve en küçük yük değerinde boşaltılmalıdır. Aynı numune üzerinde yapılan birbiri ardı sıra deneyler, daha düşük modül değerinin oluşmasına sebep olabilir. Her deneyden önce numune istenen sıcaklığa getirilir.

Tekrarlı elastik deformasyonu, sabit hale geldikten sonra, enaz üç yükleme devri sonunda oluşan geriye gelen ortalama yatay ve düşey deformasyonlar ölçülür. Poisson oranı saptanmayacaksa, düşey deformasyon ölçümleri iptal edilebilir [21].

4.2.8. Hesaplar

Esneklik modülü “E” (lbf/inç² veya Megapaskal) ve Poisson oranı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$E_{RI} = P (v_{RI} + 0,27) / t \Delta H_I \quad (4.1)$$

$$E_{RT} = P (v_{RT} + 0,27) / t \Delta H_T \quad (4.2)$$

$$v_{RI} = 3,59 H_I / V_I - 0,27 \quad (4.3)$$

$$v_{RT} = 3,59 H_T / V_T - 0,27 \quad (4.4)$$

E_{RI} : Ani esneklik modülü, psi (veya Mpa)

E_{RT} : Toplam esneklik modülü, psi (veya Mpa)

v_{RI} : Ani esneklik poisson oranı

v_{RT} : Toplam esneklik poisson oranı

P : Tekrarlı yük, lbf (veya N)

t : Numune kalınlığı, in. (veya mm)

H_I : Ani geri gelen yatay deformasyon, in. (veya mm)

V_I : Ani geri gelen düşey deformasyon, in. (veya mm)

H_T : Toplam geri gelen yatay deformasyon, in. (veya mm)

V_T : Toplam geri gelen düşey deformasyon, in. (veya mm)

Poisson oranı tahmin edilirse, düşey deformasyonlara gerek yoktur. 77 °F (25 °C)' deki asfalt karışımları için Poisson oranının 0.35 alınması uygun olmaktadır.

Çekme mukavemeti S_T aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$S_T = 2 P_{ult} / p t D \quad (4.5)$$

P_{ult} : Uygulanan maksimum yük, lbf (veya N)

t : Numune kalınlığı, in. (veya mm)

D : Numune çapı, in. (veya mm)

4.3. İndirekt Çekme Deneyi

Bu deney Amerikan Deney ve Materyal Topluluğu' nun (ASTM), tahsis numarası D 4213 - 82 (1987) olan rijitlik deneyidir. Deneyde, numuneye çapsal doğrultuda yüklenen kuvvet ve tüm çap doğrultusundaki gerilmelerin, sonuçlandırılarak kuvvetin uygulandığı noktaya 90 derecelik açı yapan aks üzerinden ölçülmesidir. Uygulanan kuvvet doğrultusundaki birim deformasyon ölçülmediği için poisson oranı operatör tarafından sisteme, bir sabit olarak girilmelidir. Operatör, kuvvetin tekerrür oranını kuvvetin pik noktasını ve yükselme zamanlarını kontrol etmelidir. Yüklenen kuvvetin dalga şekli bir üçgendir ve değiştirilemez [23].

Deney işlem sırası kullanıcı tarafından miktarı ölçülebilen, ön yükleme vuruşlarını takip eden veri alımının yapıldığı 5 yükleme vuruşundan oluşur. Ön yükleme vuruşları, yükleme plakalarını numuneye oturtturarak, tutarlı sonuç alınmasını sağlar. Aşağıdaki sonuçlar her 5 yükleme vuruşu için verilenlerden hesaplanır.

- Numune rijitliği veya modülü,
- Kuvvet vuruşlarının düşme zamanı,
- Kuvvet vuruşlarının yükselme zamanı,
- Çekme gerilimi,
- Yüklenen kuvvetin pik değeri,
- Elastik birim deformasyon toplamı.

Hesaplarda, her 5 yükleme vuruşlarının ortalama standart sapma ve varyans katsayıları hesaplanır.

Deneyler genellikle sıcaklık kontrolü ile yapılır. Nitekim üst ve iç bölgelerin sıcaklıkları numunenin altında yerleştirilen ısı transları ile öğrenilir.

Sonuçlar genellikle numune ile isimlendirilen temel dosyalarda konuşlandırılır. Bilgiler oluşturulabilen, printer raporu alınabilen, yeniden yapılandırılabilen temel dosyalarda, kullanıcı Çizelgesi bir programa ithal edilebilen ve deney sonuçlarının bulunduğu ASC II karakterli açıdan bir dosyaya konuşlandırılır. İlave A, tipik printer raporunu gösterirken ilave B, tipik bir ASC II karakterli dosyanın listesini gösterir.

Kontrol parametrelerinin, opsiyonların ve bir dahaki sefere aynı deneyin çağrılması için yazılım programı tarafından kullanılmak için oluşturulan kullanılabilir tanımlama dosyası UMINDTEN.DEF olarak isimlendirilir. İlk seferde eğer dosya oluşturulmadıysa, geçerli sürücü üzerinde yeni oluşturulan dosya üzerine ihmal edilen parametreler yazılır.

4.3.1. Numune kullanma prosedürü

Genelde, numuneler birbirine uygun boyutta olmalıdır fakat pratikte tanzim derecesinde bir sınırlama getirilmesi ihtiyacı vardır. UMMATTA, 100 mm ve 150 mm nominal numune çapları için boyunduruk translarını ayırmayı sağlamıştır [24].

Numuneyi hücrenin içine gevşek bir biçimde, yükleme plakalarının arasına oturtmak ve hücreye yükleme alanın temel noktasına yerleştirmek gerekmektedir. Yükleme şaftını, topun üst levhadaki ince deliğe tam olarak oturuncaya kadar indirmek lazımdır. Daha sonra, yükleme şaftının tamamen yükseltilmesi ve serbest hareket etme farkının 12.7 mm olması sağlanmalıdır.

Çerçevenin ince tutma elemanları üzerinde bulunan düzeltme başlıkları ile üst başlığın yüksekliği, gerekli serbest hareketi sağlamak için düzeltilmelidir. Üst başlık seviyesinin istenilen seviyede olmasına dikkat edilmelidir. Bu, üst başlıktan temele kadar her tutma elemanın uzaklıkları ölçülerek sağlanabilir.

Numune hücresinin doğru olarak düzeltilmesi için numune çapının ve içinde mil boşluğunun ölçülmesi gerekir. (Daha sonra boşluk tutucuları üzerindeki kendi ekseninde dönen mil dirseğini kullanılmalıdır). Böylece boyunduruğu tuttan çevirme kolları kaldırılabilir.

Tutan çevirme kollarının yüksekliği düzeltilmeli, bu düzeltme yapıldıktan sonra deplasman transları ile numunenin ortasındaki yatay çizginin tamamı aynı olacaktır. Eğer numune çapı tam olarak 100 mm veya 150 mm' lik standart boylarda ise gerilme hücresinin temelindeki yüksekliği sağlar ve ortadaki mavi çizginin guage üstünde olduğu kontrol edilmeli ve aynı zamanda yüksekliğinin boyunduruğu tutan çevirme kollarının üzerindeki yazıcı çizgi ile aynı çizgide olduğu kontrol edilmelidir. hücrenin her köşesindeki ince tutma boşluklarının düzeltilmesi gerekir. Eğer numune çapı, standart çaptan büyük veya küçük ise çevirme kollarının herbirine standartlarla arasındaki farkın yarısı kadar kaldırılması veya düşürülmesi gerekir. Bunu yaparken kural olarak 1 mm boşluklar kullanılmalıdır.

Boyunduruğun deplasman transını yerine koyulması ve mengenin çevirilerek numunenin boyunduruğun tam orta noktasında oturduğu kontrol edilmelidir. Mengene üzerindeki civatalardan biri numune üzerine ininceye kadar sıkıştırılması ve diğerinin gevşekliğinin önemsenmemesi gerekir.

Çevirme kolları ile tutulan boyunduruk ile numune ve boyunduruğun alt yükleme levhasına yerleştirilir. Daha sonra, üst yükleme levhası hücre üzerine kadar indirilir. Yükleme çerçevesinin üzerindeki ince deliğe, top inip yerleşinceye kadar indirilir.

Boyunduruğun pozisyonu, böylece numuneyi yandan ortalar ve numuneye doğru boyunduruk kuvvetle gevşek olan mengenerle sıkıştırılır. Mngeneler gevşek bırakılmalıdır. Çünkü bu sonucu etkileyecektir. Düzeltilebilir tork parçası IPC tarafından hazır olarak operatörün birbirine uygun mengene kuvveti oluşturmaya imkan verecektir.

İndirekt çekme deneyi bundan sonra başlanabilir ve kuvvet pulsuların uygulaması ile devam eder. Dalgalanma formlarındaki değişim, her bir çıkabilir translar için tepkilerin düzgün olmasına dikkat edilmelidir. (Örneğin gösterimde uzun dik sivrilikler yoktur.). Eğer bu sivrilikler oluşur ise ileri gidilmeksizin nedenleri araştırılmalı ve düzeltilmelidir. Genelde bu tür problemler mekaniksel olur. Gevşek parçalara veya doğru oturmamış bölümlere dikkat edilmelidir [25].

4.3.2. Deneyi kullanma parametreleri

Edit komutu, deneyi kullanma ve kontrol menüsü tarafından parametreler veya kullanılamaz alanların kullanımına izin verir.

NUMUNE ADI (SPECIMEN NAME) :Bu parametre numunelere, bir kimlik vermek için kullanılır. Alanın ilk sekiz karakteri yazılım tarafından temel ve ASC II dosyalarının oluşturulması sırasında dosya adı olarak kullanılır. Bu alan aynı zamanda sistemde yüklü verilerin herhangi birini atamada kullanılır.

YORUMLAR (COMMENTS) : Operatör, bu üç yazılı alanı her halikarda kullanma ihtiyacı duyar; örneğin numune ve orijin tanıtımında.

NUMUNE BOYU ve ÇAP (SPECIMEN LENGTH AND DIAMETER) : Bu nümerik alanlar numunenin boyutlarını tayin etmektedir. Bu parametreler sonuçların hesaplanmasında etkili olacaktır.

KULLANIM SICAKLIĞI (SET TEMPERATURE) : Bu keyfi nümerik alan, arzulanan numune deney sıcaklığını işaret etmek için kullanılabilir. Unutmamalıdır ki bu parametre bölmenin sıcaklığını kontrol edemez.

POISSON ORANI (DEFAULT POISSON RATIO) : Bu seçilen veya farzedilen poisson oranı bu alana girilebilir. Bu parametre sonuçların hesabında etkili olacaktır.

DENEY ETME ve VURUŞ KONDİSYONUN PERİYODU (TESTING AND CONDITIONING PULSE PERIOD) : Bu nümerik alan, yükleme vuruşlarının tekerrür oranını veya deney edilen noktaları bağımsız olarak kullanmayı sağlamak için kullanılır.

VURUŞ KONDİSYON SAYIMI (CONDITIONING PULSE COUNT) : Vuruş kondisyonlarının toplamı yüklemeden önce sistem 5 vuruşluk modül deneyini bu nümerik parametre alanında oluşturur.

KUVVET ve YÜKSELDİĞİ ZAMANIN PARAMETRELERİ (FORCE AND RISE TIME PARAMETERS) : Yazılım, uygulanan kuvvet ve yükleme vuruşlarının yükselme zamanını bir derecede kontrol imkanı verir. Yükselme zaman parametresi, 30 ms ile 120 ms arasındaki bir değeri kabul edecektir ve

böylece kuvvetin oranı hesaplanacaktır. Girilen kuvvet değeri ekranda işaret edilen değerler içinde olmalıdır. Eğer deney sonuçları, öngörülen kuvvet değeri ve yükselme zamanına yaklaşmaz ise kalibrasyon işlemini indirekt çekme kuvveti ve yükselme zamanı için takip edilmelidir.

TEMEL ve ASC II DOSYALARININ İSİMLERİ (BINARY AND ASC II FILE NAMES) : Bu alanlar, yönetici dizini tarafından tayin edilir. Temel ve ASC II dosyalarının dosya ismi ve uzantıları sistem tarafından oluşturulur. Numune ismi parametresi (üstte anlatılan) otomatik olarak dosya ismini değiştirilmeyecek şekilde oluşturur, fakat izin ve uzantı bunun dışındadır.

Alt izin geçerli sürücüde ihmal edilir ve eğer yönetici tarafından sağlanmaz ise temel dosyaya uzantı olarak BIN ve ASC II dosyasına uzantı olarak CVS verilir. Unutulmamalıdır ki, eğer temel dosya ismi oluşturulmaz ise yazılım tarafından deney sırasında oluşturulmayacaktır [26].

4.3.3. Deneyin başlatılması

Başlat komutu, deney kurma ve kontrol menüsünden, deney işlemini çağırmak için kullanılır. Hava kompresörünün basıncının yükselmesi sırasında biraz bekleme olur. Bir vuruş kondisyonu oluştuğunda, numuneye bu vuruş kondisyonu uygulanmıştır. Kondisyon bittiğinde, düzey gösterimi otomatikman gösterilir ve deplasman transları deneye devam etmeden önceki alanda olduğunu tastik ederek izin verir. Herhangi bir tuşa bailması halinde deneye devam edilmesini ve yükleme vuruşlarının uygulanmasını sağlar. Her ne kadar, eğer vuruş kondisyonu sayımı parametresi sıfıra kurulmuş olsa da, ardından yükleme vuruşları hava kompresörünün basınç yükselmesi ile başlar ve hiçbir düzey gösterimi oluşmaz.

Bu durumun ardından, deney raporu ekranı gelecek ve 5 yükleme vuruşlarının sonucu gözükecektir. Deney ilerledikçe, veriler oluşmaya başlar ve çıktı parametreleri hesaplanır. Bu parametreler rapora girilir ve kuvvetin dinamik dalgalanma formu (yeşil) çıkabilir. Trans LVDT -1 (morumsu kırmızı) ve LVDT -2 (yeşilli mavi) şeklinde gösterilir.

Eğer LVDT'lerden biri ölçme alanından dışarıya çıkar ise hata meydana gelir. Bu durumda yazılım " ERROR " mesajı ile verileri bu oluşturan vuruştan itibaren sıraya koyar ve LVDT' nin dalgalanma formunu " ERR " kelimesi ile tanımlar.

4.3.3.1. Tipik işlem basamakları

İşlem basamakları şu şekilde açıklanabilir:

- Numuneyi hücreye yerleştirip, yükleme şaftının altındaki alanın merkezindeki pozisyonuna getirmek lazımdır.
- Ms - Dos ortamındayken UMAT konutunu yazarak ve ana menünün ekrana gelmesi sağlanmalıdır.
- Ana menüde " T " ' ye deneyi seçmek için ve sonra indirekt çekme deneyi için " C " ' ye basmak gerekmektedir.
- " E " ' ye basarak editöre girelebilir ve sonra gerekli parametreleri işlenebilir. (Örn: Mumune İsmi) Buradan çıkmak için " ESC " tuşuna basmak yeterlidir.

- " L " ' ye basarak transların konumları sinyalle kontrol edilir, sonra mekaniksel LVDT vidalarını işlem alanını okumak için düzeltilir. Eğer yüksek deplasmanlar oluşur ise (numune modülünün doğal düşüklüğünden veya uygulanan kuvvetin yüksekliğinden dolayı) bundan sonra numune yüklenirken LVDT' lerin yeri yeterli hareket imkanını sağlamalıdır. Bu ekrandan çıkmak için " ESC " tuşuna basılır ve tekrar deney kullanma ve kontrol ekranı oluşur. Deney bir kere başlatıldığında (veya öncelikli çalışma deneyi yüklendiğinde) veriler sistem için oluşur. Bunlar " V " tuşuna basılarak görülebilir. Aynı zamanda deney " R " ' ye basılarak tekrar başlanabilir. İhtiyaç olduğunda, dosya sub - menüsünü " F " tuşuna basarak seçme imkanı vardır. Bundan sonra ASC II veri dosyası " A " ' ya basılarak oluşturulabilir veya " P " ' ye basılarak rapor print - out edilebilir [27].

4.3.4. Verilerin hesaplanması

$$S_t = 2F / \pi L D \quad (6.1)$$

$$E = F (R + 0,27) / L H \quad (6.2)$$

$$\epsilon r = H / D \quad (6.3)$$

Burada;

S_t : Çekme gerilmesi (MPa)

E : Toplam esnek elastik modül (Mpa)

L : Numune boyu (mm)

D : Numune çapı

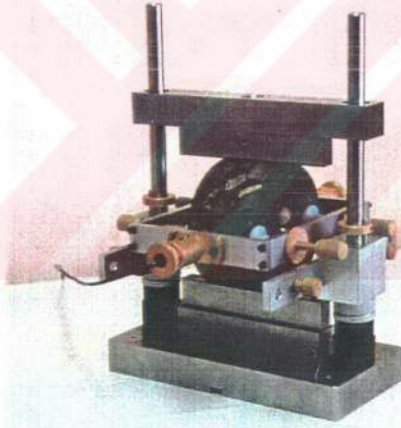
F : Tekrarlanır yüklerden maksimum kuvvet (N)

R : Kabul edilen elastik poisson oranı

H : Toplam çevresel yatay deformasyon (mm)

ε_r : Toplam birim deformasyon

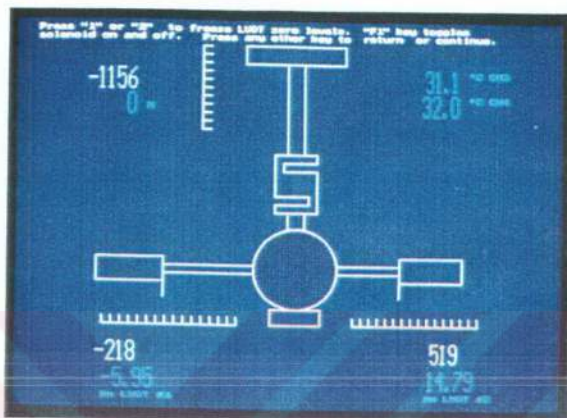
Numune boyu, çapı, poisson oranı parametreleri, EDIT fonksiyonları ile kullanma ve kontrol ekranından düzeltilebilir. Yükleme olmayan dalgalanma formlarının her birinden kuvvet yükselimi ve yükselme olmayan zamanlar, kuvvetin pik noktasının olduğu noktanın % 5 ötesinin ölçülmesi ile hesaplanır.



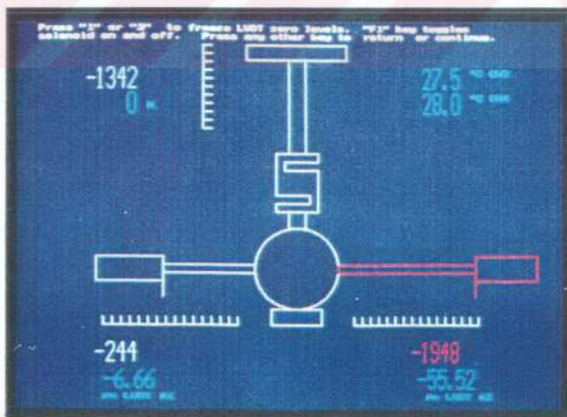
Şekil 4.1. Numune, indirekt çekme hücresinde.



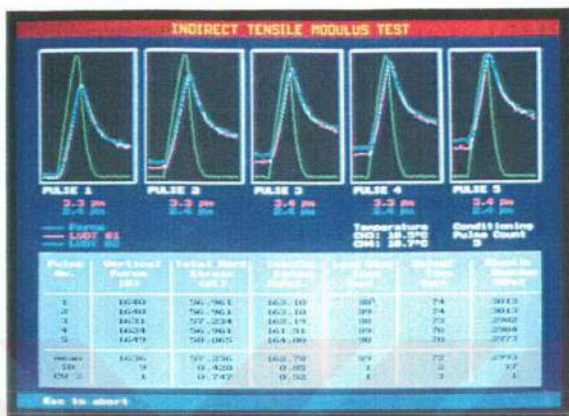
Şekil 4.2. İndirekt çekme modülü deneyi kullanım ve kontrol ekranı.



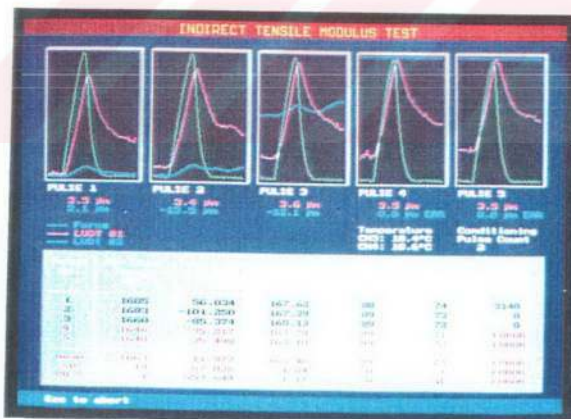
Şekil 4.3. İndirekt çekme deneyi transdücer düzeyi gösterimi.



Şekil 4.4. indirekt çekme deneyinde hatalı transdücer düzeyi.



Şekil 4.5. İndirekt çekme modülü deneyi grafikleri.



Şekil 4.6. İndirekt çekme modülü deneyi hatalı sonuçlar.

4.4. İndirekt Çekme Yorulması (Fatigue) Deneyi

Bu, bir indirekt çekme modülü deneyidir. Bölüm 6' da anlatılan deneye, numuneye tekrarlanarak yüklenen bir milyon vuruş haricinde, benzerdir. Operatör; kuvveti, yükleme zaman değerini ve aynı zamanda vuruş tekrar periyodunu seçebilir.

Her yükleme vuruşu için, sürekli gerilmeleri ve modülleri (veya toplam çevresel gerilme) devamlı hesaplanarak gösterilmektedir. Bu veriler aynı zamanda logaritmik scala üzerinde vuruş sayısına karşılık gelecek şekilde çizilmektedir. Ek " O " logaritmik olarak birbirini izleyen yükleme vuruşlarının çizilmesinden sonra listeler. Ekrandaki düzeltilmiş veri gösterimleri şunları içerir:

- Deney yükleme zamanı (saat, dakika, saniye),
- Toplam yüklenen vuruş sayısı,
- Her LVDT' nin elastik deplasmanları,
- Tüm skalanın içinde, yüzde olarak her LVDT' nin kullanılması,
- Yüklenen kuvvetin ve gerilmenin pik değeri,
- Devamlı gerilmeler, elastik birim deformasyon ve elastik modül,
- Numunenin iç ve dış sıcaklığı.

Deney ilerlerken, değişik gösterim opsiyonları fonksiyon tuşları ile seçilebilir. Deney, operatör tarafından herhangi bir anda durdurulabilir ve alternatif olarak, otomatik olarak terminal sayıma ulaşarak veya maksimum gerilmeyi başlangıca getirerek durdurabilir [28].

Temel dosya oluşturulur (genellikle numune tanıtımı ile yapılabilir) ve deney sırasında yenilenebilir. Bilgiler temel dosyada oluşarak deneylerin gösterimi

print - out raporunun oluşmasına izin verir veya ASC II dosyasını oluşturarak kullanıcı menülü programlara ithal edilmesini sağlar. Ek " C " tipik deney print - out raporunu ve Ek " D " tipik ASC II dosyasının listesini gösterir. Bir başka önemli kolaylık ise; veriler temel bir dosyaya sistem tarafından güç kesilimi veya deneyin bilgileri kayıt edilmeden, baştan başlatılması durumunda kaydedilir.

Kullanılır tanım dosyasının ismi UMFATIGU.DEF' dir ve bu dosya yazılım tarafından kontrol parametrelerin, opsiyonların ve bir sonraki deneyi program tarafından çağırılması için oluşturur. Eğer oluşturmamış ise (Örn: ilk işlem için) sonra hata parametreleri yeni oluşturulan dosyaya geçerli sürücü tarafından yazılır [28].

4.4.1. Numune kullanım süreci

Kullanım işlemi, bu deney için Bölüm 6'da tam olarak anlatılan indirekt çekme modülü deneyinde tanımlanmıştır. Numune, indirekt çekme hücresinde ve yükleme çerçevesinin yüksekliği düzeltilmelidir. Düzey gösterimi LVDT transların mekaniksel düzeltmelerini sağlar.

4.4.1.1. Deney kullanım parametreleri

Deney kullanımı ve kontrol menüsünden EDIT komutu kullanılmayan parametreleri veya alanların düzeltilmesine izin verir.

NUMUNE ADI (SPECIMEN NAME) : Bu parametre, numunelere bir kimlik vermek için kullanılır. Alanın ilk sekiz karakteri yazılım tarafından temel ve

ASC II dosyalarının oluşturulması sırasında, dosya adı olarak kullanılır. Bu alan aynı zamanda sistemde yüklü verilerin, herhangi birini atamada kullanılır. YORUMLAR (COMMENTS) : Operatör, bu üç yazılı alanı her halikarda kullanma ihtiyacı duyar, örneğin numune ve orijin tanımlamada.

NUMUNE BOYU ve ÇAPI (SPECIMEN LENGTH and DIAMETER) : Bu nümerik alanlar, numunenin boyutlarını tayin etmektedir. Bu parametreler, hesaplarda kullanılacaktır.

KULLANIM SICAKLIĞI (SET TEMPERATURE) : Bu keyfi nümerik alan, arzulanan numune deney sıcaklığını işaret etmek için kullanılabilir. Unutmamalıdır ki, bu parametre bölmenin sıcaklığını kontrol edemez.

İHMAL EDİLEBİLİR POISSON ORANI (DEFAULT POISSON RATIO) : Bu seçilen veya farzedilen poisson oranı bu alana girilebilir. Bu parametre, hesaplarda kullanılacaktır.

VURUŞ PERİYODU (PULSE PERIOD) : Bu nümerik alan, deney sırasında yükleme vuruşlarının tekrar oranının kullanımını sağlar.

KUVVET ve YÜKSELDİĞİ ZAMANIN PARAMETRELERİ (FORCE and RISE TIME PARAMETERS) : Yazılım uygulanan kuvvet ve yükleme pulslarının yükselme zamanını bir derece kontrol imkanı verir. Yükleme zaman parametresi, 30 ms ile 120 ms arasında bir değeri kabul edecektir ve böylece kuvvetin oranı hesaplanacaktır. Girilen kuvvet değeri ekranda işaret edilen, değerler içinde olmalıdır. Eğer deney sonuçları, öngörülen kuvvet değeri ve yükselme zamanına yaklaşmaz ise kalibrasyon süreci indirekt çekme kuvveti ve yükselme zamanı için takip edilmelidir.

DENEYİ DURDURAN GERİLME (TEST TERMINATION STRAIN) :Bu nümerik alan, başlangıçtaki maksimum gerilmeleri altında otomatik olarak deneyi durduracak gerilmeyi tanıtır.

DENEYİ DURDURAN VURUŞ SAYISI (TEST TERMINATION PULSE COUNT) : Bu nümerik alan, otomatik olarak deneyin durdurulmadan önce uygulanacak yükleme vuruşlarının maksimum sayısını tanıtır.

TEMEL ve ASC II DOSYALARININ İSİMLERİ (BINARY and ASC II FILE NAMES) : Bu alanlar, yönetici dizini tarafından tayin edilir. Temel ve ASC II dosyaların dosya ismi ve uzantıları sistem tarafından oluşturulur. Numune ismi parametresi (üstte anılan) otomatik olarak dosya ismini değiştiremeyecek şekilde oluşturur, fakat dizin ve uzantıya müdahale etmez.

Alt dizin geçerli sürücüde ihmal edilebilir ve eğer yönetici tarafından sağlanmaz ise temel dosyaya uzantı olarak BINARY ve ASC II dosyasına uzantı olarak CVS verilir. Unutmamalıdır ki, eğer temel dosya ismi oluşturulmaz ise yazılım tarafından deney sırasında oluşturulmayacaktır.

4.4.2. Deneyin başlatılması

Başla komutu, deney kurma ve kontrol menüsünden deney işlemini çağırmak için kullanılır. Hava kompresörü ilk olarak basıncını düzeltme, ekranda seçilen kuvvet değeri ile hesaplanan değere kadar basıncını yükseltir.

Bundan sonra grafik ekranı gözüktür ve yükleme vuruşları numuneye uygulanmaya başlar. Deney sırasında yüklenecek yük, her vuruş için

uygulanarak, sürekli grafikte yatay gerilme olarak işaretlenir ve modül değeri hesaplanarak logaritmik skaladaki yüklenen vuruş sayısına karşı çizilir.

F8, LVDT transların sinyalleri ve kuvvetin dalgalanma formu,

F6, Elastik gerilme ve modülleri arasındaki, dirsek çizimi gösterimi.

Dalgalanma formu gösterimi, sistem transların doğru işleyişinin kontrolü için yararlıdır. " SPACE " tuşuna basılarak gerilme grafiğine ve modülün çizimine dönülebilir.

Deney aynı zamanda, " Esc " tuşuna basılarak deneyin ön düzenleme ile belirlenen terminal sayısına ulaşarak veya gerilmenin durdurma değerine ulaştığında durabilir. Durdurma parametreleri, EDIT ekranından deney sırasında değiştirilebilir [28].

4.4.2.1 Tipik işlem basamakları

İşlem basamakları şu şekilde sıralanabilir:

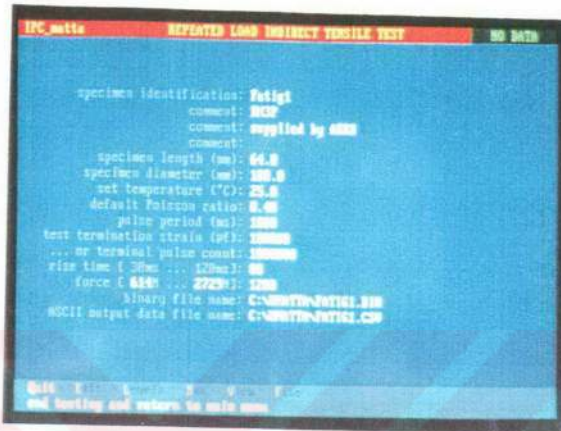
- Numuneyi hücreye yerleştirdikten sonra yükleme şaftının altındaki alanın merkezindeki pozisyona getirmek lazımdır.
- MS - DOS ortamındayken UMAT komutu yazılmalı ve ana menü ekrana getirilmelidir.
- Ana menüde " T " ' ye deneyi seçmek için ve sonra tekrarlanır indirekt çekme yüklemesi deneyi için " D " ' ye basmak gerekmektedir. Deney kullanım ve kontrol ekranı bundan sonra alt tarafta gösterilir.

- " E " ' ye basarak editöre girip, buraya gerekli parametreleri girilir (Örn: Numune ismi). Buradan çıkmak için " Esc " tuşuna basılması lazımdır.
- " L " ' ye basarak transların konumlarını sinyalle kontrol edip, mekaniksel LVDT vidalarını işlem alanını okumak için düzeltmek gerekir. Eğer yüksek deplasmanlar oluşur ise (numune modülünün doğal düşüklüğünden veya uygulanan kuvvetin yüksekliğinden dolayı) bundan sonra numune yüklenirken LVDT' lerin yeri yeterli hareket imkanını sağlamalıdır. Bu ekrandan çıkmak için " Esc " tuşuna basılmalı ve tekrar kullanma ve kontrol ekranı oluşturulmalıdır.

Deney bir kere başlatıldığında (veya öncelikli çalışma deneyi yüklendiğinde) veriler sistem içinde oluşur. Bunlar " V " tuşuna basılarak görülebilir. Aynı zamanda deney " R " ' ye basılarak tekrar başlatılabilir. İhtiyaç olduğunda, dosya sub-menüsü " F " tuşuna basılarak seçilebilir. Bundan sonra ASC II veri dosyası " A " ' ye basılarak oluşturulabilir veya " P " ' ye basılarak rapor bastırılabilir.

4.4.3. Veri hesaplaması

Hazırlanmış olan deney numunelerine deneylerin uygulanması sonucunda Elastik modül ve çekme gerilmesi hesaplanır.



Şekil 4.7. Tekrarlı indirekt çekme deneyi (Fatigue) kullanım ve kontrol ekranı.



Şekil 4.8. Tekrarlı İndirekt çekme deneyi sonuç gösterimi.

4.5. Tekrarlı Tek Eksenli Asfalt Sünme (Creep) Yükleme Deneyi

Bu deney, tekrarlanır vuruşların tek eksenli gerilmelerin asfalt numunesine uygulanmasıdır. Ayrıca elastik gerilmelerin ve sonuçların sürekli çizimini de içerir. Deneyin maksimum bir milyon vuruşa kadar devamlılığı uzatılabilir.

Deney gerçekte 4 bölümden ibarettir:

1. Statik yük kondisyonunun sürekli zamanı,
2. Gerilme uygulamaksızın, ön yük ile dinlenme periyodu,
3. Vuruş yükleme periyodu,
4. Gerilme uygulamaksızın direk yük periyodu.

Kondisyon ve ön yükleme ile dinlenmesi istenildiğinde iptal edilebilir. Kondisyon genellikle gerilmenin tüm deneyin 15 dakikasının 1/10' udur ve bu plakanın üzerindeki numuneyi tutmaya devam eder. Her ne kadar, vuruşların yüklemesi sırasında, sürekli ve elastik eksenel gerilmeler, sürekli hesaplanıp gösterilse de kondisyon uygulaması sırasında, deneyin ön yükleme dinlenmesi ve direk yük yinelenmesi bölümlerinde gerilme verileri tutulur ve düzgün halde nümerik bir formda gösterilir [29].

Ekranda düzenlenmiş veri gösterimi şunları içerir:

- Her 4 deney bölümü için deney yükleme zamanı (saat, dakika, saniye),
- Yükleme bölümündeki vuruş sayısı,
- Statik kondisyonun ve doruk yükleme gerilmesi,
- Numunenin her 4 deney bölümündeki sürekli gerilmeleri,

- Sadece puls yükleme bölümünde numunenin elastik birim ve modülü,
- Numunenin iç ve dış sıcaklığı.

Temel dosya oluşturulur (genellikle numune tanıtımı ile yapılabilir) ve deney sırasında yenilenebilir. Bilgiler temel dosyada oluşarak deneylerin gösterimi çıktı raporunun oluşmasına izin verir veya ASC II dosyasını oluşturarak kullanıcı menülü programlara ithal edilmesini sağlar.

Ek " G " tipik deney çıktı raporunu ve Ek " H " tipik ASC II dosyasının listesini gösterir. Bir başka önemli kolaylık ise, veriler temel bir dosyaya sistem tarafından güç kesilimi veya deneyin bilgileri kayıt edilmeden baştan başlatılması durumunda kaydedilir.

Kullanılır tanım dosyasının ismi UMDCREEP.DEF' dir ve bu dosya yazılım tarafından kontrol parametrelerin, opsiyonların ve bir sonraki deneyi program tarafından çağırılması için oluşturulur. Şayet oluşturulmamış ise (Örn: İlk işlem için) sonra hata parametreleri yeni oluşturulan dosyaya geçerli sürücü tarafından yazılır.

4.5.1. Numune kullanım işlemleri

Vektörel olarak uzanan yükleme çerçevesindeki numunelerin çapları için 100 mm ve 150 mm hücre bölümleri sağlanmaktadır. Hücre üst ve alt yükleme levhaları ile kullanılır. Vektörel aks deplasmanları LVDT deplasman transları ile ölçülür. Bu 0 mm'den 5 mm aralığında kalibre edilebilir. Translar yükleme hücresinin alt yüzeyinin aksına tutturulan tutma çubukları ile üst yükleme levhasının yüzeyindeki önce biten taşımalarına monte edilebilir. Alternatif

olarak translar üst başlığın alt yüzeyine tutturulan tutma vektöriyel çubuklar ile onların önce biten plakaların üzerindeki taşıyıcıların altındaki kuvvet translarına monte edilebilir. Unutulmamalıdır ki bu alanda aynı zamanda kuvvet transları da ölçüm almaktadır.

4.5.2. Deney kullanım parametreleri

Deney kullanımı ve kontrol menüsünden EDIT komutu kullanılmayan parametreleri veya alanların düzeltilmesine izin verir.

NUMUNE ADI (SPECIMEN NAME) : Bu parametre, numunelere bir kimlik vermek için kullanılır. Alanın ilk sekiz karakteri yazılım tarafından temel ve ASCII dosyalarının oluşturulması sırasında dosya adı olarak kullanılır. Bu alan aynı zamanda sistemde yüklü verilerin herhangi birini atmada kullanılır. (İster öncelikli çalışan deneyen olsun isterse yüklü temel dosyadan olsun) ve alanları kullanılmaz olarak kolayca yapılabilir.

YORUMLAR (COMMENTS) : Operatör bu üç yazılı alanı her halde kullanma ihtiyacı duyar. Örneğin numune ve orijin tanıtımında.

NUMUNE BOYU ve ÇAPI (SPECIMEN LENGTH AND DIAMETER) : Bu nümerik alanlar numunenin boyutlarını tayin etmektedir. Bu parametreler sonuçların hesaplanmasında etkili olacaktır.

DENEY YÜKLEME GERİLMESİ ve KONDİSYONU (CONDITIONING AND TEST LOADING STRESSES) : Bu nümerik alan, deney sırasında uygulanan gerilmenin oluşmasını sağlar.

TEKRAR PERİYODU ve VURUŞ GENİŞLİĞİ (PULSE WIDTH AND REPETITION PERIOD) : Bu nümerik alan, deney sırasında uygulanan gerilmenin oluşmasıdır.

KONDÜSYON, ÖN YÜKLEME DİNLEMESİ VE YENİLENME SÜRESİ (CONDITIONING, PRE-LOAD REST AND RECOVERY TIMES) :Bu nümerik alanlar, her deney bölümleri için dakika cinsinden zamanlarını oluşturur.

KULLANIM SICAKLIĞI (SET TEMPERATURE) : Bu keyfi nümerik alan arzulanan numune deney sıcaklığını işaret etmek için kullanılabilir. Unutulmalıdır ki bu parametre bölmenin sıcaklığını kontrol edemez.

DENEYİ DURDURAN GERİLME (TEST TERMINATION STRAIN) : Bu nümerik alan, başlangıçtaki maksimum gerilmeleri altında otomatikman deneyi durduracak gerilmeyi tanıtır.

DENEYİ DURDURAN VURUŞ SAYISI (TEST TERMINATION PULSE COUNT) : Bu nümerik alan, otomatik olarak deneyin durdurulmadan önce uygulanacak yükleme vuruşlarının maksimum sayısını tanıtır .

TEMEL ve ASC II DOSYALARININ İSİMLERİ (BINARY AND ASC II FILENAMES) : Bu alanlar yönetici dizini tarafından tayin edilir. Temel ve ASC II dosyaların dosya ismi ve uzantıları sistem tarafından oluşturulur. Numune ismi parametresi (üstte anlatılan) otomatik olarak dosya ismini değiştirilmeyecek şekilde oluşturulur fakat bu durumdan dizin ve uzantısı hariçtir. Alt dizin geçerli sürücüde ihmal edilir ve eğer yönetici tarafından sağlanmaz ise temel dosyaya uzantı olarak BIN ve ASC II dosyasına uzantı

olarak CSV verilir. Unutulmamalıdır ki eğer temel dosya ismi oluşturulmaz ise yazılım tarafından deney sırasında oluşturulmayacaktır.

4.5.3. Deneyin başlatılması

Deney setup ve kontrol menüsünden " Run " komutu deneyi başlatır. Bir grafik ekran oluşur ve sıfır gerilme düzeyinden kondisyon gerilmesi uygulanır. Numune gerilmesi sonuçlanırken ekranda düzene sokulmuş veri olarak gösterilir. Kondüsyon yüklenmesinin sonunda gerilme yeniden hareket eder ve yine ekrandan sonuç gerilme gösterilir. Ön yükleme dinlenmesi bölümü sonunda gerilme ölçülür ve "0" gerilme referansı olarak deney'in devamı boyunca yükleme gerilmeleri hava kompresörü ile tekrarlanarak uygulanır ve ekranda logaritmik skala üzerinde çizilen uygulanan vuruşlarına karşı numunenin eksenel sürekli elastik gerilmeleri grafiklendirilir. Bu bölüm deneyi bitirecek pozisyonlardan biri oluşuncaya kadar veya operatörün F 1' ye basmasına kadar devam eder [29].

Vuruş yükleme bölümünün sonuçlarında deney yüklenilmeyen yenilenen bölümleri girer ve numunenin sonuç gerilmeleri düzenlenerek ekranda nümerik bir alanda gösterilir. Deney sonucunda Esc tuşu yeniden oluşum ve kontrol menüsüne döndürür.

Deney sırasında fonksiyon tuşları ile şunlar seçilebilir :

- F1: Geçerli deney durumunda atlayarak bir sonraki bölümde ilerlemek
- F2: Dirsek çizicinin elastik gerilme ile modül arasında gösterimi
- F3: Kuvvet ve LVDT trans sinyallerinin dalgalanma formunun gösterilmesi

Dalgalanma formunun gösterimi sistem ve transların verilerinin kontrolünde kullanılabilir. Tek transın dalgalanma formu "1, 2, 3" tuşlarına basılarak görülebilir. "Space" tuşuna basılarak gerilme ve modül grafiğinin gösterimine dönülebilir. "Esc" tuşu deneyi her zaman durdurabilir.

4.5.3.1. Tipik işlem basamakları

Basit işlem basamakları şu şekilde açıklanabilir;

- Numunuyu hücreye yerleştirildikten sonra yükleme şaftının altındaki alanın merkezindeki pozisyonuna getirilir.
- Ms - Dos ortamındayken UMAT komutu yazılır ki ana menü meydana gelsin.
- Ana menüde "T" ye deneyi seçmek için ve sonra tekrarlanır yük creep deneyi için "E" ye basılır. Deney kullanımı ve kontrol ekranı bundan sonra alt tarafta gösterilir.
- "E" ye basılarak editöre girebilir ve sonra gerekli parametreler işlenebilir (örn: numune ismi). Buradan çıkmak için "Esc" tuşuna basılır.
- "L" ye basarak transların konumlarını sinyalle kontrol edilir, sonra mekaniksel LVDT vidalarını işlem alanını okumak için düzeltilmelidir. Eğer yüksek deplasmanlar oluşur ise (numune modülünün doğal düşüklüğünden veya uygulanan kuvvetin yüksekliğinden dolayı) bundan sonra numune yüklenirken LVDT' lerin yeri yeterli hareket imkanı

sağlamalıdır. Bu ekrandan çıkmak için "Esc" tuşuna basılır ve tekrar deney kullanma ve kontrol ekranı oluşur.

Deney bir kere başlatıldığında (veya öncelikli çalışma deneyi) yüklendiğinde veriler sistem içinde oluşur. Bunlar "V" tuşuna basılarak görülebilir. Aynı zamanda deney "R" ye basılarak tekrar başlatılabilir. İhtiyaç olduğunda, dosya sub - menüsü "F" tuşuna basılarak seçilebilir. Bundan sonra ASC II veri dosyası "A"; ya basılarak oluşturulabilir veya "P" ye basılarak rapor basılabilir [30].

4.5.4. Veri hesaplaması

$$\varepsilon_p = (L_{3_n} - L_1) / G \quad (8.1)$$

$$\varepsilon_r = (L_{2_n} - L_{3_n}) / (G - (L_{3_n} - L_1)) \quad (8.2)$$

$$E_r = \sigma / \varepsilon_r \quad (8.3)$$

$$\sigma = F / A \quad (8.4)$$

Burada;

ε_p : Sürekli eksenel birim deformasyon

ε_r : Elastik eksenel birim deformasyon

E_r : Elastik modül

G : İlk numune boyu

L₁ : Yatay yük yüklemeksizin transların ilk "0" referans deplasmanları

L_{2_n} : N adet puls için transların maximum deplasmanı

L_{3_n} : N+1 adet yüklenmiş puls için son deplasmanı

σ : Düşey pik gerilme

F : Düşey pik kuvvet

A : Numunenin boyca alanı



Şekil 4.5. Creep deney'i kullanım ve kontrol ekranı



Şekil 4.10. Creep deney'i sonuç gösterimi

5.DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölüm altında, katkı maddesi olarak kullanılması düşünülen diatomit'in direkt olarak asfalt karışımının içerisine (No 200'den geçirilmiş hali ile) belirli yüzdelerde (%1,0, %1,5, %2,0, %2,5, %3,0) katılması ile elde edilen Marshall numunelerine, daha önceki bölümlerde belirtilen deneyler uygulanmış ve deney sonuçları hem tablolar hem de grafiksel olarak değerlendirilmiştir.

Burada amaç, ilk defa asfalt katkı maddesi olarak kullanım imkanları araştırılan diatomit'in, asfalt ve karışım içerisinde davranışının incelenmesidir. Asfalt katkı maddesi olarak kullanılan diatomit, daha önceki bölümlerde ele alındığı gibi, asfaltın fiziksel özellikleri üzerindeki olumlu etkileri görüldüğünden, karışım içerisinde katkı olarak kullanılmıştır. Karışım içerisinde filler gibi (fillerle beraber) kullanıldığında Marshall stabilitesinde etkili olmakta ve stabilitenin yüksek değerlere ulaşmasına katkıda bulunmaktadır. Bununla birlikte elastik modül değerlerinin de katkılı karışımlarda daha yüksek sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Katkı olarak kullanılan diatomit yüzdeleri, karışım içerisindeki diatomit miktarının agrega + diatomit miktarına bölümü ile elde edilen yüzdelerdir. Örneğin % 2'lik bir oran 1100 gr (diatomit + agrega) karışımının içerisinde 22 gr diatomit olduğunu göstermektedir. Bu durum asfalt oranı için de aynı olup, çizelgelerde her bir asfalt yüzdesi ve diatomit yüzdesi için, kaç gr gram diatomit ve asfalt kullanıldığı gösterilmiştir.

Bu tez çalışması içerisinde yer alan tüm bölümler göz önüne alındığında, üstyapı kaplama problemleri ve bu problemlere sebep olan olaylar ve bunların çözümü için yapılan çalışmalar irdelenmeye çalışılmıştır. Bu çalışma yapılırken, öncelikle ana asfalt kaplama problemlerini kısmen veya tamamen

önleyebilecek katkı maddelerinin vermiş olduğu sonuçlar ele alınmış ve son aşamada da, ülkemizde çok bol kaynaklara sahip olunan diatomit'in, bitümlü karışımların bazı özelliklerini nasıl değiştirdiği gözlenmiştir.

Bu amaçla, henüz üniversitemizin laboratuvarlarında yeni yeni kullanılmaya başlanan "Asfalt Tester" deney cihazıyla yapılabilmekte olan ve bu tez çalışması içerisinde kullanılan deney yöntemleri açıklanmıştır.

Yapılan tüm deneyler de, Gazi Üniversitesi Ulaştırma Laboratuvarında bulunan ve bir kısmı yeni gelmiş olan deney düzenekleri kullanılmıştır. Bu düzeneklerin hazırlanması ve doğru sonuçların alınabilmesi için, kalibrasyonlarının yapılması ve de yapılan çalışmaların güvenilir olması için çok titiz ve detaylı çalışılması zorunluluğu hasıl olmuştur. Daha önce, diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve diatomitin asfalt üstyapı katkı maddesi olarak kullanımı için olumsuz herhangi bir veriye ulaşılmamıştır. Bunun üzerine diatomit katkılı karışımlara daha önceki bölümlerde anlatılmaya çalışılan deneyler tatbik edilmiştir.

Ayrıca deneyler sırasında kullanılan deney setlerini gösterir resimler de bu bölüm altında verilmiştir. Şekil 5.1 Marshall numunelerinde kullanılacak olan agregaların kullanılması düşünülen boyutlarda ayrılmış halini göstermektedir.



Şekil 5.1 Ayrılmış agregaların depolanması

Şekil 5.2 ve 5.3 kullanılan diatomitin saf halini (doğada bulunduğu haliyle) ve 200 no'lu elekten geçirilip kullanıma hazır hale getirilmiş durumunu göstermektedir.



Şekil 5.2 diatomit'in doğal hali



Şekil 5.3 200 no'lu elekten geçirilen diatomit

Şekil 5.4'de ise Marshall numunelerinin dökümü için hazırlanmış (elenip, tartılmış) numune örnekleri gösterilmektedir. Şekil 5.5'de ise asfalt katılmış ve kalıptan çıkartılmış numuneler görülmektedir.



Şekil 5.4 Elenmiş ve tartılmış döküme hazır numune örnekleri



Şekil 5.5 Kalıptan çıkarılmış numuneler

Şekil 5.6'da ise Marshall stabilite değerlerinin alındığı Marshall deney cihazı ve yazıcısı görülmektedir. Şekil 5.7 ise Marshall sıkıştırıcısı (kompaktör) görüntülenmiştir.



Şekil 5.6 Marshall deney cihazı ve yazıcısı



Şekil 5.7 Marshall sıkıştırıcı (kompaktör)

Şekil 5.8’de “Asfalt Tester” deney cihazının (bilgisayar kontrol mekanizması ile birlikte) genel durumu gösterilmiştir.



Şekil 5.8 “Asfalt Tester” deney cihazının genel görünümü

5.1. Marshall Numunelerin Hazırlanması

5.1.1. Kullanılan malzemeler

Marshall numuneleri hazırlanırken, sadece bir tek bir ocaktan alınan agrega kullanılmıştır. Alacaatlı ocağından temin edilen agregaya ait kimyasal bilgiler çizelge 5.1’de verilmiştir. Çizelgedeki değerler, K.G.M. Araştırma Dairesince yapılan deneyler sonrasında elde edilmiş olan verilerdir.

Çizelge 5.1 Alacaatlı agregasının kimyasal özellikleri

PH	8,80
Silikon dioksit, SiO ₂ , %	2,60
R ₂ O ₃ (Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃)	0,15
Demir oksit, Fe ₂ O ₃	0,00
Sülfür Trioksit, SO ₃	0,04
Alüminyum oksit, Al ₂ O ₃	0,15
Kalsiyum oksit, CaO	50,95
Magnezyum oksit, MgO	5,00

Deneylerde kullanılan asfalt çimentosunun özellikleri ise K.G.M. laboratuvarlarında deney edilmiş ve Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Asfalt fiziksel özellikleri

Penetrasyon (100gr,5 sn., 25 ⁰ C), 0,1 mm	75
Düktilite (25 ⁰ C, 5 cm/dak), cm	100+
Trikloretilen İçerisindeki çözünürlük, %	99,7
Yumuşama noktası, ⁰ C	48,5
Parlama noktası, ⁰ C	260+
Isı kaybı	0,02
Spot deney	(-)
Özgül ağırlık	1,038

5.2. Kullanılan Malzeme Deneyleri

Deneylerde, daha önce de bahsedildiği gibi, Alacaatlı agregası ve Aliğa rafinerisinden alınan AC-60/70 kullanılmıştır. Her malzemenin karakterini incelemek için standart deneyler kullanılmış ve sonuçlar her bir malzeme için aşağıda verilmiştir.

5.2.1. Bitümlü bağlayıcı deneyleri

Asfalt için her deney, o deneye ait standartlar kullanılarak uygulanmış ve tablo 5.3 de kullanılan kodlarla birlikte verilmiştir. Kullanılan asfalt karakterlerinin tümü, deneyleri yapmak için uygun görülmüştür.

Tablo 5.3. 60/70 Penetrasyonlu asfalt çimentosu özellikleri

DENEYLER	STANDARTLAR	SONUÇLAR
PENETRASYON, 25 ⁰ C, 100gr, 5 sn., 0,1 mm	ASTM D 5-73	75
PENETRASYON, 4 ⁰ C, 200gr, 60sn., 0,1mm	ASTM D 5-73	25
PENETRASYON ORANI	ASTM D 5-73	33,3
DÜKTİLİTE, cm.	ASTM D 113-79	100+
ISI KAYBINDAN SONRA DÜKTİLİTE, cm	ASTN D 113-79	100+
TRİKLORETİLEN İÇİNDEKİ ÇÖZÜNÜRLÜK, %	ASTM D 2042-76	99,7
YUMUŞAMA NOKTASI, ⁰ C	ASTM D 36-76	48,5
PARLAMA NOKTASI, ⁰ C	ASTM D 92-78	260+
ISI KAYBI, %	ASTM D 1754-78	0,02
İNCE FİLM DENEYİNDEN SONRAKİ PENETRASYON, 25 ⁰ C, 100gr, 5sn.	ASTM D 5-73	61
VİSKOSİTE, 135 ⁰ C, cSt	ASTM D 2170-85	166,97

5.2.2. Agregada deneyleri ve gradasyonları

Agregaya uygulanan Los Angeles aşınma deneyinin sonucu % 20.1 olarak bulunmuştur. K.G.M. standartlarında belirtilen maksimum kayıp limiti kaplama (Wearing) katmanını için % 30 olarak verilmiştir. Elde edilen % 20,1'lik sonuç bu açıdan yeterli bulunmuştur.

Agregaların sodyum sülfat dayanımı ölçülmüş ve bu değer % 1.21 olarak bulunmuştur. Alacaatlı agregalarının kimyasal özellikleri çizelge 5.1 de verilmiştir. Alacaatlı ocağından 3 değişik örnek alınarak, bu 3 değişik örnek karşılaştırılmıştır ve K.G.M standartlarına göre kaplama katmanına göre taban ve tavan limitleri karşılaştırılmıştır. Bundan sonra her elek grubu için ve gradasyon için tolerans limitleri hesaplanmıştır. K.G.M. taban ve tavan limitleri, dizayn gradasyonları ve bunların tolerans limitleri çizelge 5.4 de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Dizayn gradasyon limitleri

	TOLERANS
4 NO'LU ELEKTENGEÇEN VE ÜSTÜ	μ % 5
10 - 80 NO'LU ELEKTEN GEÇEN	μ % 4
200 NO'LU ELEKTEN GEÇEN	μ % 2

Karışım dizaynlarına karar verildikten sonra, agregada elek numaralarına göre ayrılır ve bundan sonra karışım oranlarına göre Marshall örnekleri hazırlamak için biraraya getirilirler. Alacaatlı agregalarının birleştirilmiş (karıştırılmış) gradasyonu çizelge 5.5'de verilmiştir.

Çizelge 5.5 Aşınma tabakası tip 2 için seçilen gradasyon

AŞINMA TABAKASI TİP2					
Mm	İnç	TİP2	% SEÇİLEN	% GEÇEN	% KALAN
19,0	¾	100	100	100	0
12,5	½	77-100	89	89	11
5,5	3/8	66-84	75	75	14
4,8	#4	46-66	56	56	19
2,0	#10	30-50	40	40	16
0,425	#40	12-28	20	20	20
0,177	#80	7-18	13	13	7
0,075	#200	4-10	7	7	6
	PATH	..	..	..	7

Bir agreganın özgül ağırlığı; malzemenin havada 1 birim hacimdeki ağırlığının, aynı şartlarda 25 °C'da 1 birim suyun ağırlığına oranıdır. Agregalarda 3 çeşit özgül ağırlık vardır. Bunlar;

- a) Görünen özgül ağırlık, Gsa
- b) Boşluklu özgül ağırlık, Gsb
- c) Etkin özgül ağırlık, Gse

Genel olarak, boşluklu özgül ağırlıkla, görünen özgül ağırlığın ortalaması yaklaşık olarak etkin özgül ağırlığa eşittir.

Yapılan çalışmalardan sonra, Alacaatlı agregaları için elde edilen sonuçlar şu şekildedir. İri agregalar için görünen özgül ağırlık 2,707 g/cm³, boşluklu özgül ağırlık 2,608 g/cm³ olarak hesaplanmıştır. İnce agregalar için görünen özgül ağırlık 2,716g/cm³, boşluklu özgül ağırlık 2,667 g/cm³, olarak bulunmuş, filler için ise görünen özgül ağırlık 2,716 g/cm³ olarak tesbit edilmiştir. Harmanlanmış agregası için görünen özgül ağırlık 2,702 g/cm³, boşluklu özgül ağırlık ise 2,675 g/cm³ tür. Harmanlanmış etkin özgül ağırlık 2,690 g/cm³ olarak bulunmuştur.

5.3. Marshall Dizaynı

Marshall yöntemi, penetrasyonu ölçülmüş asfalt çimentosuna ve maksimum agrega boyutu 25 mm veya 25 mm den az olan sıcak asfalt karışımlara uygulanabilir. Bu çalışmalarda da asfalt karışımların dizaynı için bu method seçilmiştir. Bu method ile hazırlanmış numunelere, ayrıca Asfalt deney cihazında mevcut bulunan deney işlemleride uygulanabildiği için numuneler Marshall deney yöntemine koşullarına göre hazırlanmışlardır.

Deney örneklerinin stabiliteesi, 60 °C lik suda 30-40 dakika bekletilmiş örneklerin, 2 inç/dak yükleme hızında maksimum yüke dayanımıdır ve kg cinsindendir. Akış değeri ise yük uygulamadan veya maksimum yükleme arasında 0,25 mm toplam düşey yerdeğiştirme değeridir. Deney sonucunda;

- 1) Stabilite-asfalt miktarı ilişkisi
 - 2) Akma-asfalt miktarı ilişkisi
 - 3) Karışımın toplam birim ağırlığı-asfalt miktarı ilişkisi
 - 4) Boşluk yüzdesi-asfalt miktarı ilişkisi
 - 5) Bitümle dolu boşluk yüzdesi-asfalt miktarı ilişkisi
 - 6) Mineral agregadaki boşluk yüzdesi-asfalt miktarı ilişkisi
- değerleri grafiksel olarak verilmektedir. Bu grafiklerden elde edilen sonuçlara göre optimum asfalt yüzdesi tayin edilmekte ve bu değere göre;
- a) Maksimum stabilite
 - b) Maksimum boşluklu özgül ağırlık
 - c) Boşluk yüzdesi
 - d) Asfaltla dolu boşluk miktarı
- 'larına karar verilmektedir.

Çizelge 5.6. %1,0 Diatomit % 6,5 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : % 6,5			
KATILACAK ASFALT MİKTARI : 76,5 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %1			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(G r)
¾	93,5	0,0	0,0
½	83,2	10,3	121,2
3/8	70,1	13,1	275,3
#4	52,4	17,8	484,7
#10	37,4	15,0	661,2
#40	18,7	18,7	881,2
#80	12,2	6,5	957,7
#200	6,5	5,6	1023,6
DİATOMİT	„	0,9	1034,2
FİLLER	„	5,6	1100,0
ASFALT YÜZDESİ : % 6,5			
KATILACAK ASFALT MİKTARI : 76,5 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %2			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(G r)
¾	93,5	0,0	0,0
½	83,2	10,3	121,2
3/8	70,1	13,1	275,3
#4	52,4	17,8	484,7
#10	37,4	15,0	661,2
#40	18,7	18,7	881,2
#80	12,2	6,5	957,7
#200	6,5	5,6	1023,6
DİATOMİT	„	1,9	1045,9
FİLLER	„	4,6	1100,0
ASFALT	„	6,5	1176,5

Çizelge 5.8 % 2,5 Diatomit - %6,5 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : % 6,5			
KATILACAK ASFALT MİKTARI : 76,5 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %2,5			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
3/4	93,5	0,0	0,0
1/2	83,2	10,3	121,2
3/8	70,1	13,1	275,3
#4	52,4	17,8	484,7
#10	37,4	15,0	661,2
#40	18,7	18,7	881,2
#80	12,2	6,5	957,7
#200	6,5	5,6	1023,6
DİATOMİT	„	2,3	1050,7
FİLLER	„	4,2	1100,0
ASFALT	„	6,5	1176,5

Çizelge 5.9 % 3,0 Diatomit - % 6,5 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : % 6,5			
KATILACAK ASFALT MİKTARI : 76,5 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %3			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
3/4	93,5	0,0	0,0
1/2	83,2	10,3	121,2
3/8	70,1	13,1	275,3
#4	52,4	17,8	484,7
#10	37,4	15,0	661,2
#40	18,7	18,7	881,2
#80	12,2	6,5	957,7
#200	6,5	5,6	1023,6
DİATOMİT	„	2,8	1056,5
FİLLER	„	3,7	1100,0
ASFALT	„	6,5	1176,5

Çizelge 5.10 % 1,0 Diatomit - % 7,0 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : % 7			
KATILACAK ASFALT MİKTARI : 82.8 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %1			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
3/4	93,0	0,0	0,0
1/2	82,8	10,2	120,6
3/8	69,8	13,0	274,4
#4	52,1	17,7	483,8
#10	37,2	14,9	660,0
#40	18,6	18,6	880,0
#80	12,1	6,5	956,9
#200	6,5	5,6	1023,1
DİATOMİT	„	0,9	1033,7
FİLLER	„	5,6	1100,0
ASFALT	„	7,0	1182,8

Çizelge 5.11 % 2,0 Diatomit - % 7,0 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : % 7			
KATILACAK ASFALT MİKTARI :82.8 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %2			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
3/4	93,0	0,0	0,0
1/2	82,8	10,2	120,6
3/8	69,8	13,0	274,4
#4	52,1	17,7	483,8
#10	37,2	14,9	660,0
#40	18,6	18,6	880,0
#80	12,1	6,5	956,9
#200	6,5	5,6	1023,1
DİATOMİT	„	1,9	1045,6
FİLLER	„	4,6	1100,0
ASFALT	„	7,0	1182,8

Çizelge 5.12 % 2,5 Diatomit - % 7,0 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : %7			
KATILACAK ASFALT MİKTARI : 82,8 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %2,5			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
3/4	93,0	0,0	0,0
1/2	82,8	10,2	120,6
3/8	69,8	13,0	274,4
#4	52,1	17,7	483,8
#10	37,2	14,9	660,0
#40	18,6	18,6	880,0
#80	12,1	6,5	956,9
#200	6,5	5,6	1023,1
DİATOMİT	„	2,3	1050,3
FİLLER	„	4,2	1100,0
ASFALT	„	7,0	1182,8

Çizelge 5.13 % 3 Diatomit - % 7 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : %7			
KATILACAK ASFALT MİKTARI : 82,8 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %3			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
3/4	93,0	0,0	0,0
1/2	82,8	10,2	120,6
3/8	69,8	13,0	274,4
#4	52,1	17,7	483,8
#10	37,2	14,9	660,0
#40	18,6	18,6	880,0
#80	12,1	6,5	956,9
#200	6,5	5,6	1023,1
DİATOMİT	„	2,8	1056,2
FİLLER	„	3,7	1100,0
ASFALT	„	7,0	1182,8

Çizelge 5.14 % 1 Diatomit - % 7,0 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : %7,5			
KATILACAK ASFALT MİKTARI : 85.2 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %1			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
¾	92,5	0,0	0,0
½	82,3	10,2	121,3
3/8	69,4	13,0	275,9
#4	51,8	17,6	485,2
#10	37	14,8	661,2
#40	18,5	18,5	881,2
#80	12	6,5	958,5
#200	6,5	5,6	1025,1
DİATOMİT	„	0,9	1035,8
FİLLER	„	5,4	1100,0
ASFALT	„	7,5	1189,2

Çizelge 5.15 % 2 Diatomit - % 7,0 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : %7,5			
KATILACAK ASFALT MİKTARI :85.2 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %2			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
¾	92,5	0,0	0,0
1/2	82,3	10,2	121,3
3/8	69,4	13,0	275,9
#4	51,8	17,6	485,2
#10	37	14,8	661,2
#40	18,5	18,5	881,2
#80	12	6,5	958,5
#200	6,5	5,6	1025,1
DİATOMİT	„	1,8	1046,5
FİLLER	„	4,5	1100,0
ASFALT	„	7,5	1189,2

Çizelge 5.16 % 2,5 Diatomit - % 7,0 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : % 7,5			
KATILACAK ASFALT MİKTARI :85.2 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %2,5			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
3/4	92,5	0,0	0,0
1/2	82,3	10,2	121,3
3/8	69,4	13,0	275,9
#4	51,8	17,6	485,2
#10	37	14,8	661,2
#40	18,5	18,5	881,2
#80	12	6,5	958,5
#200	6,5	5,6	1025,1
DİATOMİT	„	2,2	1051,3
FİLLER	„	4,1	1100,0
ASFALT	„	7,5	1189,2

Çizelge 5.17 % 3 Diatomit - % 7,0 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : % 7,5			
KATILACAK ASFALT MİKTARI :85.2 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %3			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
3/4	92,5	0,0	0,0
1/2	82,3	10,2	121,3
3/8	69,4	13,0	275,9
#4	51,8	17,6	485,2
#10	37	14,8	661,2
#40	18,5	18,5	881,2
#80	12	6,5	958,5
#200	6,5	5,6	1025,1
DİATOMİT	„	2,7	1057,2
FİLLER	„	3,6	1100,0
ASFALT	„	7,5	1189,2

Çizelge 5.18 % 1 Diatomit - % 8 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : % 8			
KATILACAK ASFALT MİKTARI : 95.7 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %1			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
3/4	92	0,0	0,0
1/2	81,9	10,1	120,8
3/8	69	12,9	275,0
#4	51,5	17,5	484,2
#10	36,8	14,7	660,0
#40	18,4	18,4	880,0
#80	12	6,4	956,5
#200	6,4	5,5	1022,3
DİATOMİT	„	0,9	1033,1
FİLLER	„	5,6	1100,0
ASFALT	„	8,0	1195,7

Çizelge 5.19 % 2 Diatomit - % 8 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : % 8			
KATILACAK ASFALT MİKTARI : 95.7 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %2			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
¾	92	0,0	0,0
½	81,9	10,1	120,8
3/8	69	12,9	275,0
#4	51,5	17,5	484,2
#10	36,8	14,7	660,0
#40	18,4	18,4	880,0
#80	12	6,4	956,5
#200	6,4	5,5	1022,3
DİATOMİT	„	1,8	1043,8
FİLLER	„	4,7	1100,0
ASFALT	„	8,0	1195,7

Çizelge 5.20 % 2,5 Diatomit - % 8 asfalt

ASFALT YÜZDESİ : % 8			
KATILACAK ASFALT MİKTARI : 95.7 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %2,5			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
3/4	92	0,0	0,0
1/2	81,9	10,1	120,8
3/8	69	12,9	275,0
#4	51,5	17,5	484,2
#10	36,8	14,7	660,0
#40	18,4	18,4	880,0
#80	12	6,4	956,5
#200	6,4	5,5	1022,3
DİATOMİT	„	2,3	1049,8
FİLLER	„	4,2	1100,0
ASFALT	„	8,0	1195,7

Çizelge 5.21 % 3 Diatomit - % 8 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : % 8			
KATILACAK ASFALT MİKTARI : 95.7 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %3			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
3/4	92	0,0	0,0
1/2	81,9	10,1	120,8
3/8	69	12,9	275,0
#4	51,5	17,5	484,2
#10	36,8	14,7	660,0
#40	18,4	18,4	880,0
#80	12	6,4	956,5
#200	6,4	5,5	1022,3
DİATOMİT	„	2,8	1055,8
FİLLER	„	3,7	1100,0
ASFALT	„	8,0	1195,7

Çizelge 5.22 % 1 Diatomit - % 8,5 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : % 8,5			
KATILACAK ASFALT MİKTARI :102.2 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %1			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
3/4	91,5	0,0	0,0
1/2	81,4	10,1	121,4
3/8	68,6	12,8	275,3
#4	51,2	17,4	484,5
#10	36,6	14,6	660,0
#40	18,3	18,3	880,0
#80	11,9	6,4	956,9
#200	6,4	5,5	1023,0
DİATOMİT	„	0,9	1033,8
FİLLER	„	5,5	1100,0
ASFALT	„	8,5	1202,2

Çizelge 5.23 % 2 Diatomit - % 8,5 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : % 8,5			
KATILACAK ASFALT MİKTARI :102.2 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %2			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
3/4	91,5	0,0	0,0
1/2	81,4	10,1	121,4
3/8	68,6	12,8	275,3
#4	51,2	17,4	484,5
#10	36,6	14,6	660,0
#40	18,3	18,3	880,0
#80	11,9	6,4	956,9
#200	6,4	5,5	1023,0
DİATOMİT	„	1,8	1044,6
FİLLER	„	4,6	1100,0
ASFALT	„	8,5	1202,2

Çizelge 5.24 % 2,5 Asfalt - % 8,5 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : % 8,5			
KATILACAK ASFALT MİKTARI :102.2 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %2,5			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
¾	91,5	0,0	0,0
½	81,4	10,1	121,4
3/8	68,6	12,8	275,3
#4	51,2	17,4	484,5
#10	36,6	14,6	660,0
#40	18,3	18,3	880,0
#80	11,9	6,4	956,9
#200	6,4	5,5	1023,0
DİATOMİT	„	2,3	1050,7
FİLLER	„	4,1	1100,0
ASFALT	„	8,5	1202,2

Çizelge 5.25 % 3 Diatomit - % 8,5 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : % 8,5			
KATILACAK ASFALT MİKTARI :102.2 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %3			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
¾	91,5	0,0	0,0
½	81,4	10,1	121,4
3/8	68,6	12,8	275,3
#4	51,2	17,4	484,5
#10	36,6	14,6	660,0
#40	18,3	18,3	880,0
#80	11,9	6,4	956,9
#200	6,4	5,5	1023,0
DİATOMİT	„	2,7	1055,5
FİLLER	„	3,7	1100,0
ASFALT	„	8,5	1202,2

Çizelge 5.26 % 1 Diatomit - % 9 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : %9			
KATILACAK ASFALT MİKTARI :108.8 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %1			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
3/4	91	0,0	0,0
1/2	81	10,0	120,9
3/8	68,3	12,7	274,4
#4	51	17,3	483,5
#10	36,4	14,6	660,0
#40	18,2	18,2	880,0
#80	11,8	6,4	957,4
#200	6,4	5,5	1023,9
DİATOMİT	„	0,9	1034,8
FİLLER	„	5,4	1100,0
ASFALT	„	9,0	1208,8

Çizelge 5.27 % 2 Diatomit - % 9 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : % 9			
KATILACAK ASFALT MİKTARI :108.8 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %2			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
3/4	91	0,0	0,0
1/2	81	10,0	120,9
3/8	68,3	12,7	274,4
#4	51	17,3	483,5
#10	36,4	14,6	660,0
#40	18,2	18,2	880,0
#80	11,8	6,4	957,4
#200	6,4	5,5	1023,9
DİATOMİT	„	1,8	1045,7
FİLLER	„	4,5	1100,0
ASFALT	„	9,0	1208,8

Çizelge 5.28 % 2,5 Diatomit - % 9 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : % 9			
KATILACAK ASFALT MİKTARI :108.8 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %2,5			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
3/4	91	0,0	0,0
1/2	81	10,0	120,9
3/8	68,3	12,7	274,4
#4	51	17,3	483,5
#10	36,4	14,6	660,0
#40	18,2	18,2	880,0
#80	11,8	6,4	957,4
#200	6,4	5,5	1023,9
DİATOMİT	„	2,3	1051,7
FİLLER	„	4,0	1100,0
ASFALT	„	9,0	1208,8

Çizelge 5.29 %3 Diatomit - % 9 Asfalt

ASFALT YÜZDESİ : % 9			
KATILACAK ASFALT MİKTARI :108.8 Gr			
DİATOMİT YÜZDESİ : %3			
ELEK	%GEÇEN	% KALAN	TOPLAM(Gr)
3/4	91	0,0	0,0
1/2	81	10,0	120,9
3/8	68,3	12,7	274,4
#4	51	17,3	483,5
#10	36,4	14,6	660,0
#40	18,2	18,2	880,0
#80	11,8	6,4	957,4
#200	6,4	5,5	1023,9
DİATOMİT	„	2,7	1056,5
FİLLER	„	3,6	1100,0
ASFALT	„	9,0	1208,8

Diatomitin kendi yapısı göz önüne alındığında, ve fillerle beraber belirli oranlarda asfalt karışımın içerisine katıldığında, yüzey alanının çok büyük

olması sebebiyle daha fazla asfalta ihtiyaç duyması kaçınılmaz olmaktadır. Deneylere tabi tutulan numunelerin asfalt yüzdelерinin, normal aşınma tabakasında kullanılan asfalt yüzdelерine göre yüksek olmasının nedeni bu sebebin bir sonucudur.

5.3.1. Marshall numunelerinden elde edilen sonuçlar

5.3.1.1. Diatomit oranı - Marshall stabilitesi ilişkisi

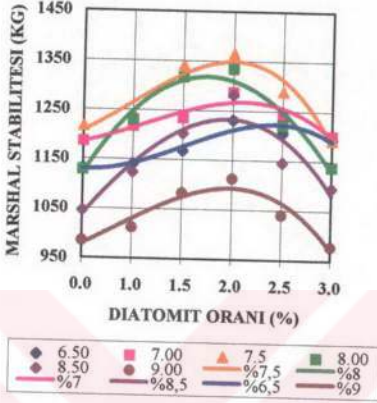
Marshall karışım deneyi için ayrılmış olan, diatomit katkılı ve katkısız deney numunelerine uygulanan deneyler sonucunda çizelge 5.30'daki sonuçlara ulaşılmıştır. Tabloda gösterilen sonuçlara, her bir asfalt ve diatomit yüzdesi için hazırlanan 5 adet deney numunesinden elde edilen verilerin ortalaması alınarak ulaşılmıştır.

Çizelge 5.30 Diatomit Katkılı ve katkısız marshall stabilite değerleri

Diatomit %	Asfalt %	6,5	7,0	7,0	8,0	8,5	9,0
Katkısız	Marshall stb.	1132	1185	1216	1128	1046	985
% 1	Marshall stb.	1140	1216	1240	1230	1124	1012
% 1,0	Marshall stb.	1168	1234	1340	1316	1203	1083
% 2	Marshall stb.	1231	1287	1364	1334	1282	1113
% 2,5	Marshall stb.	1206	1241	1289	1221	1147	1041
% 3	Marshall stb.	1194	1201	1192	1138	1096	987

Çizelge 5.30'da gösterilmiş olan stabilite değerleri ve diatomit katkılı ve katkısız asfalt yüzdelерine ait grafikler ise topluca şekil 5.9'da verilmiştir. Şekil 5.9 Diatomit oranı - Marshall stabilite değerlerini içermektedir.

DIATOMİT ORANI-MARSHAL STABİLİTESİ İLİSKİSİ



$$MS_{6,5} = -26x^3 + 109,62x^2 - 75,5x + 1131,6$$

$$R^2 = 0,9003$$

$$MS_7 = -24,145x^3 + 84,128x^2 - 30,989x + 1184,8$$

$$R^2 = 0,8717$$

$$MS_{7,5} = -49,797x^3 + 170,18x^2 - 72,687x + 1212,9$$

$$R^2 = 0,9182$$

$$MS_8 = -28,754x^3 + 51,963x^2 + 103,14x + 1124,6$$

$$R^2 = 0,9219$$

$$MS_{8,5} = -39,304x^3 + 114,01x^2 + 23,888x + 1042,6$$

$$R^2 = 0,8273$$

Şekil 5.9 Diatomit oranı - Marshall stabilitesi ilişkisi

Grafiklerden de görüleceği üzere en yüksek stabiliteye % 7,0 asfalt ve % 2 diatomit katkısında ulaşılmıştır. Her bir grafik, noktalara en uygun yumuşatılmış eğriler (poliminal 3 geçirilerek elde edilen) geçirilerek düzenlenmiştir. Düzeltilen eğrilerin formülleri de grafik üzerinde gösterilmiştir. Grafiklerden elde edilen sonuçları ise şu şekilde irdelenebilir.

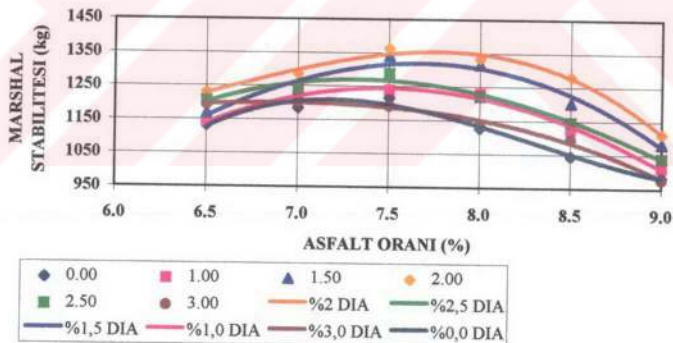
- 1- En yüksek stabilite değerine 7,0 asfalt yüzdesinde ve % 2 diatomit katkısında ulaşılmaktadır.
- 2- Her bir asfalt yüzdesinde, katkı maddesi olarak kullanılan diatomit yüzdesi artırıldıkça bir maksimum noktaya ulaşıldıktan sonra belirli düşüşler olmaktadır.
- 3- Aynı şekilde, asfalt yüzdesi 7,0 da maksimum değerine ulaşan stabilite, asfalt miktarı artırıldıkça düşmektedir.

- 4- Katkısız olarak dizayn edilmiş numuneler üzerinden elde edilen stabilite değerleri, tüm diatomit katkılı karışımlardaki stabilite değerlerinden daha düşüktür. Kısaca, diatomit katkılı karışımlar stabilitenin artmasını sağlayan bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır

5.3.1.2. Asfalt oranı - Marshall stabilitesi ilişkisi

Şekil 5.10'da görüleceği üzere, karışım içerisindeki asfalt oranı % 7,0 ile -% 8 arasında bir değerde iken, en yüksek stabilite değerine, % 2 diatomit oranında ulaşılmaktadır. Marshall stabilitesi değerleri, asfalt yüzdesinin bir fonksiyonu olarak, % 7,0 ile % 8,0 arasında bir değerde maksimuma ulaşırken, bu yüzdelere sonra, stabilitede belirli, gözle görülür bir düşüş gözlenmektedir.

ASFALT ORANI-MARSHALL STABILİTESİ İLİSKİSİ



Şekil 5.10 Asfalt oranı - Marshall stabilitesi ilişkisi

9.3.1.3. Diatomit oranı - elastik modül ilişkisi

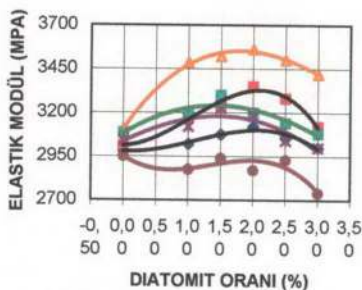
Çizelge 5.31’de Diatomit oranı ile elastik modül değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.31 Diatomit Katkılı ve katkısız Elastik modül değerleri

Diatomit %	Asfalt %	6,5	7,0	7,0	8,0	8,5	9,0
Katkısız	elastik modül	2980	3010	3359	3085	3040	2950
% 1	elastik modül	3020	3170	3484	3185	3120	2875
% 1,0	elastik modül	3076	3240	3521	3300	3225	2940
% 2	elastik modül	3120	3350	3563	3200	3180	2870
% 2,5	elastik modül	3055	3280	3507	3140	3040	2930
% 3	elastik modül	2935	3120	3140	3080	3001	2740

Şekil 911 göstermektedir ki, Diatomit oranı, her asfalt yüzdesi için, belirli bir orana geldiğinde (ki bu çoğunlukla %2 civarında) elastik modül değeri pik noktaya ulaşmaktadır. Bu pik noktadan sonra, karışım içerisindeki diatomit oranı artırıldığında, elastik modül değerlerinde çeşitli oranlarda düşmeler gözlenmektedir. En düşük elastik modül değerlerine, % 9,0 asfalt yüzdesine sahip karışımlarda rastlanmıştır, daha sonra % 6,5 asfalt karışımında endüşük ikinci elastik modül değeri elde edilmiştir. Aradaki asfalt yüzdeleri ise yaklaşık olarak diğer elastik modül değerlerinden ayrılarak birbirlerine yakın değerler elde edilmiştir.

DIATOMİT ORANI-ELASTİK MODÜL İLİSKİSİ



$$E_{6.5} = -32,406x^3 + 106,59x^2 - 23,482x + 2978,3$$

$$R^2 = 0,9102$$

$$E_7 = -64,638x^3 + 201,82x^2 + 11,936x + 3010,8$$

$$R^2 = 0,9798$$

$$E_{7.5} = 15,101x^3 - 191,53x^2 + 543,73x + 3106,1$$

$$R^2 = 0,9945$$

$$E_8 = 2,8986x^3 - 85,901x^2 + 228,34x + 3080$$

$$R^2 = 0,821$$

$$E_{8.5} = -6,087x^3 - 48,799x^2 + 183,48x + 3033,8$$

$$R^2 = 0,8073$$

$$E_9 = -56,957x^3 + 230,35x^2 - 244,95x + 2950,7$$

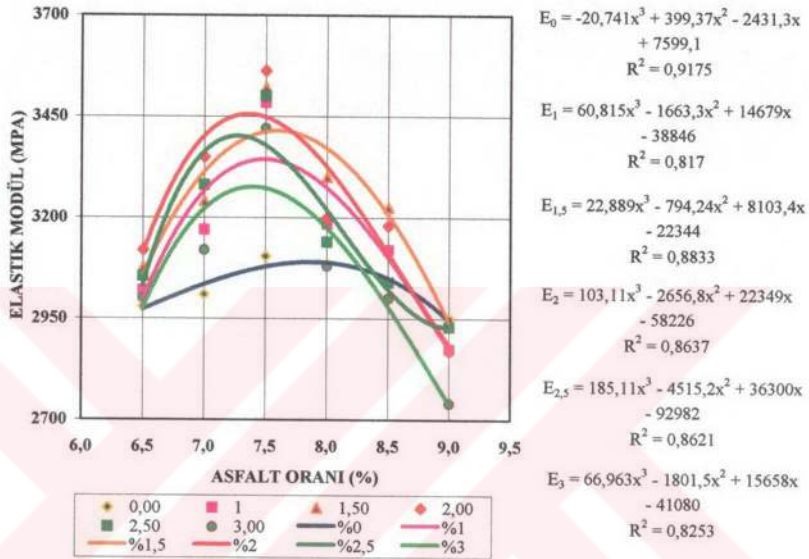
$$R^2 = 0,8028$$

Şekil 5.11 Diatomit oranı - Elastik modül ilişkisi

5.3.1.4. Asfalt oranı - elastik modül ilişkisi

Şekil 5.12 Asfalt oranı - elastik modül ilişkisini grafiksel olarak göstermektedir. Grafik incelendiğinde, en yüksek elastik modül değerine, % 2 katlı diatomit karışımlarında rastlanmıştır. % 2 diatomit karışımlar, 7,0 ile 7,0 asfalt yüzdeleri arasında pik elastik modül değeri sağlamıştır. En düşük elastik modül değeri ise % 3 diatomit katkısı kullanıldığında elde edilmiştir.

ASFALT ORANI-ELASTİK MODÜL İLİSKİSİ



Şekil 5.12 Asfalt oranı - Elastik modül ilişkisi

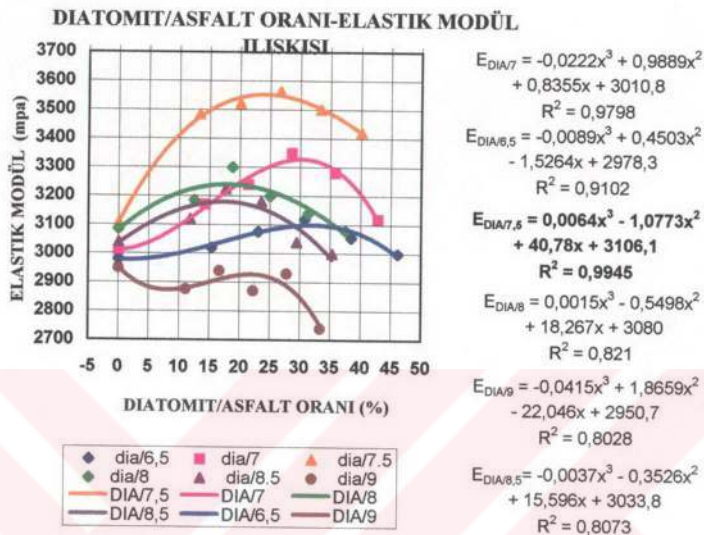
5.3.1.5. Diatomit-asfalt yüzdesi oranı - elastik modül ilişkisi

Daha önceden yapılmış olan çalışmalar göstermiştir ki, Karışım içerisindeki Filler - Bitüm oranı arasındaki ilişki marshall stabilite değerleri üzerinde etkili olmaktadır. Bu konu üzerinde yapılan çalışmalarda; Filler/bitüm oranı arttıkça viskositenin arttığı anlaşılmıştır. Ayrıca, karışıma filler eklendikçe, yüzey alanının artması sebebiyle, gerekli olan bitüm miktarında artmaktadır. Bu durum, karışıma diatomit katılmasıyla daha belirgin hale gelmektedir. Karışım

içerisinde hem diatomitin hemde fillerin katılması (belirli oranlarda) durumunda asfalt miktarının da artması kaçınılmaz olmaktadır.

Fazla filler muhteva eden karışımlar plastik davranış göstermektedirler. Filler kullanımıyla ısı hassasiyetini düşürmek mümkün olmakla beraber kuma olayı da belirli bir noktaya kadar engellenebilmektedir. Bununla birlikte, filler - bitüm oranı arttığında yumuşama noktası değerinde bir artış gözlenirse de bu durum işlenebilirliğin düşmesine sebebiyet verir. Dayanıklılık ve kırılma direnci açısından filler - bitüm oranı artışı olumlu gözükmeyle birlikte, bu oranın belirli bir sınırı geçmesi ters etki yaratmaktadır. Normal koşullar altında tercih edilen filler-bitüm oranı % 10-12 arasındadır. Şekil 5.13 diatomit- asfalt oranı ile elastik modül ilişkisini göstermektedir.

Grafik incelendiğinde, diğer grafiklerde de olduğu gibi, en yüksek elastik modül değerine % 2 diatomit katkılı karışımlarda ulaşılmaktadır. En düşük elastik modül değerine ise % 9 asfalt yüzdesinde ulaşılmaktadır.



Şekil 5.13 Diatomit /asfalt oranı - elastik modül ilişkisi

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Sonuç

Türkiyede, ulaşım sektörü içerisindeki en büyük yükü karayolları karşılamaktadır. Gerek yük taşımacılığında, gerekse yolcu taşımacılığında en büyük payı yüklenen karayollarımızın esnek üstyapılarında meydana gelen bozulmaların çok çeşitli sebeplerinin olduğu ve bunların engellenmesi veya sürelerinin uzun bir vadeye yayılmasının bir zorunluluk olduğu anlaşılmıştır.

Esnek üstyapı performansını saptamak amacıyla birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler birbirinden farklı yaklaşımlarla sonuca gitmişlerdir. Örneğin, Marshall metodu ile standartlara uygun halde dökülmüş olan deney numunelerinden, Marshall metodunda olduğu gibi stabilize, indirekt çekme, yorulma (fatigue) ve sünme (creep) deneylerinde olduğu gibi elastik modül değerleri elde edilerek, bir mukayese imkanı ve değerlendirme yapma olanağı sağlanmıştır. Bu yaklaşımların birbirleri ile bağlantı kurulabilecek ortak yönlerinin de olduğu ve bu ortak yönlerin iyi irdelenerek, birinden elde edilen sonuçların diğerindeki karşılığının ortaya çıkarılması gerekmektedir.

Esnek üstyapı problemlerinden bazılarına çözüm olabileceği düşünülen ve katkı maddesi olarak kullanım imkanları araştırılan “diatomit” için bir ön çalışma yapılmış, gerek fiziksel gerekse kimyasal özellikleri incelenerek, bitümlü bağlayıcılar ve bitümlü sıcak karışımlar içerisinde katkı olarak kullanıldığında ne sonuçlar vereceği araştırılmıştır. Bu amaçla, hazırlanmış olan numuneler, karşılaştırma olanağı vermesi için, diatomit katkılı ve hiç bir katkı kullanılmaksızın standartlara uygun olarak dökülmüşlerdir. Marshall standartlarına uygun olarak dökülmüş olan 400 numune gruplara ayrılarak, her bir grub’a ait numunelere Marshall deney’i, İndirekt çekme modülü deney’i, Yorulma (fatigue) deney’i, ve Sünme (creep) deney’i, uygulanmış, bu deney

yöntemlerinden sadece Marshall stabilitesi ve elastik modül değerleri dikkate alınarak bir sonuç elde edilmeye çalışılmıştır. Diğer deneylerden (yorulma ve sünme) elde edilen sonuçlar çok sağlıklı bulunmadığı için (deney set'inin çok yeni olması ve yapılması düşünülen çalışmaların çok uzun bir süreyi gerektirmesi sebebiyle) bu değerlendirmenin dışında tutulmuştur.

Bu deneylere tabi tutulacak numuneler %6,5, %7,0, %7,5, %8,0, %8,5, %9,0 asfalt oranları içerisinde (örneğin, %6,5 asfalt yüzdesi, 1100gr agreg + diatomit'in içerisindeki asfalt miktarının 76,5 gr olduğunu göstermektedir) %1,0, %1,5, %2,0, %2,5, %3,0 oranlarında (örneğin, %1'lik diatomit yüzdesi 1100 gr diatomit + agreg içerisindeki diatomit miktarının 1.1.gr olduğunu göstermektedir) diatomit katkısı kullanılarak hazırlanmışlardır. Karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla tek tip gradasyon (aşınma tabakası tip 2) ve bağlayıcı olarak da AC 60/70 asfalt kullanılmış ve en uygun karışımlar Marshall dizayn metodu ile tesbit edilmiştir. Bu karışımlardan elde edilen numuneler üzerinde uygulanan indirekt çekme modülü deney'inde, poisson oranı 0,40 olarak alınmış, yük vuruş periyodu 3000 ms olarak seçilmiş, ve yükleme süresi 80 ms olarak belirlenmiş ve 3000 N sabit yük altında sonuca gidilmiştir.

Yukarıda özetlenen çalışmalar neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- 1) Çeşitli katkı maddeleri (Sülfür, antioksidanlar, polimerler, plastik, kauçuk, göl asfaltı, vb.) için yapılan çalışmalar incelenmiş, bitümlü sıcak karışımların performansı üzerindeki etkileri araştırılmış ve katkıların kullanımının yaralı olduğu görülmüştür. Her bir katkı maddesinin, birbirinden farklı sorunlara değişik faydalar sağladığı anlaşılmış olmakla beraber, kullanım imkanları göz önüne alındığında kimi zaman başka problemleri de (işlenebilirlik, ekonomik olmaması vb.) beraberinde getirdiği ortaya çıkmıştır. Örnek vermek gerekirse, bazı katkı maddeleri (polistiren ve etilen vinil asetat gibi), yol üstyapıda çeşitli sebeplerden dolayı meydana

gelen deformasyona karşı direncin artımına, karışımın işlenebilirliğini geliştirmeye katkı sağlarken, bazıları da (SBS, stiren-bütadien-stiren) sıcaklık duyarlılıklarına karşı etkili olmakta ve karışım mukavemetinin artırılmasında fayda sağlamaktadır. K.G.M.araştırma dairesince deney edilen göl asfaltları ise geçirimsizliliği artırmakta, deformasyona, kayma direncine, yorulma ve tüm yapım sağlamlığına etki etmektedir.

2) İlk olarak bu çalışmanın içerisinde yer alan, asfalt içerisinde ve bitümlü sıcak karışımlar içerisinde katkı maddesi olarak kullanılan Diatomit'in fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiş, asfalt içerisine katılarak penetrasyon ve yumuşama noktası deneyleri uygulanmış, filler ile mukayese edilmiş, sonuçlar tablolar ve grafikler çizilerek verilmiştir. Bu deneyler neticesinde görülmüştür ki, asfalt içerisine katıldığında (%5,10,15,20) aynı orandaki fillere göre katkı oranı %15'e kadar aynı sonuçlar elde edilmiş %15'ten sonra ise penetrasyon ve yumuşama noktasında daha uygun sonuçlara ulaşılmıştır. Bitümlü sıcak karışım içerisinde kullanıldığında, (%1,0, %1,5, %2,0, %2,5, %3,0 oranlarında ve 6,5, 7,0, 7,5, 8,0, 8,5, 9,0 asfalt yüzdelerinde) Marshall stabilite ile indirekt çekme modülü değerleri arasında bir uyum olduğu, stabilite ve elastik modül değerlerinin %7,5 asfalt yüzdesi ve %2 diatomit katkısında en yüksek sonuçları verdiği ve bu değerlerden sonra asfalt ve diatomit oranları arttıkça stabilite ile elastik modül değerlerinde düşmelerin olduğu anlaşılmıştır. Elastik modül değerleri elde edilirken 25⁰C sıcaklık sabit kabul edilmiş ve sonuçlar bu sıcaklıkta irdelenerek Marshall stabilitesi ile bağlantısı grafiksel olarak değerlendirilmiştir.

3) Sıklıkla karşılaşılan üstyapı problemlerinden en önemlisi olan tekerlek izi oluşumunu önlemek amacıyla yapılan çalışmalardan birisi de Stone Mastik Asfalt (SMA) uygulamasıdır. SMA kullanarak , tekerlek izi oluşumunu önlemek gündeme geldiğinde, SMA'nın yapısı gereği filler oranının yüksek

olduğu ve yüksek kalitede filler temininde çeşitli güçlüklerle karşılaşıldığı da bir gerçektir. Bozulmaların, deformasyonlara karşı direnci yüksek olan SMA kullanımı ile önlenmesi düşüncesi, fillerle beraber diatomit'in de (filler boyutunda ve filler gibi) kullanımını, hem stabilitenin yükselmesi açısından hem de elastik modülün artımı gibi olumlu etkileri de beraberinde getirdiği için önemli olmaktadır.

- 4) Diatomit'in bitümlü sıcak karışımlar içerisinde kullanım imkanlarını ilk defa araştıran bu çalışma içerisinde olumlu sonuçlar elde edilmiş olması ve esnek üstyapının performansını artırıcı bir özelliğe sahip bulunması sebebiyle, çok zengin diatomit rezervlerine sahip olunan ülke kaynaklarının ekonomik ve faydalı bir alanda kullanılmasını sağladığı için ayrı bir önemi vardır.

Diatomit'in esnek üstyapı karışımlar içerisinde kullanımı ilk defa bu çalışma içerisinde yer almakta olup bu ve benzer maddeler üzerinde çalışmalar yapıldığında, yol üstyapısında meydana gelen bozulmalara çözüm olabilecek önerilerin ortaya çıkacağı görülmüştür.

6.2. Öneriler

Yapılan çalışmalar diatomit kullanımının elastik modül ve Marshall stabilite değerleri açısından faydalı olacağını göstermektedir. Ancak, katkı maddesi olarak kullanılan diatomit'in karışım davranışı üzerindeki etkilerini daha detaylı incelemek amacıyla halen üniversitelerimizde mevcut olan "Asfalt Deneyer" deney düzeneği içerisinde yer alan diğer deney'lerin de (yorulma ve sünme vb.) tatbik edilmesi ve özellikle asfalt kaplama ömrünü ne derece artırdığının üzerinde çalışılması gerekmektedir.

Adı geçen deneylerin daha sağlıklı sonuçlar verebilmesi amacıyla, deneylerde kullanılan numune sayılarının artırılması, deneylerin tavsiye edilen farklı

sıcaklıklarda (5, 25, 40 °C) tekrarlanması, farklı yük koşulları altındaki davranışlarının incelenmesi ve standart Marshall deney numune boyutlarına (10cm çap) ilaveten büyük boyutlarda da (15 cm) deneylerin uygulanarak, boyut etkisinin de araştırılmasının daha iyi sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

Yapılan çalışmalar, diatomit'in laboratuvar şartlarında değerlendirilmesi ile elde edilen verilerin incelenmesini içermektedir. Bu çalışmanın devamı olabilecek araştırmalarda bir deneme yolu yapılarak sonuçların bire bir görülmesi ve zengin yataklara sahip olunan diatomit'in kolay işlenebilirliği de göz önüne alınarak ekonomik bir şekilde değerlendirilmesi uygun olacaktır.



EK -1**ÜRGÜP**

Ürgüp yatağından toplam 5 örnek alınmıştır. U - 5 - 1 örneği diatomit olmayıp, yalnızca doğal özellikler için test edilmiştir.

Mikroskopi :

4 örneğin hepsi baskın bir şekilde tek bir tür olup epithemid dir. Nispeten düşük seviyelerde kirlenme göstermişlerdir. U - 5 - 1 örneği diatomit değildir.

Öğütme ve Klasifikasyon :

U - 5 - 1 hariç, tüm örnekler öğütme ve sınıflamaya normal cevap vermişlerdir. U - 5 - 1 çok yüksek seperatör fraksiyonu vermiştir.

Doğal Özellikleri :

Yukarda öğütme ve sınıflamadan kalan, siklon ve baghouse fraksiyonları doğal özellikler için karıştırılmışlardır.

Yaş Yoğunluğu :

U - 1 - 1' den U - 4 - 1' e kadar olan örnekler, 20.0 ve 21.3 lbs / ft³ arasında yaş yoğunluk verdiler. Bu değerler Batı Belisırma örneklerinden yüksek olmasına

rağmen, bunlar olumlu bulunmuştur. U - 5 - 1, 32 ıbs / ft³ lük bir yaş yoğunluk verdiğiinden daha ileri testlere kesin olarak gerek duyulmamıştır.

Yığın Kalsinasyonu :

Dört örnek, %4 soda külü ve 1800 f ta startard şartlarda, ya %5 soda külü ve 1900 f ta veya %6 soda külü ve 2000 f ta test edildiler. Önceden anlatıldığı gibi öğütüldüler, normal sonuçlar verdiler.

Kalsine Özellikleri :

Yukarıdaki öğütme testleri sonucu siklon fraksiyonu, özellikler için değerlendirildi.

Yaş Yoğunluk :

Tüm örnekler, 15,1 - 20,6 ıbs / ft³ arasında yaş yoğunluk verdiler. Bu flux kalsinasyona iyi bir göstergedir. Çünkü bu değerler, başlangıç malzemeleri yaş yoğunluklarından daha düşük değerlerdir.

PH:

Doğal malzemelerdeki yüksek PH, flux kalsinelerede yansiyarak 10,2 - 11,2 arasında çıktı. Bu yüksek değerler ise, normal olarak çoğu filtre uygulamalarında çözünme problemlerine işaret etmektedir.

Fotovolt Rengi :

En iyi mavi ışık parlaklığı B - 6 - 1 için 81.5 le karşılaştırıldığında U - 1 - 1 için 79.5 olarak elde edildi. Diğer üç örnek flux kalsinasyon için biraz olumlu olup, 63,5 ile 76,5 arasında parlaklık verdiler.

Alpharate :

4 örneğin tümü, hepside CELLİTE - 503 sınırlarında olan 91,8ve 117,4 arasında alpharate' ler verdiler. Bu sonuçlar U - 1 - 1' den U - 4 - 1' e kadar olan örneklerin hepsinin güzel yüksek akışlı filtre hızlarına işaret etmektedir.

Kimyasal Analizler :

Şekil - 4b, 4 Ürgüp örneği için yapılan kimyasal analizleri göstermektedir. Dört örneğin tümü %1,4 - 1,8 arasında düşük Al O içermektedirler, U - 1 - 1' in Fe O içeriği 1,7 olup oldukça iyidir. Fe O olarak, diğer üç örnekte bu oran 2,8 - 3,7 arasında olup oldukça yüksektir. 4 örneğin hepsi yüksek P O ve CaO içermektedirler. CaO içeriği 1,5 - 3,2 arasındadır ve karbonatların varlığına işaret etmektedir. P O değerleri 0,9 - 1,9 arasındadır.

DİĞER ÖZELLİKLER

Her yataktan seçilen örnekler arasında en ümit vadeci olanlar yararlıklarının daha iyi saptamak amacı ile ek testlere tabi tutuldular.

Çözünürlük :

İyi filtre malzemeleri için düşük çözünürlük birçok filtre özellikleriyanında önemli bir özelliktir. 70 C de, 4,7 ve 10 PH larda 1 saat sonucundaki çözünürlük performansı velirtmede kullanıldı. B - 6 - 1 ve I - 2 - 1 örnekleri en güzel düşük çözünürlüğü gösterdiler ve PH' a bakmaksızın tüm sonuçlar %0,24 - %0,44 arasında çıktı sonuçlar. B - 5 - 2 örneği PH=4 ve 7 iken çözünürlükte artış gösterdiler ve sonuclar %0,68 - %,83 arasında çıktı U - 1 - 1 örneği PH= 4 iken %3,75 ve PH= 7 iken %2,23 çözünürlükle değerlerinin yanında çok zayıf kaldı ve bu zayıf sonuclar muhtemelen alışılmamış bir şekilde yüksek olan 11,2 lik PH' indan kaynaklanmaktadır.

X - Ray :

Örneklerin kristal kompozisyon analizleri, çeşitli kirleticilerin varlığını onaylamaktadır Bu sonuclar esas değeri ise, hem flux ve hemde kalsine örneklerde umulan %1 quartz ve flux kalsine örneklerde %25 - %52 arası kristobalit (muhtemelen daha yüksek) varlığını göstermeleridir kristalleşmiş silis varlığı bu tiplerde diatomitte beklenmektedir.

Özgül Ağırlık :

Bu sonuclar, doğal ve flux kalsine diatomitlerde tipiktir.

Filtrasyon Karakteristikleri :

En iyi iltre örnekleri, B - 6 - 1 in flux kalsine ve U - 1 - 1 in doğal malzemeleridir ve daha çok gözenek boyutu dağılımı ile değerlendirilmektedir. Bunun için civa penetrometresi ve 0,1ft2 filtre yaprağı, sabit akış hızı aparatı kullanılmaktadır. Bu testler, karşıt CELLİTE 503 kullanılarak yapılmaktadır ve amaç performansı saptanmış bir ürünün sonuçlarını karşılaştırmaktır.

Grafik İki örneğin gözenek boyutu dağılımını CELLİTE 503 ile karşılaştırmaktadır. Küçük filtre kalıplarında yapılan testler, örneklerin bulanıklığını engelleyici gözenek boyutlarını karşılaştırmaktadır. CELLİTE 503 in ve U - 1 - 1 in orta boyları 8.7 mikron olup B - 6 - 1 ise 11.7 mikrondur.

Testler sabit akış hızlarında yapıldığından, zamanla filtre miktarı ile orantılıdır. Böylece B - 6 - 1 ve U - 1 - 1 eğrilerinin sağa çıkartılması ikisinde

- CELLİTE 503' e benzer bulanma azalmalarını,
- cellite 503' e benzer bulanma azalmalarına göre daha büyük "Mileage", "Liquid through - put" gösterdiğine işaretir.

Yanan Disk Testi :

4 yataktan alınan bazı örneklerin Danish Moler Earth' üne benzer bir kil katkısı (kil' le pislenme) göstermesi üzerine tablo X de görülen testler yapıldı arada benzer bir potansiyel olup olmadığını tespit etmek için, diğer uygulamalar için çok kirli olmasına rağmen, Moler Earth, yalıtım tuğlası olarak pazar bulunmakta olması üzerine benzer özelliklerin bu örneklere uygulanabilirliği intibar uyanmıştır. Molere karşı direk karşılaştırma testlerimizin olmamasına rağmen

görülmektedirki örneklerin en azından bazıları uygun bir mukavemet şekli oluşturacak ve pişirilecek şekilde olabilir.

Mikrofotoğraflar ve elektron mikroskop incelemesi :

Her yataktan 1 adet iyi dogal ve flux kalsine örnek bu malzemelerin mikroskop altındaki görünümelerini göstermek için kullanıldı. 125 x büyütme ışıık mikrofotoğrafi ve 200 x büyükmeli JEM hazırlandı. Resimler bazı tipik türlerin varlığını ve ayrıca flux kalsinasyona yönelik bir aglomeralaşmayı gösterdiler. B - 6 - 1 için dogal formdan mikrofotoğrafa yollamadan önce tüm işlemler yapıldı. Sonuçta dogal malzemesini flux kalsine B - 6 - 1 ile karşılaştırdığımız tek örnek dogal B - 11 - 1 olup tıpatıp aynı değildir.

Moss Spektrografik Analizler :

Her yataktan 1 form olacak şekilde 4 örnek ladeux laboratuvarına yollandı. İzelementler için sonuçlar tabloda görülmektedir. Bu sonuçlar belirgin problemli olanı yansımamaktadır. Dünya Sağlık Teşkilatı Yiyecek Kalitesi Stardartları Arsenik ve Kurşunun çözünürlük düzeyleri ile ilgilidir. Toplam olarak 10 ppm As ve 20 ppm Pb, bu şartlarla ilgili problemlere yol açacak gibi grünnemektedir Diğer sonuçların çoğu, Lompoc ürünlerine benzer özelliktedir.

" İncelenen ve örneklenen bu dört yataktan " Ürgüp Yatağı ", madencilik açısından en iyi potansiyele sahip olup, ulaşım, işgücü açısından da en avantajlı yerdedir. Bu yatakta, Diyatomait az eğimli bir tepe yamacında (Şekil - 5) yer almakta olup, şirket maden mühendisine göre hiçbir işletme sorunu yoktur.

Ayrıca, ölçülen zon kalınlığı 2,6 m. olmasına karşın stratigrafi sıralamanın tam olarak ortaya çıkarılamaması nedeniyle bu zon kalınlığı 2,6 m. nin üzerine çıkabilecektir. Yalnız 475 m. uzunluğundaki mostra boyunca örnekleme yapılmış olmasına rağmen yatağın batıya doğru gelişebileceği tahmin edilmektedir.

BÖLÜM - 2

LABRATUAR ÇALIŞMALARI

Johns - Manville Araştırma Merkezine, 4 Diyatomit yatağından toplam 34 numune değerlendirilmek üzere gönderilmiştir.

Diyatomit yataklarının ekonomikliği, yeterli rezervinin ve bir pazar oluşturmaya yarayacak ticari özelliklerinin bulunmasına bağlıdır. Diyatomitin üretimi, işlemesi, satışı üzerinde yıllar süren araştırmalar, bir dizi standart yöntemi ve uygun ticari standartlara göre fiyatlandırmayı gündeme getirmiştir. raporun bu bölümü toplanan örneklerin ticari niteliklerini araştırmayı amaçlamaktadır.

Diyatomit ürünlerinin ticari niteliği, pazar değeri ve önem sırasına göre 3 ana kategoriye ayrılabilir.

- 1 - Aranan Fonksiyonlu Dolgu Maddeleri
- 2 - Filtre Malzemeleri
- 3 - Diğer Dolgu Maddeleri

Bu raporda öncelikli olarak; toplanan örneklerin filtre uygunluğunun değerlendirmesi yapılacaktır. Bunun nedeni filtre özelliklerinin iyi bilinmesi ve filtre malzemelerin en geniş pazara sahip olmasıdır. Diğer iki kategorideki dolgu maddelerinin, pazar paylarının küçük olması ve detay özelliklerinin az bilinmesi nedeniyle daha az önem verilecektir.

Ticari diyatomit 3 ana ürün grubunda değerlendirilir.

- 1 - Doğal veya kurutulmuş diyatomit
- 2 - Kalsine Diyatomit (Genellikle Pembe)
- 3 - Flux - Kalsine Diyatomit (Genellikle Beyaz)

Bu çeşitlerde ayrıca tane boyutuna göre değişen ürünlere ayrılabilirler. Diyatomitlerin çoğunun hava sınıflandırmasına tabi tutulması (Air Classification) sonucu iri taneliler (siklon ürünleri), ince taneliler (Baghouse Ürünleri) şeklinde ayrılır. İri taneliler genellikle filtrasyonda kullanılırlar, ince tanelilerin ise çok çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır.

Diyatomitin değişik işlemlere tabi tutulması, kirletici maddelerin mümkün olduğunca atılması ve diatom yapısı bozulmadan ufaltılmasına yöneliktir. Kalsinasyonla, ucucu bileşenlerin aynı yöntemle (diatom yapısı bozulmadan) uzaklaştırılması amaçlanmaktadır. hatta kalsine ürünün flux kalsinasyonu, estetik yönden ilave kazanç sağlar Çünkü beyaz renk, kullanıcıya birçok yiyeceğin filtrasyonu için, uygulamada kabul edilebilirlik imkanını getirecektir. Bu çalışmalarda hem doğal hemde kalsine malzemenin, iki ana ürün çeşidine göre fiyatlandırılması hedeflenmiş ve kalsine edilmiş bir ürünün performansının daha kolay tahmin edileceği kabul edilmiştir.

Etibank ile Şirket arasında imzalanan sözleşme gereğince uygulanan test programı, akım şeması ve işlemler dizisi yazı ekinde ayrıca verilmiştir. Bu bölümde çalışmanın sadece sonuçları özetlenecektir.

LABORATUVAR ÇALIŞMASI SONUÇLARI VE ÖNERİLER

Önceden de belirtildiği gibi çalışmalarda ağırlıklı olarak malzemelerin, filtre malzemesi kullanımlarına uygunluğu üzerinde durulmuştur. Çünkü bu amaca uygun ham diyatomit de yüksek kalitede olmaktadır. Dolgu maddesi uygulamalarında çok farklılık olması nedeniyle kalitesi konusunda bir standart getirmek mümkün olmamıştır. Bu tür ürünlerde pazar genişlemesi olursa, bu konudaki çalışmalar detaylandırılabilir.

Ürgüp diyatomit yatağından alınan 5 numunenin, 4 tanesinin; yapılan testlerde, filtre malzemesine uygun özellikte olduğu görülmüştür. Ayrıca test sonuçlarına göre; nem yoğunluklarının, filtrasyona zarar veren yüksek PH ve yüksek çözünürlüklere karşı dirençleri iyi olduğu, akış hızları yeterli, kalsine akışı beyaz değil ama (renk sorun olmazsa) kullanım alanı bulunabileceği saptanmıştır.

U - 2 - 1, U - 3 - 1, U - 4 - 1 örnekleri U - 1 - 1' e göre daha yüksek kirli seviyeler içermektedir. U - 5 - 1 numunesi ise diyatomit özelliğinde olmayıp, pişirilme sonucu seramiğe dönüşebileceği tahmin edilmektedir.

Sonuç olarak, Ürgüp Yatağı; filtre malzemesi olarak değerlendirildiğinde, U - 4 ve mostranın batı bölümlerinde önemli bir potansiyel beklenmektedir. U - 5

lokasyonu ve yüksek çözünürlük sorunu gözardı edildiğinde filtre amaçlı kullanım için, Ürgüp Yatağı, hem arazi gözlemleri hem de laboratuvar sonuçlarına göre, ileri aşama çalışmalar için öncelik alma açısından yeteri derecede çekicidir.

ÖNERİLER

- Ürgüp yatağındaki arazi çalışmalarının ilk gözlemleri yatağın genişleyebileceğini göstermiştir. Ancak Etibank' ın bu alanlarda ek imtiyaz hakkı alıp, alamayacağı belli değildir. Ürgüp yatağı yeni müracaatlarla U - 1 lokasyonunun batısına (Ürgüp' e giden yolun batısını da kapsayacak) doğru genişletilmelidir. Bu alanda hiçbir çalışma olmamasına rağmen mantıksal olarak diyatomit bu alanda da devam edebilecektir. Uygun bir kaç yarma ile bu tahkik edilmelidir.

- Etibank öncelikle Ürgüp yatağının topoğrafik ve jeolojik haritalarını tamamlamalıdır.

- Ürgüp yatağının topoğrafik ve jeolojik haritalarını tamamlamasına kadar, sözleşmenin 3.1.1.B maddesine göre kalite, yayılım ve rezerv tayini için planlama önerilmektedir. Bu aşama yarma ve sondaj çalışmalarını içermektedir.

- Dolgu maddesi pazarının karmaşıklığı ve çeşitli dolgu maddesi amaçlarına yönelik diyatomitin eldesi için gereken işlemler konusunda Etibank ve " Johns - Manville European Marketing" elemanları ile acilen görüşülmesi ve Türkiye dolgu maddesi pazarı ve fizibilitesi konusunda hazırlıklar yapılması önerilmektedir.

MTA çalışmalarında ortaya konan diyatomit potansiyeli daha önceki bölümlerde değerlendirildiği gibi yarmalardaki kalınlıklarla, diyatomit mostra alanlarının çarpımına dayanan genel bir yaklaşımla bulunmuştur. Yataktaki diyatomit zonlarının detay bir açılımı ve bunların kalitesine yönelik değerlendirilebileceği konusunda değerlendirme yapmak mümkün olmamaktadır. Bu nedenlerle Hırka diyatomit yatağında da; Johns - Manville Şirketinin diğer diyatomit yataklarında yaptığına benzer laboratuvar ölçekli teknolojik test çalışmaları yapılarak (kalsinasyon flux kalsinasyon vd.) pazarlamaya yönelik veriler alınmalıdır. Bu çalışmalardan olumlu sonuç alınırsa yatakta, detay etütlere yönelik çalışmalara başlanmalıdır.

Nevşehir ilinde bulunan IR - 1008 (Ürgüp - Şekerbey) ve AR - 30845 (Ürgüp - Karacaören) diyatomit yatakları ruhsat krokilerinden görüleceği gibi mücavirdir. AR - 30845 no. lu sahaya ön işletme projesi verilmiş olup, sahanın batı bölümünün ruhsatı henüz alınamamıştır. İşletmeler Dairesi Başkanlığı ile yapılan yazışmalarda, sahanın Batı Bölümüne de ruhsat alınabileceği, konunun takip edildiği belirtilmektedir. AR - 30845 ruhsat no. lu sahada da bugüne kadar ETİBANK' ın prospeksiyon çalışması dışında, etüd yapılmamıştır. IR - 1008 no. lu sahada yapılan etüdlere (Johns - Manville - 1974) sırasında, diyatomit oluşumunun batı ve doğuya uzanabileceği düşüncesi ile müracaat edilen AR - 30845 no. lu saha, IR - 1008 no. lu saha için yapılan değerlendirme kapsamında düşünülmelidir.

Nevşehir - Ürgüp sınırlarında yeralan IR - 1008 no. lu (Şekerbey) diyatomit sahasının; ETİBANK tarafından, 1974 yılında JOHNS - MANVILLE

CORPORATION' a; teknolojik testleri, ürünlerin pazarlanabilirliği, işletmeciliği konusunda ön etüdü yaptırılmıştır. Bu çalışma IR - 1614 (Aksaray - Ihlara) sahasını da kapsamakla birlikte, IR - 1614 no. lu sahanın şirket tarafından fazla cazip bulunmaması ve Kültür Bakanlığı tarafından Özel Çevre Koruma, Dogal ve Kentsel SİT alanı içeresine alınması nedeniyle tüm değerlendirmeler ÜRGÜP - Yatağı üzerine yapılmıştır.

- Ürgüp Diyatomit yatağı ile ilgili " JOHNS - MANVILLE ", şirketinin yaptığı çalışmaların detayları önceki bölümlerde ve ekteki tablolarda verilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları ana başlıklarla,

- İncelenen ve örnekleme yapılan 4 yataktan; Ürgüp yatağı, maden işletmeciliği açısından en iyi potansiyele sahiptir. Ürgüp' ün, ulaşım ve iş gücü temini gibi önemli avantajları yanında, yatağın üzerinde çok az örtü bulunması/ hiç bulunmaması ve az eğimli bir bölgede yer alması, açık işletmecilik (maliyet vd.) açısından önemlidir.

- Örnekleme, 475 m. lik mostra boyunca kalınlığı, ortalama 2,6 m. lik bir zon içeresinde yapılmıştır. Stratigrafik sıralama, henüz tam aydınlatılmamış olduğundan 2,6 m. lik diyatomit ortalama kalınlığının üzerine çıkılması imkanı vardır. Ayrıca, yapılan incelemelerde yatağın, batıya genişmesi beklenmektedir.

- Laboratuvar çalışmalarında- dolgu maddesi pazarının karmaşıklığı nedeniyle, ağırlıklı olarak diyatomitlerin filtre malzemesi olarak kullanımlarının yoğunluğu üzerinde durulmuştur. Zira filtre malzemesine uygun ham diyatomit de yüksek kalitede olmaktadır. Ancak dolgu maddesi uygulamalarındaki farklılıklar,

ürünlerin pazar potansiyelini tahminlerini etkilemektedir. (Bu konuda "Johns - Manville Marketing " bölümü ile ortak çalışma önerilmektedir.)

Laboratuvar çalışmaları;

- Mikroskopik inceleme
- Doğal öğütme ve klasifikasyon
- Doğal özellikler
- Nem
- Tutuşma
- Ağırlık kaybı
- Yaş yoğunluk
- +150 Mesh elek. analizleri
- PH
- Rezistivite
- Fotovolt renk
- Alphasate (akış tahmini)
- Flux kalsinasyon
- Kimyasal analizler
- Çözünürlük testleri
- Absorpsiyon
- Elektron mikroskop incelemeleri
- İz element

gibi basamakları içermektedir.

- Hazırlanan nihai raporda sonuç olarak; Ürgüp yatağının filtre malzemelere uygun olduğu, nem - yoğunlukları, yüksek PH ve yüksek çözünürlere dirençlerinin iyi ve akış hızının yeterli olduğu belirtilmiştir. Ayrıca kalsine akışı beyaz olmadığı, ancak renk sorun olmayan alanlarda rahatca kullanabileceği de vurgulanmıştır. (Filtre renginin, malzemenin filtre performansını etkilemediği, beyaz filtre kullanımının estetik bir ihtiyaca yönelik olduğu, kullanıcıya katkısızlık ve temizlik imajı verdiği bir gerçektir. Ancak pazarlamada da bu değerlendirmenin önüne geçilemediği vurgulanmıştır.)

- Raporda ayrıca, Ürgüp yatağının topoğrafik ve jeolojik haritalarının tamamlanması, yatağın batıya gelişebileceği düşünülerek (gerekirse yarma tahkiki ile araştırıldığında sonra) maden ruhsat işlemlerinin tamamlanması önerilmekte, istenirse şirketin sondaj ve yarma gibi arama çalışmalarının planlayabileceği belirtilmektedir.

- Bu çalışmalardan sonra, ETİBANK tarafından yürütülen arama faaliyetleri, IR - 1008 (Şekerbey) sahası ile sınırlı kalmıştır 1974 ve 1977 yıllarında yapılan yarma ve sondaj çalışmaları ile ilgili, kimyasal analizlerin bulunmaması, sadece 2 sondajın diatomit kesmesi nedeniyle bir değerlendirme yapma imkanı bulunmamaktadır.

specimen identification: A122

comment: *****

comment: ASFALT % 7.0 - DIATOMIT % 2.5

comment: *****

specimen length (mm): 64.0

specimen diameter (mm): 100.0

set temperature ($\frac{1}{2}$ C): 25.0

estimated Poisson ratio: 0.40

testing pulse period (ms): 3000

condition pulse period (ms): 2000

conditioning pulse count: 5

rise time [30ms ... 120ms]: 80

force [587N ... 4251N]: 3000

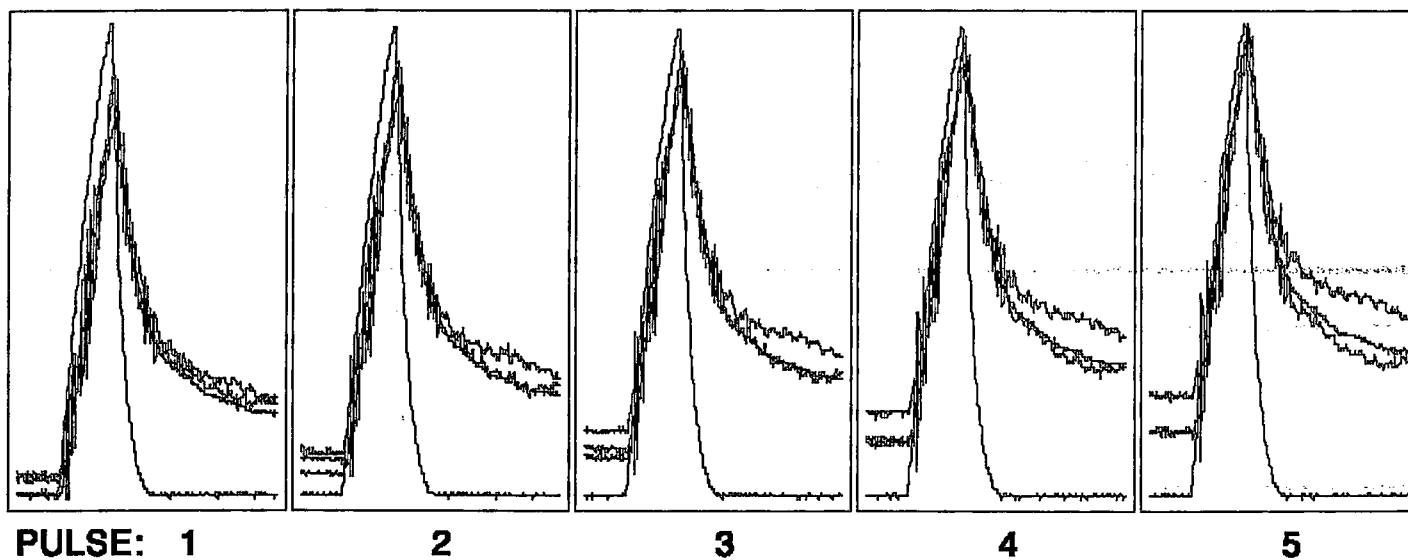
binary file name: C:\UMATTA\A122.BIN

ASCII output data file name: C:\UMATTA\A122.CSV

measured temperatures ($\frac{1}{2}$ C): CORE 26.4 SKIN 24.4

conditioning pulses counted: 5

Pulse No.	Force (N)	Tot Recov Strain ($\frac{1}{2}$)	Tensile Stress (kPa)	Rise Time (ms)	Fall Time (ms)	Phase Delay (ms)	Elastic Modulus (MPa)
1	3485.7	100.96	346.73	78	45	4	3614.3
2	3469.6	102.1	345.13	78	45	4	3557.5
3	3444.4	102.94	342.62	78	46	4	3502.6
4	3462.7	103.74	344.44	78	45	5	3494.4
5	3478.8	105.1	346.04	78	46	5	3465.1
mean	3468.2	102.97	344.99	78.0	45.4	4.4	3526.8
SD	14.283	1.4089	1.4207	0.0	0.4898	0.4898	53.006
CV%	0.4118	1.3683	0.4118	0.0	1.079	11.134	1.5029



specimen identification: A133

comment: *****

comment: ASFALT % 7.0 - DIATOMIT % 2.0

comment: *****

specimen length (mm): 64.0

specimen diameter (mm): 100.0

set temperature ($\frac{1}{2}$ C): 25.0

estimated Poisson ratio: 0.40

testing pulse period (ms): 3000

condition pulse period (ms): 2000

conditioning pulse count: 5

rise time [30ms ... 120ms]: 80

force [587N ... 4251N]: 3000

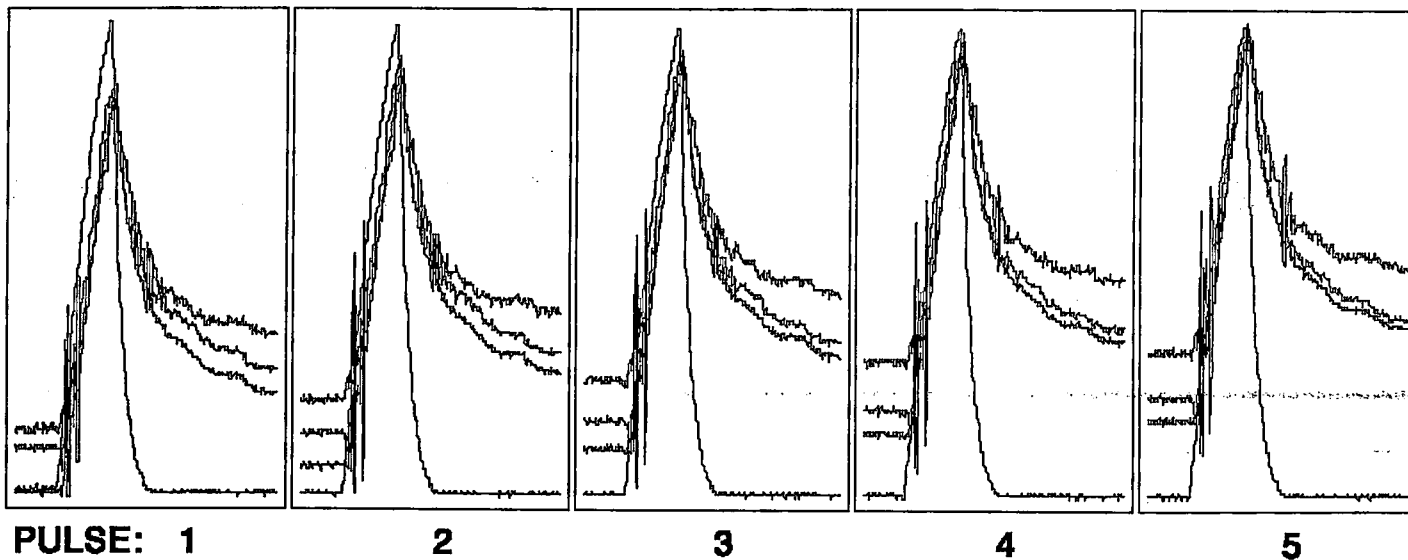
binary file name: C:\UMATTA\A133.BIN

ASCII output data file name: C:\UMATTA\A133.CSV

measured temperatures ($\frac{1}{2}$ C): CORE 26.1 SKIN 24.5

conditioning pulses counted: 5

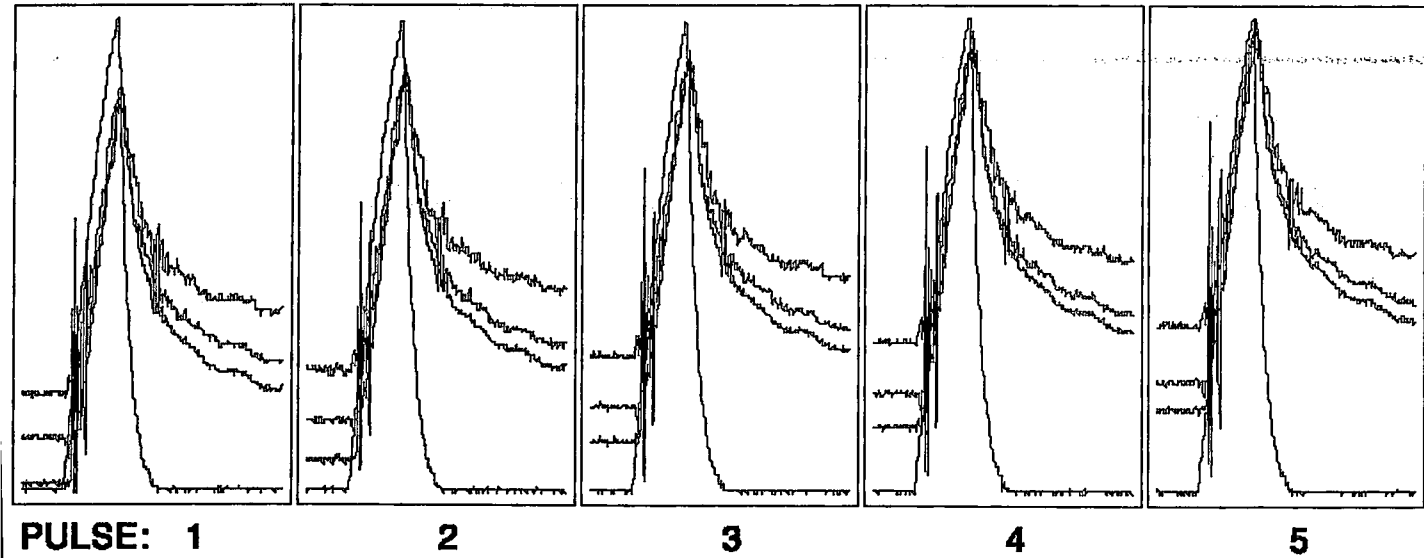
ulse	Force (N)	Tot Recov Strain ($\bar{\epsilon}$)	Tensile Stress (kPa)	Rise Time (ms)	Fall Time (ms)	Phase Delay (ms)	Elastic Modulus (MPa)
1	3458.1	93.757	343.99	79	45	5	3861.3
2	3442.1	95.672	342.39	79	46	5	3766.4
3	3419.1	94.81	340.1	79	46	4	3775.3
4	3419.1	95.965	340.1	79	45	4	3729.8
5	3446.7	97.396	342.84	79	45	4	3704.7
in	3437.0	95.52	341.88	79.0	45.4	4.4	3767.5
)	15.543	1.2126	1.5461	0.0	0.4898	0.4898	53.337
%	0.4522	1.2695	0.4522	0.0	1.079	11.134	1.4157



specimen identification: A141
comment: *****
comment: ASFALT % 7.0 - DIATOMIT % 2.5
comment: *****
specimen length (mm): 64.0
specimen diameter (mm): 100.0
set temperature (½C): 25.0
estimated Poisson ratio: 0.40
testing pulse period (ms): 3000
ondition pulse period (ms): 2000
conditioning pulse count: 5
rise time [30ms ... 120ms]: 80
force [587N ... 4251N]: 3000
binary file name: C:\UMATTA\A141.BIN
SCII output data file name: C:\UMATTA\A141.CSV

measured temperatures (½C): CORE 26.0 SKIN 24.4
conditioning pulses counted: 5

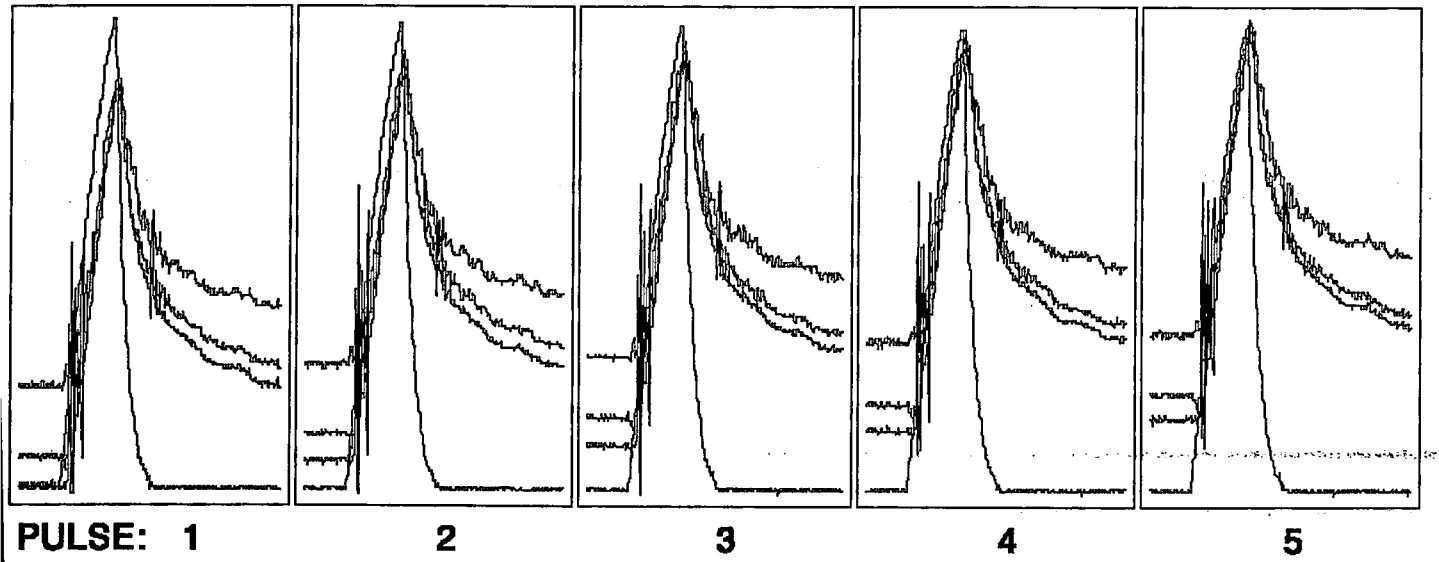
se	Force (N)	Tot Recov Strain (İŸ)	Tensile Stress (kPa)	Rise Time (ms)	Fall Time (ms)	Phase Delay (ms)	Elastic Modulus (MPa)
	3439.8	93.846	342.16	79	44	4	3837.1
	3416.8	95.311	339.87	79	44	4	3752.9
	3414.5	95.88	339.64	78	46	5	3728.1
	3448.9	96.984	343.07	79	46	4	3722.9
	3446.7	97.829	342.84	79	46	4	3688.3
n	3433.3	95.97	341.52	78.8	45.2	4.2	3745.9
	14.777	1.3738	1.4699	0.4	0.9797	0.4	50.074
%	0.4304	1.4315	0.4304	0.5076	2.1676	9.5238	1.3367



specimen identification: A142
comment: *****
comment: ASFALT % 7.0 - DIATOMIT % 2.5
comment: *****
specimen length (mm): 64.0
specimen diameter (mm): 100.0
set temperature (½C): 25.0
estimated Poisson ratio: 0.40
testing pulse period (ms): 3000
ondition pulse period (ms): 2000
conditioning pulse count: 5
ise time [30ms ... 120ms]: 80
force [587N ... 4251N]: 3000
binary file name: C:\UMATTA\A142.BIN
SCII output data file name: C:\UMATTA\A142.CSV

measured temperatures (½C): CORE 25.9 SKIN 24.4
onditioning pulses counted: 5

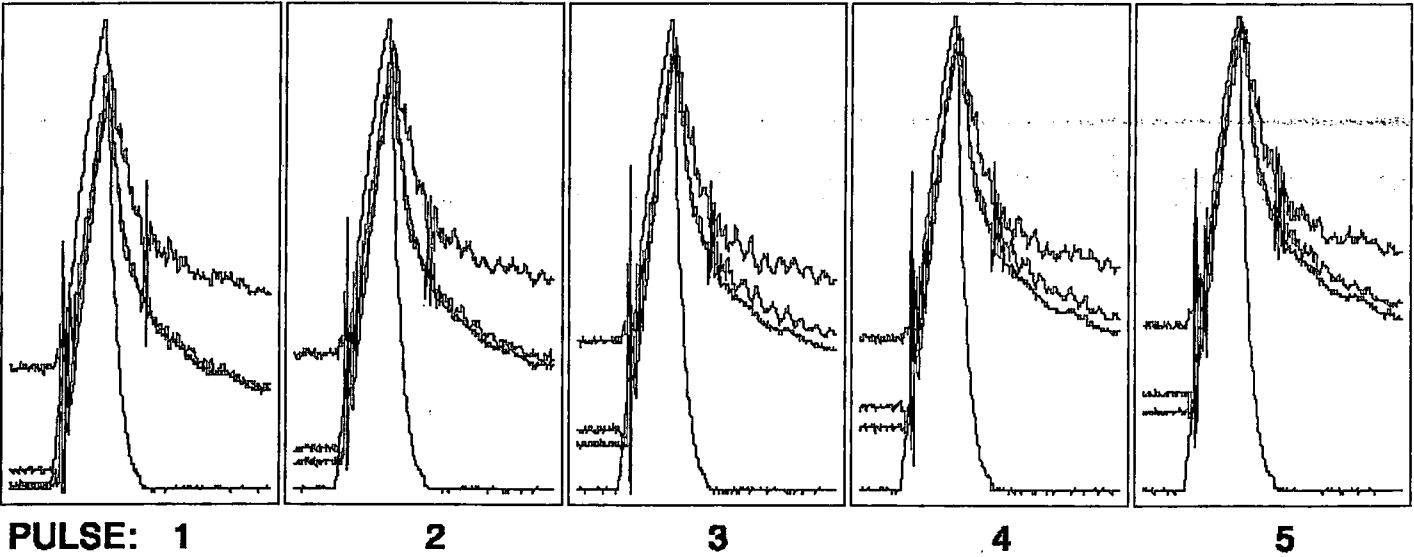
se	Force (N)	Tot Recov Strain (İŸ)	Tensile Stress (kPa)	Rise Time (ms)	Fall Time (ms)	Phase Delay (ms)	Elastic Modulus (MPa)
.	3465.0	95.604	344.67	79	44	4	3794.3
	3451.2	97.294	343.3	79	45	4	3713.5
	3426.0	97.069	340.79	79	45	5	3694.9
	3405.3	97.897	338.73	78	46	5	3641.5
	3421.4	98.517	340.33	79	46	5	3635.7
n	3433.8	97.276	341.56	78.8	45.2	4.6	3696.0
	21.486	0.9761	2.1373	0.4	0.7483	0.4898	57.571
%	0.6257	1.0034	0.6257	0.5076	1.6556	10.649	1.5576



specimen identification: A151
comment: *****
comment: ASFALT % 7.0 - DIATOMIT % 3.0
comment: *****
specimen length (mm): 64.0
specimen diameter (mm): 100.0
set temperature (½C): 25.0
estimated Poisson ratio: 0.40
testing pulse period (ms): 3000
condition pulse period (ms): 2000
conditioning pulse count: 5
rise time [30ms ... 120ms]: 80
force [587N ... 4251N]: 3000
binary file name: C:\UMATTA\A151.BIN
ASCII output data file name: C:\UMATTA\A151.CSV

measured temperatures (½C): CORE 25.8 SKIN 24.4
conditioning pulses counted: 5

Pulse No.	Force (N)	Tot Recov Strain (iY)	Tensile Stress (kPa)	Rise Time (ms)	Fall Time (ms)	Phase Delay (ms)	Elastic Modulus (MPa)
1	3432.9	96.483	341.47	79	45	4	3724.8
2	3421.4	98.517	340.33	78	46	5	3635.7
3	3419.1	97.897	340.1	79	45	4	3656.2
4	3444.4	98.725	342.62	79	45	4	3652.4
5	3442.1	99.294	342.39	79	45	4	3629.0
mean	3431.9	98.183	341.38	78.8	45.2	4.2	3659.6
SD	10.337	0.9603	1.0282	0.4	0.4	0.4	34.116
CV%	0.3012	0.9781	0.3012	0.5076	0.8849	9.5238	0.9322



specimen identification: A155

comment: *****

comment: ASFALT % 7.0 - DIATOMIT % 1.0

comment: *****

specimen length (mm): 64.0

specimen diameter (mm): 100.0

set temperature ($\frac{1}{2}$ C): 25.0

estimated Poisson ratio: 0.40

testing pulse period (ms): 3000

condition pulse period (ms): 2000

conditioning pulse count: 5

rise time [30ms ... 120ms]: 80

force [587N ... 4251N]: 3000

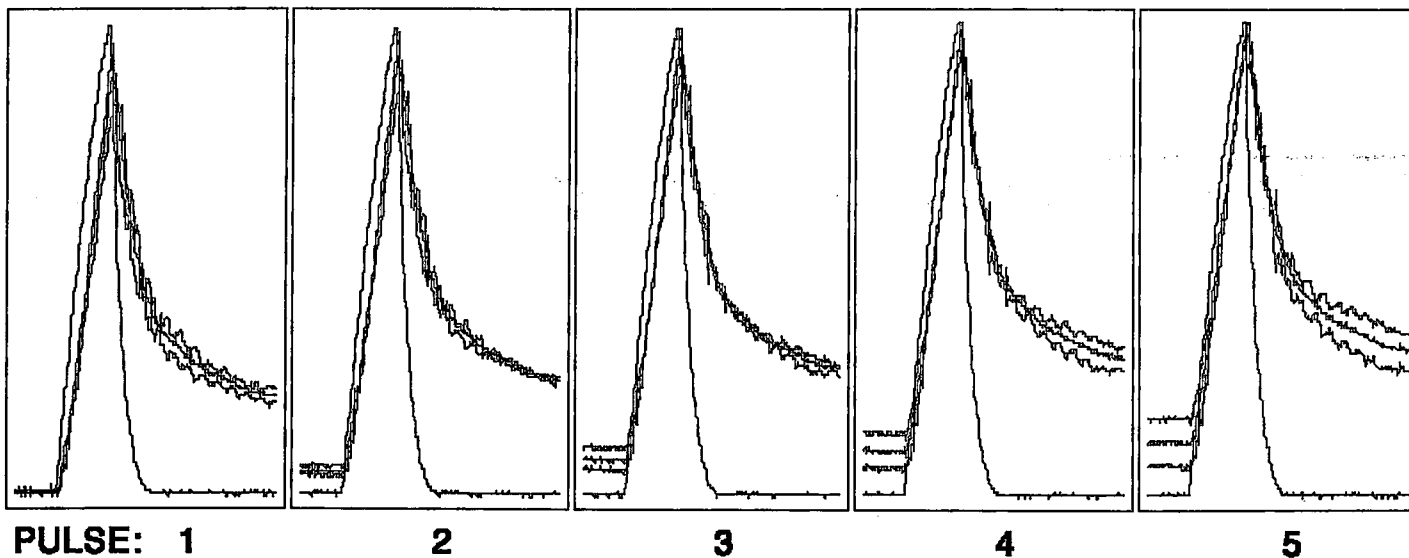
binary file name: C:\UMATTA\A155.BIN

ASCII output data file name: C:\UMATTA\A155.CSV

measured temperatures ($\frac{1}{2}$ C): CORE 25.2 SKIN 23.7

conditioning pulses counted: 5

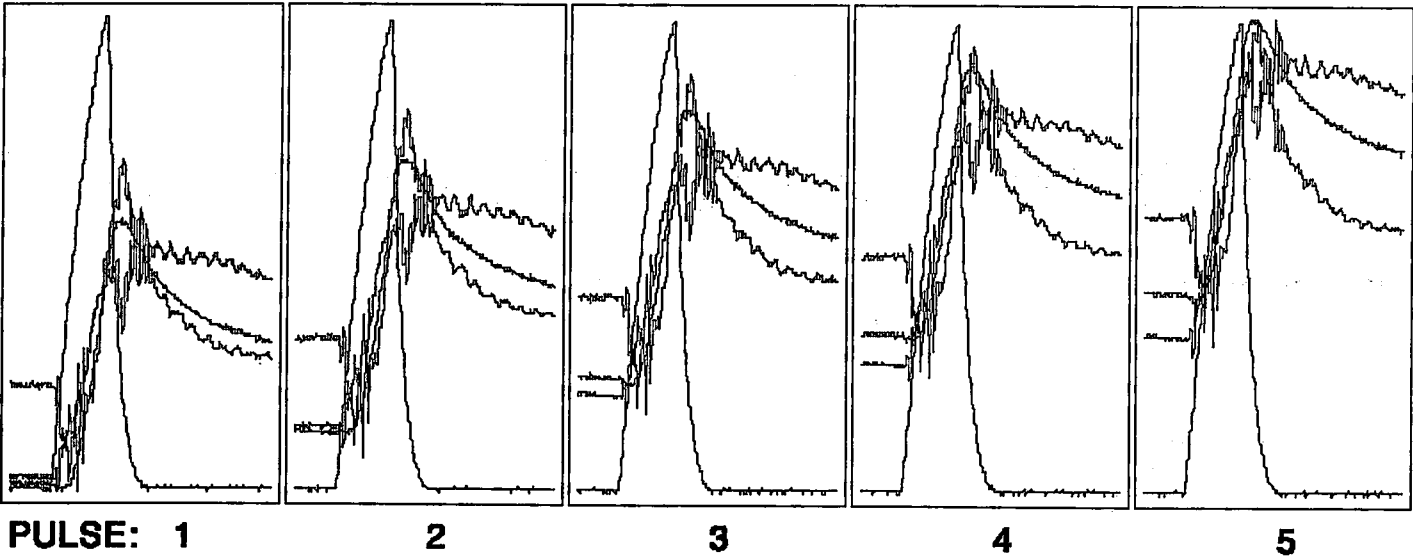
Pulse No.	Force (N)	Tot Recov Strain ($\frac{1}{2}$ Y)	Tensile Stress (kPa)	Rise Time (ms)	Fall Time (ms)	Phase Delay (ms)	Elastic Modulus (MPa)
1	3398.4	135.53	338.04	79	45	4	2625.0
2	3380.0	136.92	336.22	78	47	5	2584.1
3	3380.0	138.37	336.22	78	47	5	2557.1
4	3416.8	139.8	339.87	79	46	4	2558.5
5	3428.3	140.39	341.02	79	45	4	2556.3
mean	3400.7	138.2	338.27	78.6	46.0	4.4	2576.2
SD	19.388	1.7979	1.9286	0.4898	0.8944	0.4898	26.518
1%	0.5701	1.3009	0.5701	0.6232	1.9444	11.134	1.0293



specimen identification: A81
comment: *****
comment: ASFALT % 6.5 - DATOMT % 1
comment: *****
specimen length (mm): 64.0
specimen diameter (mm): 100.0
set temperature (½C): 25.0
estimated Poisson ratio: 0.40
testing pulse period (ms): 3000
condition pulse period (ms): 2000
conditioning pulse count: 5
rise time [30ms ... 120ms]: 80
force [587N ... 4251N]: 3000
binary file name: C:\UMATTA\A81.BIN
ASCII output data file name: C:\UMATTA\A81.CSV

measured temperatures (½C): CORE 26.4 SKIN 24.6
conditioning pulses counted: 5

Pulse No.	Force (N)	Tot Recov Strain (iY)	Tensile Stress (kPa)	Rise Time (ms)	Fall Time (ms)	Phase Delay (ms)	Elastic Modulus (MPa)
1	3545.5	72.498	352.67	79	44	24	5119.7
2	3531.7	76.842	351.3	79	43	23	4811.5
3	3513.3	78.825	349.47	80	43	24	4666.0
4	3492.6	79.394	347.42	79	44	24	4605.3
5	3534.0	81.36	351.53	80	43	23	4547.2
mean	3523.4	77.783	350.48	79.4	43.4	23.6	4749.9
SD	18.531	3.0097	1.8433	0.4898	0.4898	0.4898	204.71
7%	0.5259	3.8693	0.5259	0.6169	1.1287	2.0758	4.3098



specimen identification: A156

comment: *****

comment: ASFALT % 7.0 - DIATOMIT % 1.0

comment: *****

specimen length (mm): 64.0

specimen diameter (mm): 100.0

set temperature ($\frac{1}{2}$ C): 25.0

estimated Poisson ratio: 0.40

testing pulse period (ms): 3000

condition pulse period (ms): 2000

conditioning pulse count: 5

rise time [30ms ... 120ms]: 80

force [587N ... 4251N]: 3000

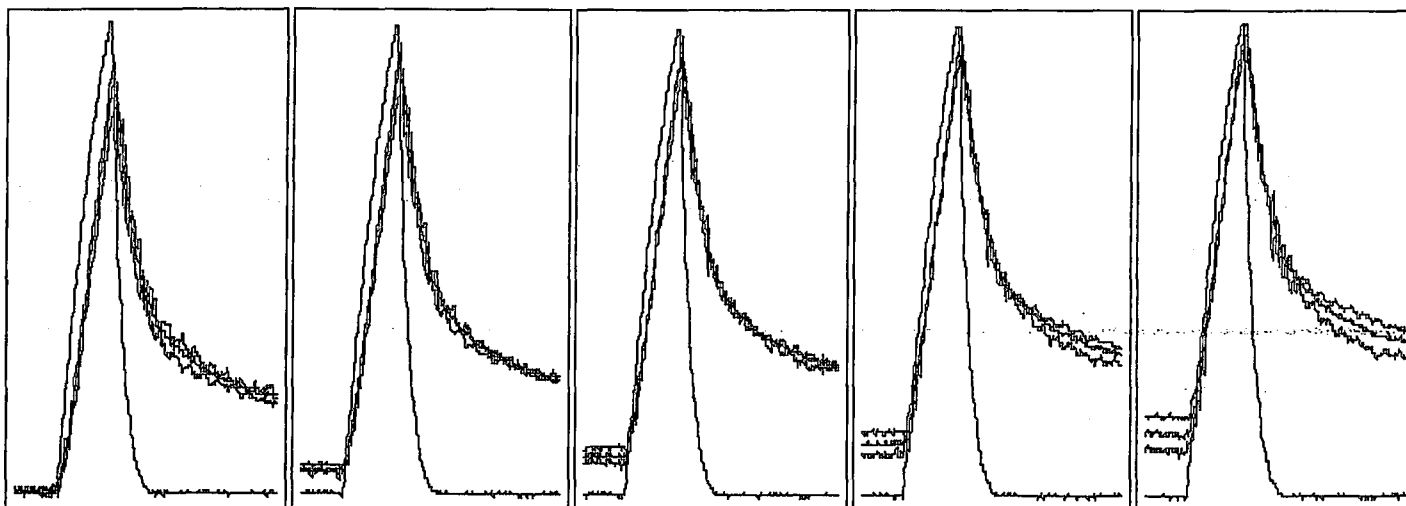
binary file name: C:\UMATTA\A156.BIN

ASCII output data file name: C:\UMATTA\A156.CSV

measured temperatures ($\frac{1}{2}$ C): CORE 26.5 SKIN 24.8

conditioning pulses counted: 5

se n.	Force (N)	Tot Recov Strain ($\frac{1}{2}$)	Tensile Stress (kPa)	Rise Time (ms)	Fall Time (ms)	Phase Delay (ms)	Elastic Modulus (MPa)
	3419.1	134.84	340.1	78	46	4	2654.5
	3403.0	137.06	338.5	79	45	4	2599.1
	3370.8	137.04	335.3	79	46	4	2574.9
	3407.6	139.32	338.96	79	45	4	2560.4
	3419.1	139.7	340.1	79	46	3	2562.1
n	3403.9	137.59	338.59	78.8	45.6	3.8	2590.2
	17.715	1.7662	1.7621	0.4	0.4898	0.4	34.996
%	0.5204	1.2836	0.5204	0.5076	1.0743	10.526	1.351



PULSE: 1

2

3

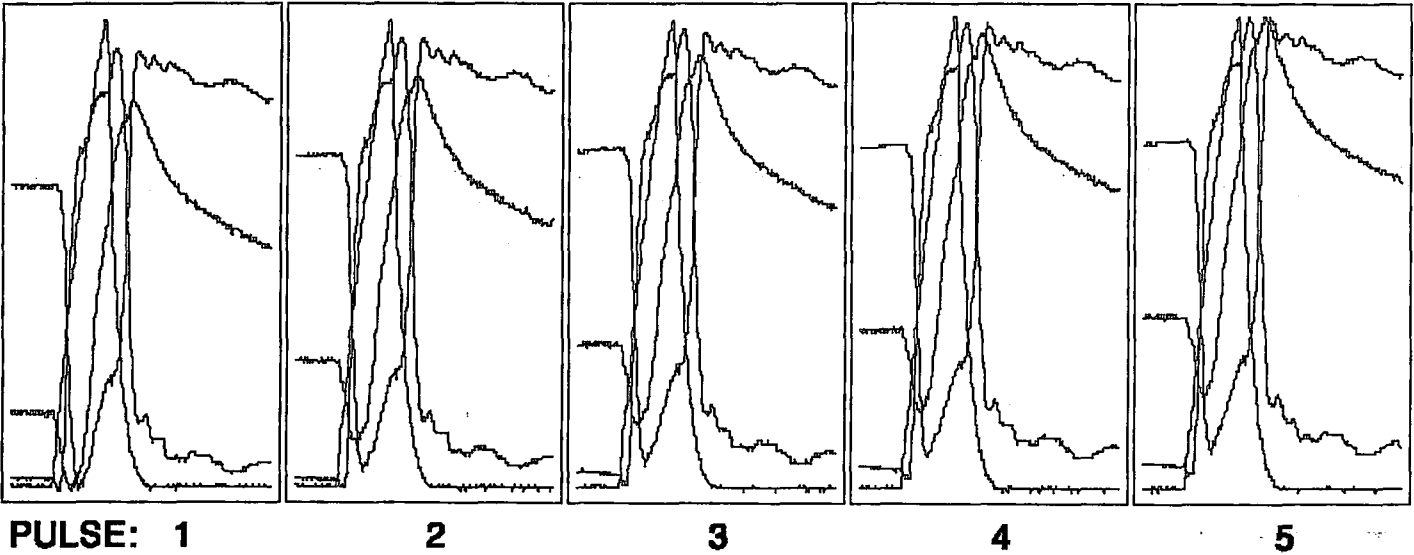
4

5

specimen identification: A72
comment: *****
comment: ASFALT % 6.5 - DATOMT % 1
comment: *****
specimen length (mm): 64.0
specimen diameter (mm): 100.0
set temperature (°C): 25.0
estimated Poisson ratio: 0.40
testing pulse period (ms): 3000
condition pulse period (ms): 2000
conditioning pulse count: 5
rise time [30ms ... 120ms]: 80
force [587N ... 4251N]: 3000
binary file name: C:\UMATTA\A72.BIN
ASCII output data file name: C:\UMATTA\A72.CSV

measured temperatures (°C): CORE 26.8 SKIN 24.4
conditioning pulses counted: 5

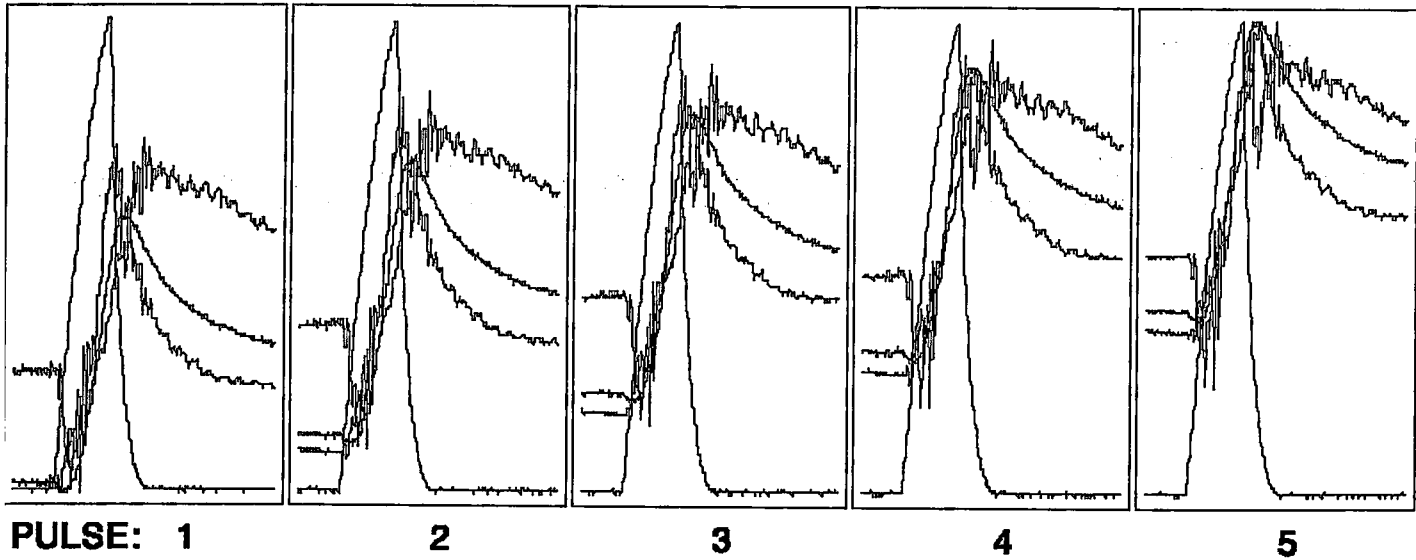
Pulse No.	Force (N)	Tot Strain (µε)	Recov Strain (µε)	Tensile Stress (kPa)	Rise Time (ms)	Fall Time (ms)	Phase Delay (ms)	Elastic Modulus (MPa)
1	3334.1	72.433		331.64	79	46	43	4818.7
2	3324.9	72.908		330.73	79	47	46	4774.1
3	3334.1	76.748		331.64	79	46	40	4547.8
4	3359.3	77.329		334.16	78	48	44	4547.9
5	3363.9	78.471		334.62	79	47	44	4487.8
in	3343.2	75.577		332.56	78.8	46.8	43.4	4635.3
Δ	15.448	2.4423		1.5366	0.4	0.7483	1.9595	134.15
%	0.462	3.2315		0.462	0.5076	1.5989	4.5151	2.8941



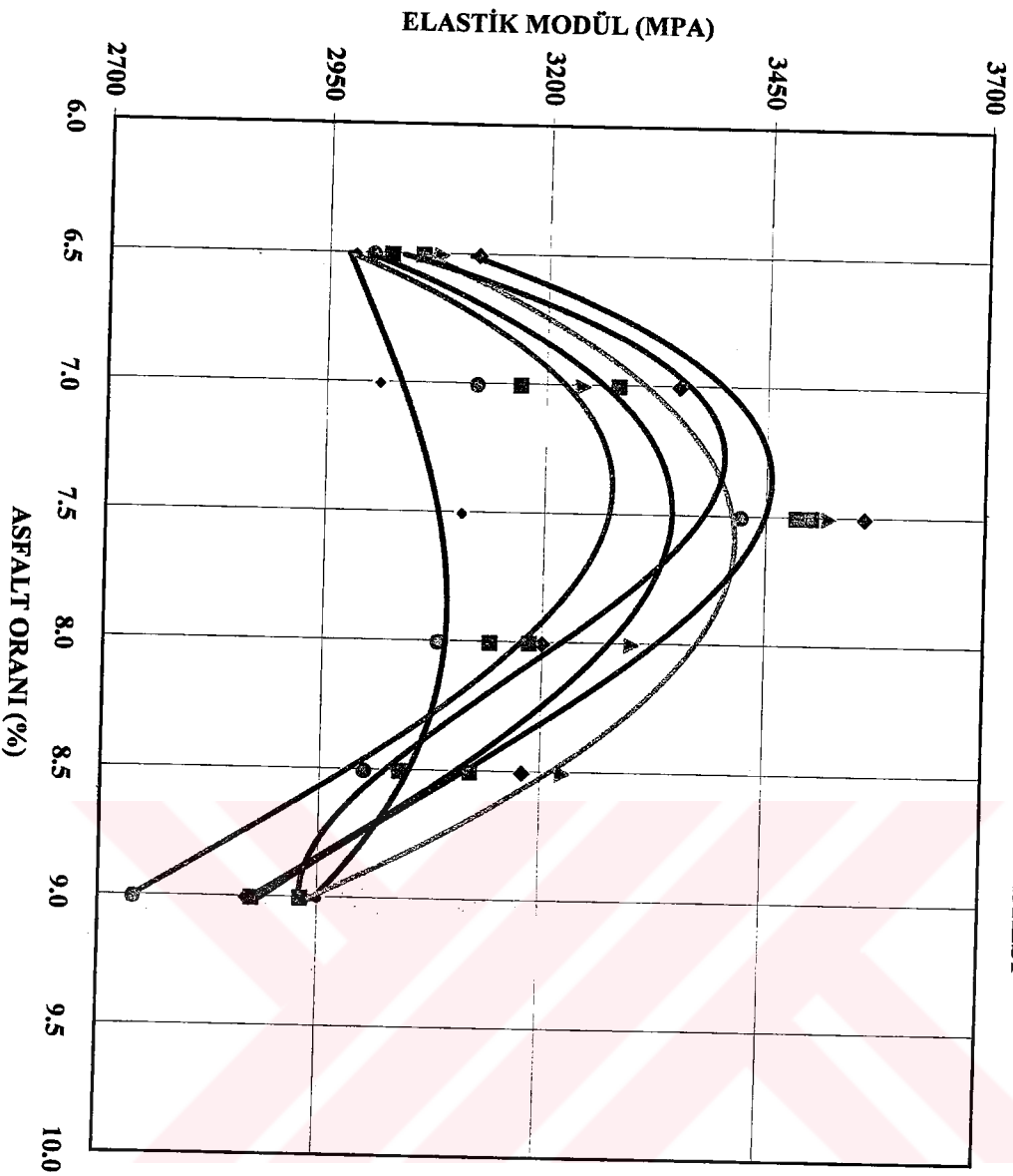
specimen identification: A8
comment: *****
comment: ASFALT % 6.5 - DATOMT % 1
comment: *****
specimen length (mm): 64.0
specimen diameter (mm): 100.0
set temperature (½C): 25.0
estimated Poisson ratio: 0.40
testing pulse period (ms): 3000
conditioning pulse period (ms): 2000
conditioning pulse count: 5
rise time [30ms ... 120ms]: 80
force [587N ... 4251N]: 3000
binary file name: C:\UMATTA\A8.BIN
SCII output data file name: C:\UMATTA\A8.CSV

measured temperatures (½C): CORE 25.9 SKIN 24.0
conditioning pulses counted: 5

se	Force (N)	Tot Recov Strain (İỲ)	Tensile Stress (kPa)	Rise Time (ms)	Fall Time (ms)	Phase Delay (ms)	Elastic Modulus (MPa)
	3550.1	68.765	353.13	79	43	30	5404.6
	3524.8	73.606	350.62	79	44	23	5013.2
	3520.2	75.19	350.16	79	43	28	4901.2
	3522.5	76.574	350.39	80	43	30	4815.7
	3552.3	78.26	353.36	79	42	24	4752.0
	3534.0	74.479	351.53	79.2	43.0	27.0	4977.3
	14.164	3.2435	1.4089	0.4	0.6324	2.9664	230.89
	0.4008	4.3549	0.4008	0.505	1.4708	10.986	4.6388



ASFALT ORANI-ELASTİK MODÜL İLİSKİSİ



$$E_0 = -20,741x^3 + 399,37x^2 - 2431,3x + 7599,1$$

$$R^2 = 0,9175$$

$$E_1 = 60,815x^3 - 1663,3x^2 + 14679x - 38846$$

$$R^2 = 0,817$$

$$E_{1,5} = 22,889x^3 - 794,24x^2 + 8103,4x - 22344$$

$$R^2 = 0,8833$$

$$E_2 = 103,11x^3 - 2656,8x^2 + 22349x - 58226$$

$$R^2 = 0,8637$$

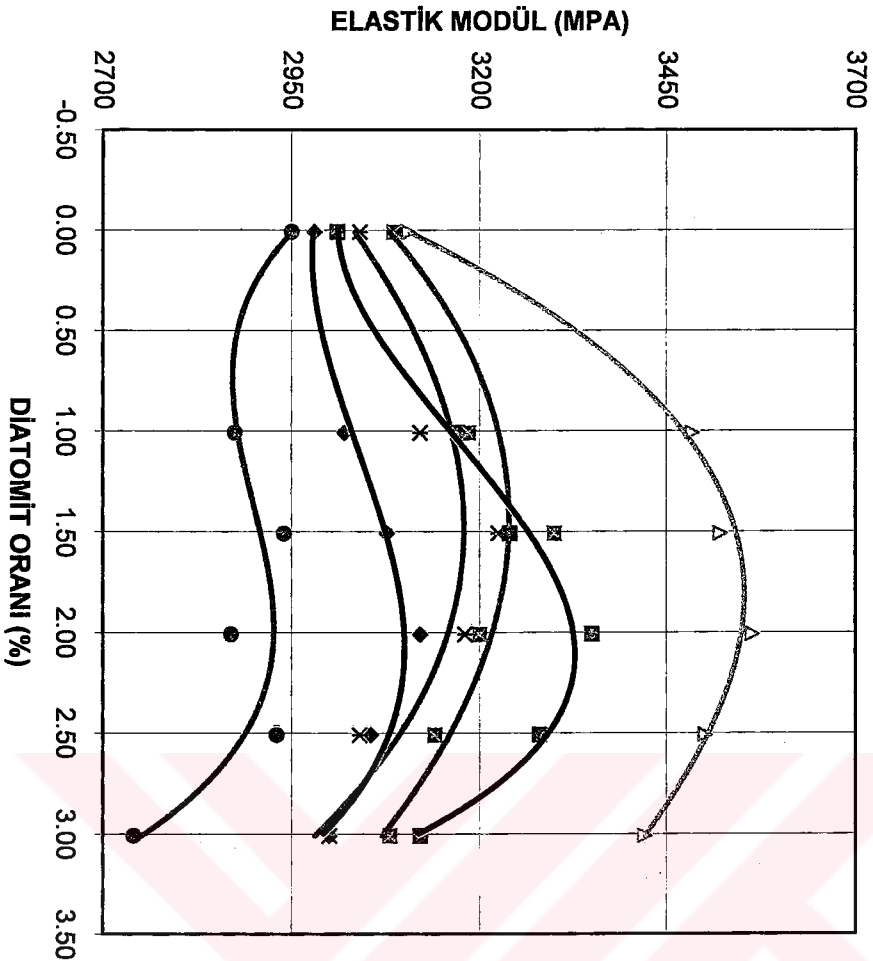
$$E_{2,5} = 185,11x^3 - 4515,2x^2 + 36300x - 92982$$

$$R^2 = 0,8621$$

$$E_3 = 66,963x^3 - 1801,5x^2 + 15658x - 41080$$

$$R^2 = 0,8253$$

DIATOMİT ORANI-ELASTİK MODÜL İLİŞKİSİ



$$E_{6,5} = -32,406x^3 + 106,59x^2 - 23,482x + 2978,3$$

$$R^2 = 0,9102$$

$$E_7 = -64,638x^3 + 201,82x^2 + 11,936x + 3010,8$$

$$R^2 = 0,9798$$

$$E_{7,5} = 15,101x^3 - 191,53x^2 + 543,73x + 3106,1$$

$$R^2 = 0,9945$$

$$E_8 = 2,8986x^3 - 85,901x^2 + 228,34x + 3080$$

$$R^2 = 0,821$$

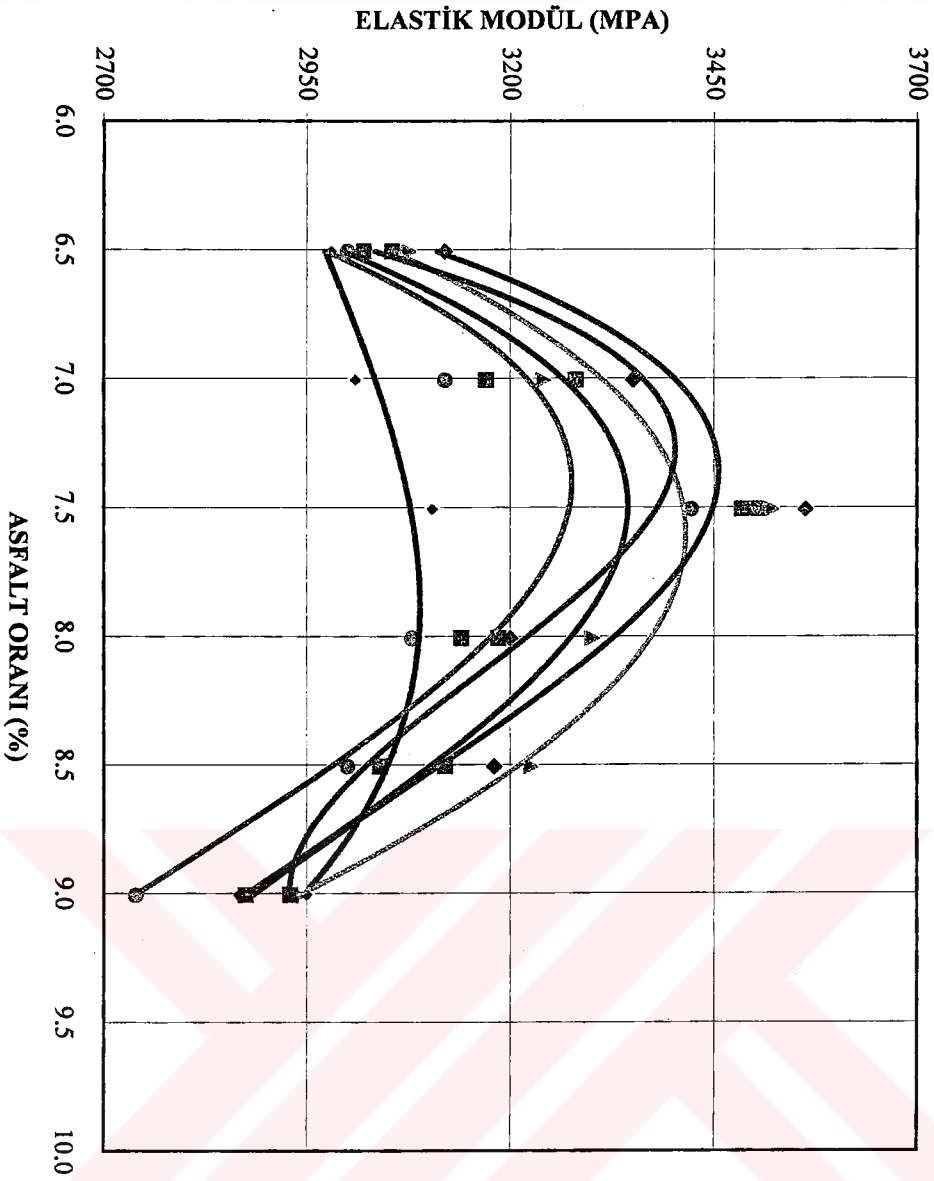
$$E_{8,5} = -6,087x^3 - 48,799x^2 + 183,48x + 3033,8$$

$$R^2 = 0,8073$$

$$E_9 = -56,957x^3 + 230,35x^2 - 244,95x + 2950,7$$

$$R^2 = 0,8028$$

ASFALT ORANI-ELASTİK MODÜL İLİŞKİSİ



$$E_0 = -20,741x^3 + 399,37x^2 - 2431,3x + 7599,1$$

$$R^2 = 0,9175$$

$$E_1 = 60,815x^3 - 1663,3x^2 + 14679x - 38846$$

$$R^2 = 0,817$$

$$E_{1,5} = 22,889x^3 - 794,24x^2 + 8103,4x - 22344$$

$$R^2 = 0,8833$$

$$E_2 = 103,11x^3 - 2656,8x^2 + 22349x - 58226$$

$$R^2 = 0,8637$$

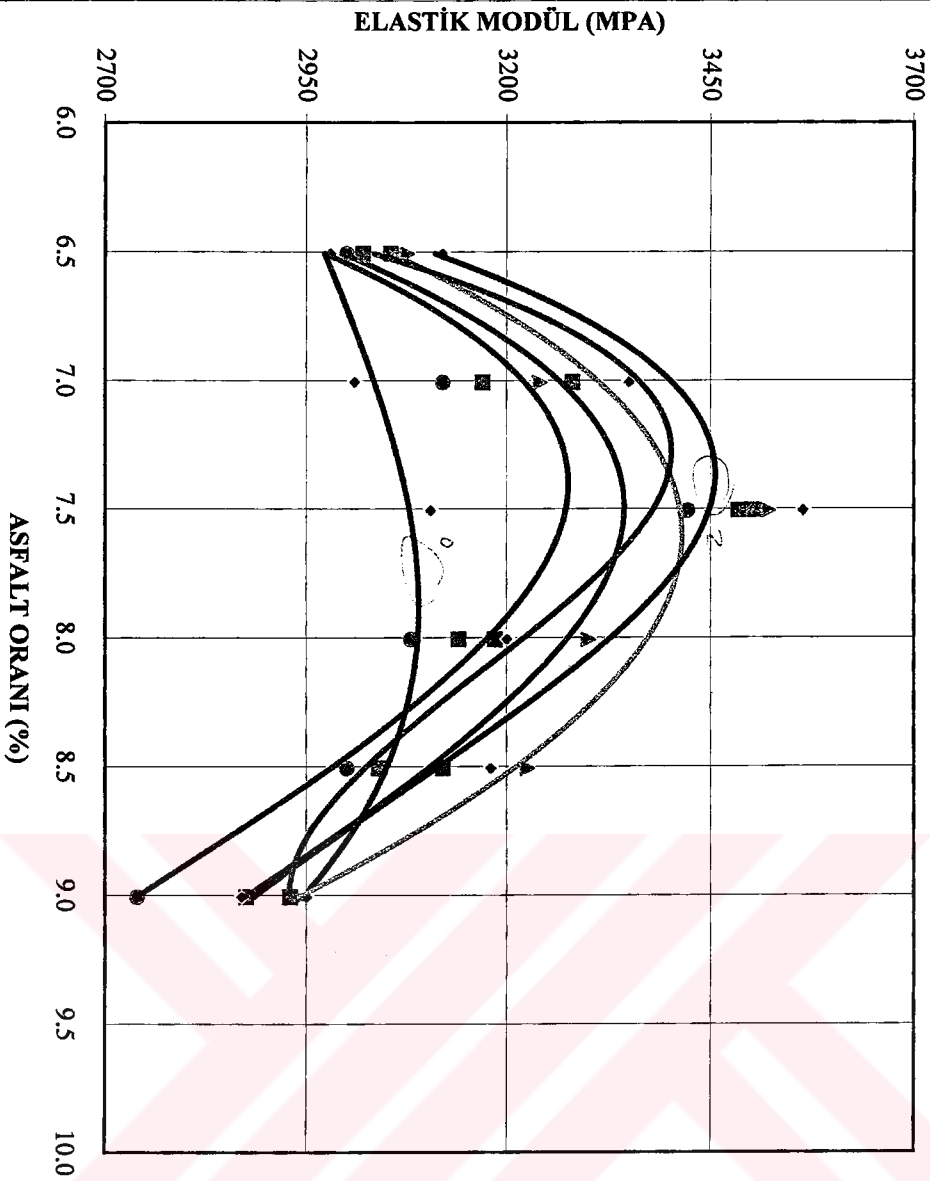
$$E_{2,5} = 185,11x^3 - 4515,2x^2 + 36300x - 92982$$

$$R^2 = 0,8621$$

$$E_3 = 66,963x^3 - 1801,5x^2 + 15658x - 41080$$

$$R^2 = 0,8253$$

ASFALT ORANI-ELASTİK MODÜL İLİŞKİSİ



$$E_0 = -20,741x^3 + 399,37x^2 - 2431,3x + 7599,1$$

$$R^2 = 0,9175$$

$$E_1 = 60,815x^3 - 1663,3x^2 + 14679x - 38846$$

$$R^2 = 0,817$$

$$E_{1,5} = 22,889x^3 - 794,24x^2 + 8103,4x - 22344$$

$$R^2 = 0,8833$$

$$E_2 = 103,11x^3 - 2656,8x^2 + 22349x - 58226$$

$$R^2 = 0,8637$$

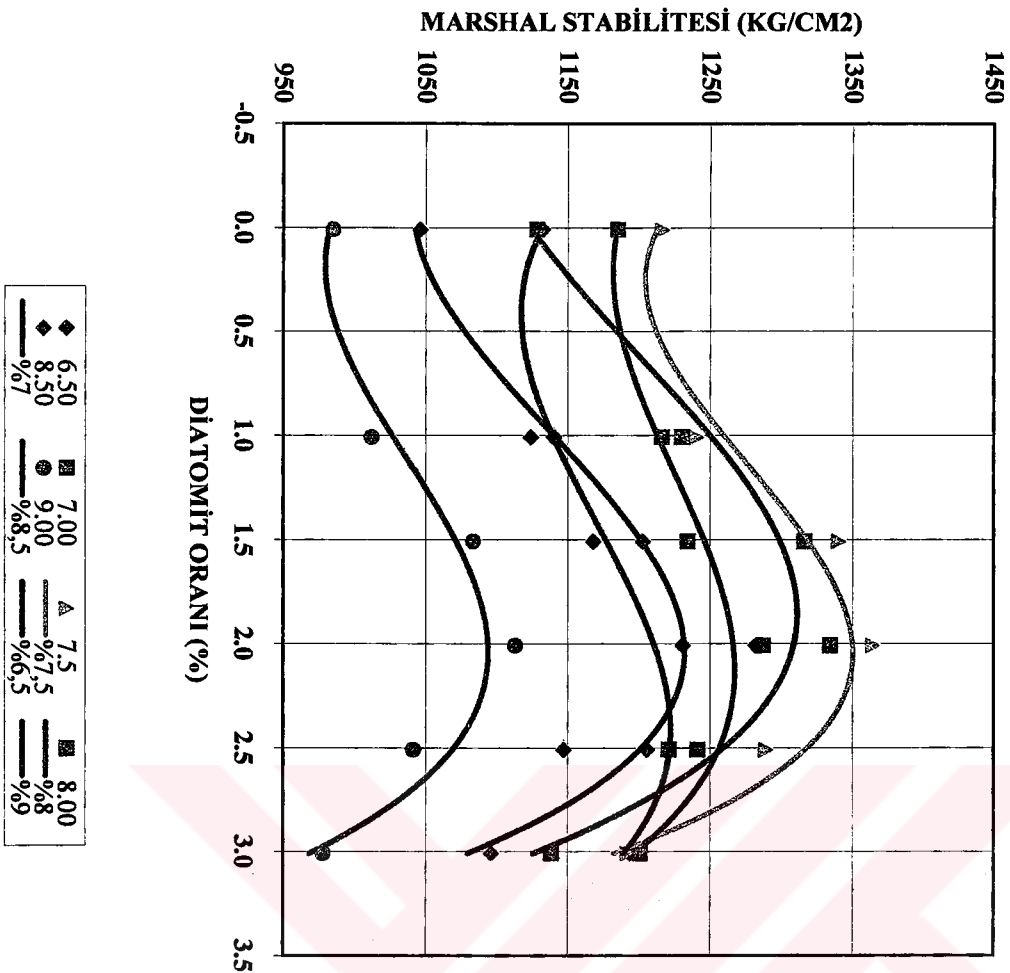
$$E_{2,5} = 185,11x^3 - 4515,2x^2 + 36300x - 92982$$

$$R^2 = 0,8621$$

$$E_3 = 66,963x^3 - 1801,5x^2 + 15658x - 41080$$

$$R^2 = 0,8253$$

DIATOMİT ORANI-MARSHAL STABİLİTESİ İLİŞKİSİ



$$MS_{6,5} = -26x^3 + 109,62x^2 - 75,5x + 1131,6$$

$$R^2 = 0,9003$$

$$MS_7 = -24,145x^3 + 84,128x^2 - 30,989x + 1184,8$$

$$R^2 = 0,8717$$

$$MS_{7,5} = -49,797x^3 + 170,18x^2 - 72,687x + 1212,9$$

$$R^2 = 0,9182$$

$$MS_8 = -28,754x^3 + 51,963x^2 + 103,14x + 1124,6$$

$$R^2 = 0,9219$$

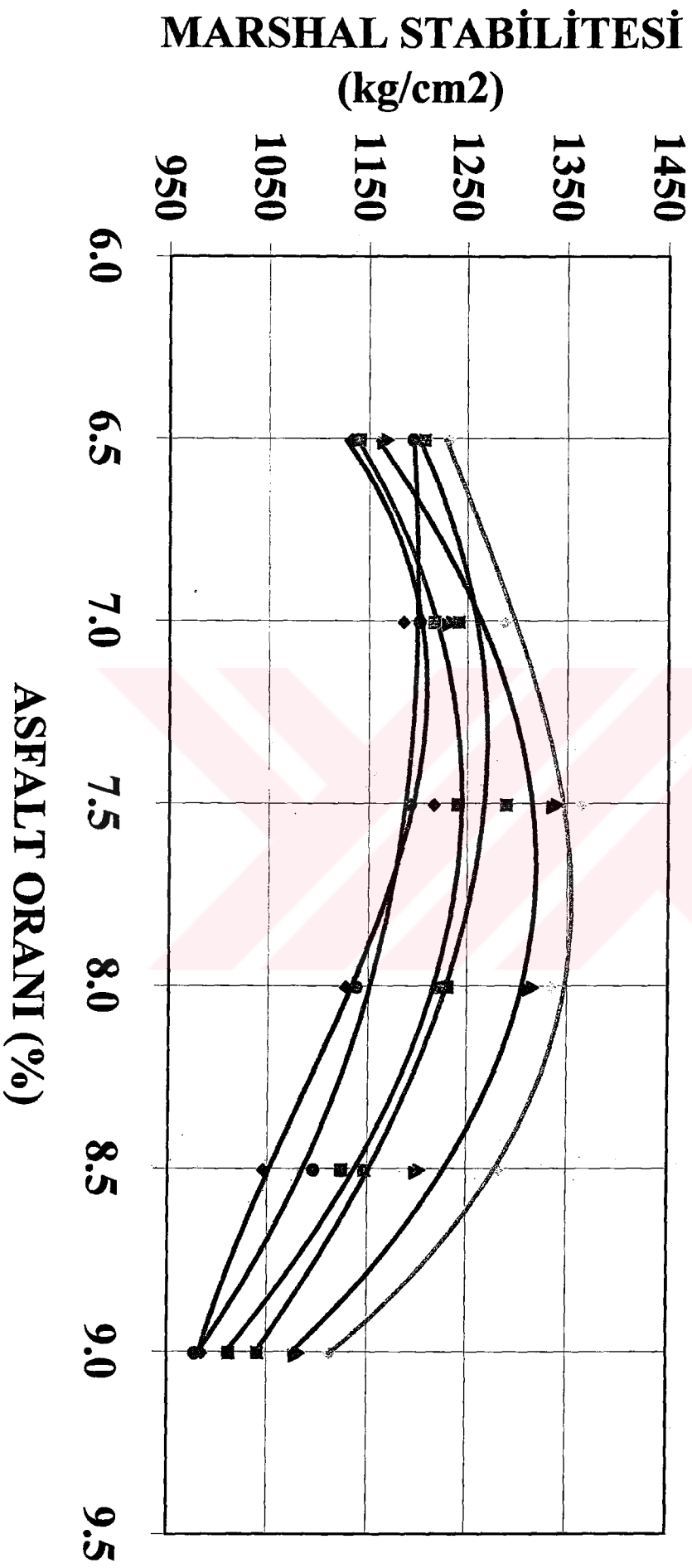
$$MS_{8,5} = -39,304x^3 + 114,01x^2 + 23,888x + 1042,6$$

$$R^2 = 0,8273$$

$$MS_9 = -35,594x^3 + 117,7x^2 - 37,375x + 982,54$$

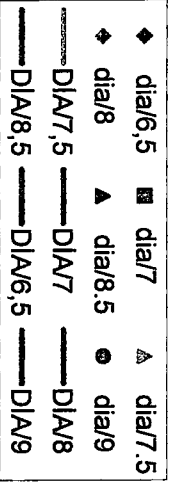
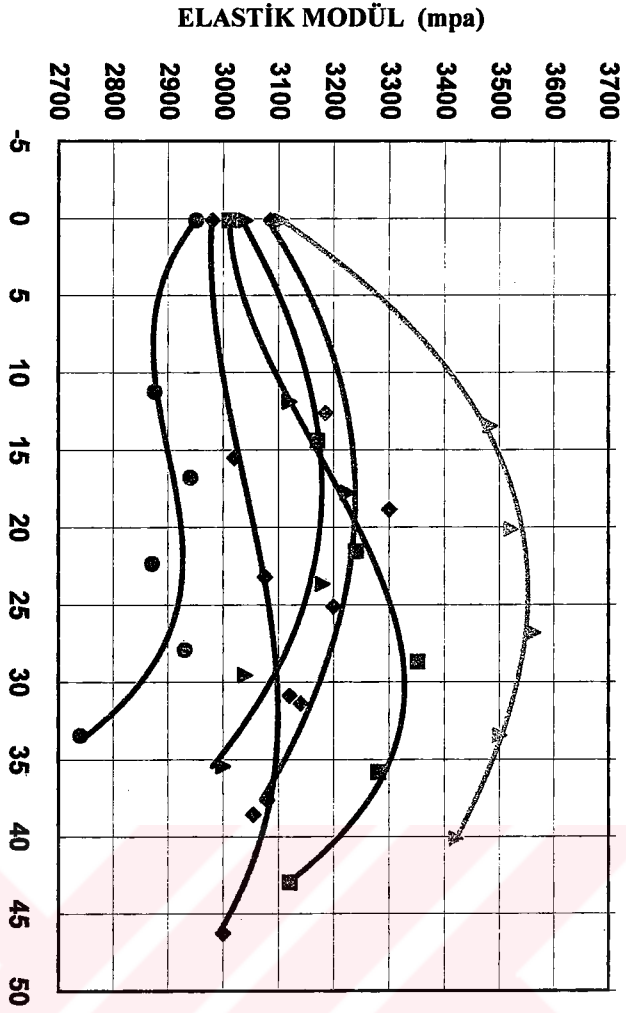
$$R^2 = 0,8916$$

ASFALT ORANI-MARSHALL STABİLİTESİ İLİŞKİSİ



◆ 0.00 ■ 1.00 ▲ 1.50 ◆ 2.00 ■ 2.50 ● 3.00 — %2 — %2,5 — %1,5 — %1,0 — %3,0 — %0,0

DIATOMİT/ASFALT ORANI-ELASTİK MODÜL İLİŞKİSİ



$$E_{DIA/6,5} = -0,0089x^3 + 0,4503x^2 - 1,5264x + 2978,3$$

$$R^2 = 0,9102$$

$$E_{DIA/7} = -0,0222x^3 + 0,9889x^2 + 0,8355x + 3010,8$$

$$R^2 = 0,9798$$

$$E_{DIA/7,5} = 0,0064x^3 - 1,0773x^2 + 40,78x + 3106,1$$

$$R^2 = 0,9945$$

$$E_{DIA/8} = 0,0015x^3 - 0,5498x^2 + 18,267x + 3080$$

$$R^2 = 0,821$$

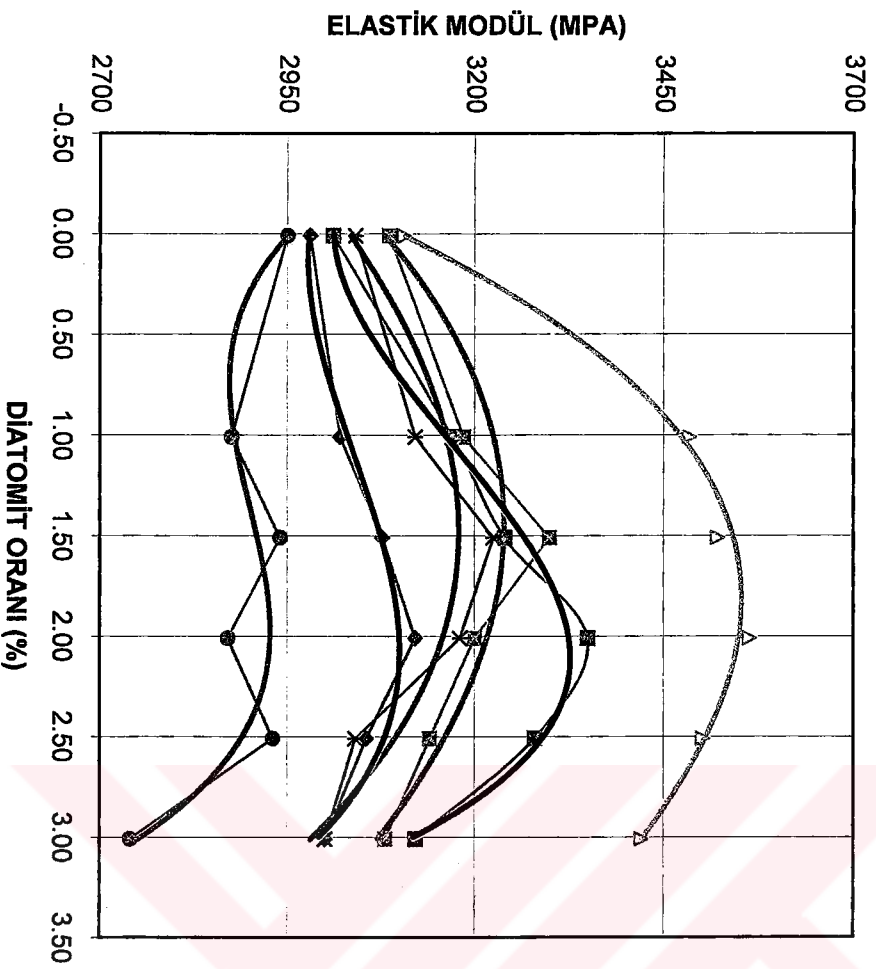
$$E_{DIA/8,5} = -0,0037x^3 - 0,3526x^2 + 15,596x + 3033,8$$

$$R^2 = 0,8073$$

$$E_{DIA/9} = -0,0415x^3 + 1,8659x^2 - 22,046x + 2950,7$$

$$R^2 = 0,8028$$

DIATOMİT ORANI-ELASTİK MODÜL İLİŞKİSİ



$$E_{6,5} = -32,406x^3 + 106,59x^2 - 23,482x + 2978,3$$

$$R^2 = 0,9102$$

$$E_7 = -64,638x^3 + 201,82x^2 + 11,936x + 3010,8$$

$$R^2 = 0,9798$$

$$E_{7,5} = 15,101x^3 - 191,53x^2 + 543,73x + 3106,1$$

$$R^2 = 0,9945$$

$$E_8 = 2,8986x^3 - 85,901x^2 + 228,34x + 3080$$

$$R^2 = 0,821$$

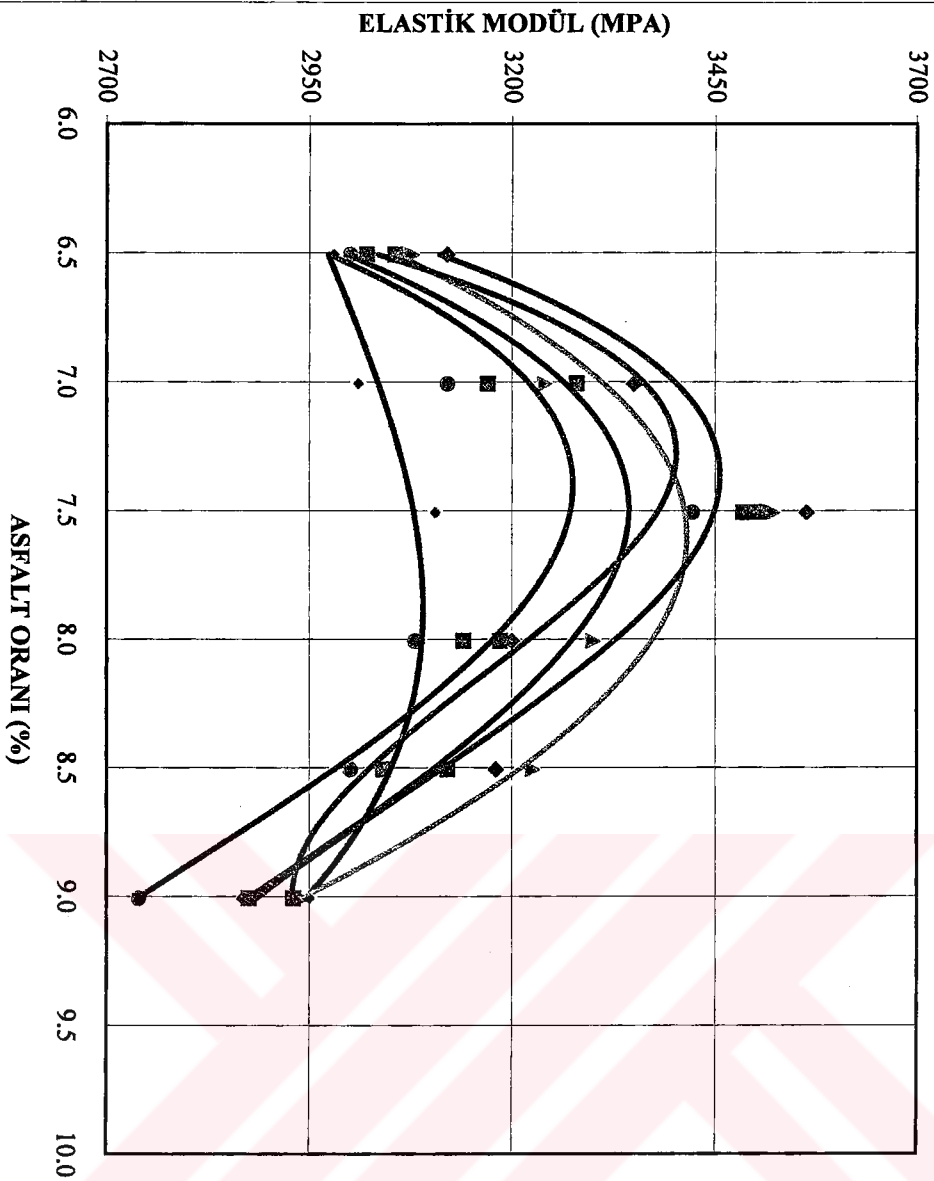
$$E_{8,5} = -6,087x^3 - 48,799x^2 + 183,48x + 3033,8$$

$$R^2 = 0,8073$$

$$E_9 = -56,957x^3 + 230,35x^2 - 244,95x + 2950,7$$

$$R^2 = 0,8028$$

ASFALT ORANI-ELASTİK MODÜL İLİŞKİSİ



$$E_0 = -20,741x^3 + 399,37x^2 - 2431,3x + 7599,1$$

$$R^2 = 0,9175$$

$$E_1 = 60,815x^3 - 1663,3x^2 + 14679x - 38846$$

$$R^2 = 0,817$$

$$E_{1,5} = 22,889x^3 - 794,24x^2 + 8103,4x - 22344$$

$$R^2 = 0,8833$$

$$E_2 = 103,11x^3 - 2656,8x^2 + 22349x - 58226$$

$$R^2 = 0,8637$$

$$E_{2,5} = 185,11x^3 - 4515,2x^2 + 36300x - 92982$$

$$R^2 = 0,8621$$

$$E_3 = 66,963x^3 - 1801,5x^2 + 15658x - 41080$$

$$R^2 = 0,8253$$

KAYNAKLAR

1. ÇAKIROĞLU, M., Doğu Karadeniz Bölgesine Uygun Trafik Tahmin Modelinin Araştırılması, **Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon. 1993.**
2. CAREY, W.and IRIC, P., The pavement Serviceability-Performance concept, **Highway Research Board Special Report 61E, AASHO Road test. 1962.**
3. Pavement Performance Trends, **AASHO GUIDE for Design of Pavements Structure, Washington, D.C. 1986.**
4. Yoder,E.J. and Witczak, M.W., Principles of Pavement Design, 2nd ed., John Wiley & sons, Inc., New York. 1975.
5. ÇAKIROĞLU, M., Doğu Karadeniz Bölgesine Uygun Trafik Tahmin Modelinin Araştırılması, **Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon. 1993.**
6. LIDDLE, W. I.,Aplication of AASHO Road Test Results to Design of Flexible Pavement Structures, **Proceedings on the Structural Design of Asphalt Pavements, Held at the University of Michigan. Ann Arbor. 1963.**
7. UMAR, F. and AĞAR, E., **Yol Üstyapısı İ.T.Ü.İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul. 1991.**
8. ÇAKIROĞLU, M., Doğu Karadeniz Bölgesi Ulaşımı ve Aşırı Dingil Yüklü Araçların Yollara Verdiği Zararlar, **T.M.M.O.B İnşaat Mühendisleri Odası, Teknik dergi cilt 6, sayı 2, Ankara. 1995.**
9. Karayolları.Genel.Müdürlüğü., Asfalt ve Çimento Betonu Kaplamaların Bakımı, **K.G.M. Matbaası, Ankara. 1973.**
10. Karayolları Genel Müdürlüğü., Karayolları esnek Üstyapı Projelendirme Rehberi, **K.G.M. Matbaası, Ankara. 1995.**
11. Karayolları Genel Müdürlüğü, Karayolları Bakımı Cilt 1, **K.G.M.Matbaası, Ankara. 1991.**

12. Malkoç, G., Güngör, N., Dumanlılar, N., Çeşitli Katkı Maddeleri İle Modifiye edilen Asfalt Çimentolarının Özelliklerindeki Değişimler. 1. Ulusal Asfalt Sempozyumu. İstanbul. 1996.
13. The Shell Bitumen Handbook
14. Asphalt Calender. 1994.
15. Warszawa, D.S., European Asphalt Magazine, No 4-23. 1994.
16. British Standart, BS 1447. 1988.
17. Malkoç, G., Güngör, N., Dumanlılar, N., Çeşitli Katkı Maddeleri İle Modifiye edilen Asfalt Çimentolarının Özelliklerindeki Değişimler. 1. Ulusal Asfalt Sempozyumu. İstanbul. 1996
18. Endüstriyel Hammaddeler, Maden Teknik Araştırma Enstitüsü .H.M. Dairesi Yayınları, Ankara. 1978.
19. Yurtbaşı, S., Türkiye Diatomit Envanteri, M.T.A yayın No: 138., Ankara. 1965.
20. İndirekt Çekme Test'i standart deney metodu. Umatta Asfalt deneyleri kitapçığı. Umatta.İngiltere. 1995.
21. Bitümlü Malzemeler için Standart Deney metodları. Umatta Asfalt Testleri. Umatta. İngiltere. 1995.
22. İndirekt Çekme Modülü test'i Ele-Umatta Universal Materials Testing Aparatus for Asfphalt and Unbound Specimens, Reference and Operating Manual. Bölüm 6.ELE. 1994
23. İndirekt Çekme Modülü test'i Universal Materials Testing Aparatus for Asfphalt and Unbound Specimens, Reference and Operating Manual. Bölüm 6.2.1.ELE. 1994
24. İndirekt Çekme Modülü Test'I Numune kullanma prosedürü. EIE .1994.
25. Test Kullanım Parametreleri. Ele Umatta Referance and Operating Manual. Umatta. 1994

- 26. Tipik İşlem Basamakları. Ele- Umatta Referance and Operating Manual. Umatta . 1994.**
- 27. İndirekt Çekme Yorulması Test'i Ele- Umatta Referance and Operating Manual Bölüm 7. Umatta . 1994.**
- 28. İndirekt Çekme Yorulması Test'i (Fatigue) Ele- Umatta Referance and Operating Manual Bölüm 7.1. Umatta . 1994.**



ÖZGEÇMİŞ

1964 Yılında Ankara’da doğdu. 1976 yılında Anıttepe İlkokulu’nu, 1982’de Bahçelievler Deneme Lisesini bitirdi. 1987 yılında Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Yine aynı yıl aynı fakültenin İnşaat Mühendisliği Bölümünde Ulaştırma Anabilim Dalında, Araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünde, 1990 Yılında yüksek lisans çalışmasını tamamladı. Aynı yıl G.Ü.M.M.F. İnşaat mühendisliği bölümünde doktora çalışmasına başladı ve halen aynı üniversite görev yapmaktayım.



T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULTAYI
DOKÜMAN İZLEME MERKEZİ