

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fırat YELKEN

BELEN – TOPBOĞAZI (HATAY) ARASI YOL YAPIM ÇALIŞMALARI

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2009

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BELEN – TOPBOĞAZI (HATAY) ARASI YOL YAPIM ÇALIŞMALARI

Fırat YELKEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ç.Ü.
FENBİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

Bu tez .../.../2009 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

İmza:.....	İmza:.....	İmza:.....
Prof. Dr. Mesut ANIL	Doç. Dr. Alaettin KILIÇ	Doç. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

İmza:.....	İmza:.....
Doç. Dr. H. Murat ARSLAN	Doç. Dr. Özen KILIÇ
ÜYE	ÜYE

Bu tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BELEN – TOPBOĞAZI (HATAY) ARASI YOL YAPIM ÇALIŞMALARI

Fırat YELKEN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Prof. Dr. Mesut ANIL

Yıl : 2009, **Sayfa:**79

Jüri : Pof. Dr. Mesut ANIL

Doç. Dr. Alaettin KILIÇ

Doç. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ

Doç. Dr. H. Murat ARSLAN

Doç. Dr. Özen KILIÇ

Bu tez çalışmasında, Belen-Topboğazı Yolunun yapımında kullanılan agrega ve asfalt bitümlerinin uygun karışım yapılarak yola çeşitli tabakalar halinde serildikten sonra kontrol testleri yapıp Karayolları Teknik Şartnamesine uygunluğu irdelenecektir. Şartnamede belirtilen deneylerin tamamı standartlar dahilinde müteahhit firmanın laboratuvarında Türkiye Cumhuriyeti Karayolları laboratuvar teknisyeni kontrolünde yapılmıştır. Ayrıca yol yapımında kullanılan iş makineleri tanıtılarak bunların nasıl daha verimli çalıştırılabileceği irdelenmiştir. Sonuç olarak deney sonuçlarının şartname sınırları içerisinde olması ve kontrol mekanizmasının işleyişi yüksek kalitenin yakalanmasında büyük rol oynamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yol, Agrega, Asfalt, Teknik Şartname, Kontrol Mekanizması.

ABSTRACT
MSc THESIS

ROAD OF BETWEEN BELEN-TOPBOGAZI (HATAY) BUILDING WORKS

Firat YELKEN

DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF CUKUROVA

Supervisor: Prof. Dr. Mesut ANIL
Year : 2009, **Page:** 79
Jury : Prof. Dr. Mesut ANIL
Assoc. Prof. Dr. Alaettin KILIÇ
Assoc. Prof. Dr. Özen KILIÇ
Assoc. Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
Assoc. Prof. Dr. H. Murat ARSLAN

In this thesis, it is aimed at ensuring the compliance with the technical requirements of highway by means of implementing some kinds of tests and making a appropriate mixture of agreg and asphalt bitumens used at building the road of Belen-Topboğazı after spreading out in the form of miscellaneous layers. All the tests have been performed during building stage at the contractor's firm lab. by Turkish Republic Highway laboratory technician acc. to standards identified at the spesifications. Moreover, it is explicated how to be run the machines by means of introducing the ones used at building roads. As a result, it plays a key part at the high quality due to the fact that The experimental results are satisfied acc. to spesifications and the control feature is established.

Key words: Road, Agreg, Asphalt, Technical Spesification, Control Feature.

TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Anabilim Dalı'nda yapmış olduğum Yüksek Lisans çalışmamda bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, karşılaştığım sorunlara çözüm üreterek, çalışmalarımın olabildiğince sağlıklı sürmesini sağlayan değerli danışman hocam Prof. Dr. Mesut ANIL'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında takıldığım sorulara birlikte cevap arayan ve benden yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Doç. Dr. Özen KILIÇ ve Doç. Dr. A. Mahmut KILIÇ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kontrol deneylerinin yapılış aşamasında olsun, kaynak temininde olsun ve gerekse tecrübeleri konusunda olsun bana yardımcı olan inşaat mühendisi ve şantiye şefi Sinan BOSTAN'a, T.C.K 5. Bölge asfalt başmühendisi Mehmet BİLGİLİ'ye, inşaat mühendisi Ali DEBBAĞ'a, firmanın teknik işler koordinatörü Yaşar BAHÇECİ'ye, T.C.K 5. Bölge çalışanlarından Ömür ALTIN'a, jeoloji mühendisi arkadaşım Ahmet SEZEN'e, malzeme ve metalurji mühendisi arkadaşım Ferhat SADAY'a ve babam Musa YELKEN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bana bu imkanı sağlayan TÜSAN Yapı San. A.Ş. yönetim kurulu başkanı Abdullah HAMİDİ'ye, katkı ve desteklerinden dolayı da aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
SİMGELER VE KISALTMALAR	XI
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
2.1. Bölgenin jeolojisi.....	5
2.1.1. Hacıdağ Formasyonu.....	5
2.1.2. Kıcı Formasyonu.....	5
2.1.3. Kepez Formasyonu.....	6
2.1.4. Gökdere Formasyonu	6
3. MATERYAL VE METOT.....	8
3.1. Materyal.....	8
3.1.1. Agregalar.....	8
3.1.1.1. Agregaların Sınıflandırılması.....	8
3.1.1.1.(1). Mineralojik Sınıflandırma.....	8
3.1.1.1.(2). Boyut Sınıflandırması.....	9
3.1.1.1.(3). Gradasyon Sınıflandırması.....	10
3.1.1.1.(4). Biçim Sınıflandırması.....	11
3.1.1.1.(5). Yüzey Yapısı Sınıflandırma.....	15
3.1.1.1.(6). Porozite Sınıflandırması.....	15
3.1.1.1.(7). Yüzey Alanı ve Boşluk Sınıflandırma.....	16
3.1.1.1.(8). Özgül Ağırlık Sınıflandırması.....	18
3.1.2. Karışımda Kullanılacak Bitümlü Bağlayıcılar.....	21
3.1.3. Yapıştırıcı ve Astar Olarak Kullanılacak Bitümlü Malzemeler.....	22
3.1.4. Yol Yapımı İçin Kullanılan Makineler.....	22

3.1.4.1. Konkasör Tesisi.....	22
3.1.4.2. Mekanik Plent.....	23
3.1.4.3. Asfalt Üretim Plenti.....	24
3.1.4.4. Serme ve Sıkıştırma Kullanılan Makineler.....	26
3.2. Metot.....	29
3.2.1. Kıcı Taşocağından Üretilen Malzemenin Özellikleri ve Yapılan Deneyler.....	29
3.2.1.1. İri Agrega İçin Özgül Ağırlık Deneyi.....	29
3.2.1.2. İnce Agrega İçin Özgül Ağırlık Deneyi	30
3.2.1.3. Hidrometre Deneyi	31
3.2.1.4. Porozite Deneyi.....	32
3.2.1.5. Donmaya Karşı Dayanıklılık.....	33
3.2.1.6. Agregaların Aşınma Mukavemeti (Los Angeles Dene.....	33
3.2.2. Asfalt Çimentosunun Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi.....	35
3.2.2.1. Penetrasyon Deneyi	35
3.2.2.2. Düktilite Deneyi	35
3.2.2.3. Özgül Ağırlık Deneyi.....	36
3.2.2.4. Stabilite ve Akma Deneyleri.....	36
3.2.3. Yol Tabakalarının Serim İşlemi.....	37
3.2.3.1. Alttemel.....	37
3.2.3.2. Plent - Miks Temel (PMT).....	41
3.2.3.3. Bitümlü Temel.....	45
3.2.3.3.(1). Mineral Agrega ve Genel Özellikleri.....	45
3.2.3.3.(1).(a). Kaba Agrega.....	46
3.2.3.3.(1).(b). İnce Agrega.....	48
3.2.3.3.(1).(c). Mineral Filler.....	48
3.2.3.3.(2). Yapım Şartları.....	49
3.2.3.3.(2).(a). Yolun Hazırlanması.....	50
3.2.3.3.(2).(b). Karışımın Taşınması.....	51
3.2.3.3.(2).(c). Karışımın Serilmes.....	51
3.2.3.3.(2).(d). Deneme Kesimi.....	52

3.2.3.3.(2).(e). Karışımın Sıkıştırılması.....	54
3.2.3.3.(2).(f). Silindiraj Esasları.....	55
3.2.3.4. Asfalt Betonu Binder ve Aşınma Tabakaları.....	56
3.2.3.4.(1). Yolun Hazırlanması.....	56
3.2.3.4.(2). Bitümlü Yapıştırıcı Malzemesinin Uygulanması.....	58
3.2.3.4.(3). Karışımın Serilmesi.....	59
3.2.3.4.(4). Deneme Kesimi.....	61
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	65
4.1. Alttemel Tabakası.....	65
4.2. Plent Miks Temel (PMT).....	67
4.3. Bitümlü Karışımlar.....	68
4.4. Asfalt Betonunun Sahip Olması Gereken Özellikler.....	74
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	76
KAYNAKLAR.....	78
ÖZGEÇMİŞ.....	79

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Agreg a Yüzey Alanı Faktörü	18
Çizelge 3.2. Kıcı Kalker Ocağına Ait Agreganın Kimyasal İçeriğı.....	29
Çizelge 3.3. Kullanılan Kalker Agregasının Özellikleri.....	34
Çizelge 3.4. Konkasörde Elde Edilen Malzemenin Alttemel Dizaynı.....	38
Çizelge 3.5. Alttemel Malzemesi Gradasyon Limitleri.....	38
Çizelge 3.6. Alttemel Malzemesinin Fiziksel Özellikleri.....	40
Çizelge 3.7. Kalite Kontrol Deneyleri.....	40
Çizelge 3.8. Plent-Miks Temel Tabakası Gradasyon Limitleri.....	41
Çizelge 3.9. Kalite Kontrol Deneyleri.....	44
Çizelge 3.10. Bitümlü Temel Tabakası İçin Gradasyon Limitleri.....	46
Çizelge 3.11. Kaba Agreganın Özellikleri.....	47
Çizelge 3.12. İnce Agreganın Özellikleri.....	48
Çizelge 3.13. Mineral Fillerin Gradasyon Limitleri.....	49
Çizelge 3.14. Malzemelerin Karıştırma Sıcaklıkları.....	50
Çizelge 3.15. Plentten Çıkan Karışımın Sıcaklığı.....	50
Çizelge 3.16. Karışımın Serim Sıcaklıkları.....	50
Çizelge 3.17. Binder Tabakası İçin Gradasyon Limitleri.....	57
Çizelge 3.18. Aşınma Tabakası İçin Gradasyon Limitleri.....	57
Çizelge 3.19. Bitümlü yapıştırıcıların püskürtme sıcaklıkları.....	58
Çizelge 4.1. Konkasörde Elde Edilen Malzemenin Alttemel Dizaynı.....	65
Çizelge 4.2. Alttemel Malzemesinin Gradasyonu.....	65
Çizelge 4.3. Alttemel Tabakası Sıkışma Raporu.....	66
Çizelge 4.4. Konkasörde Elde Edilen Malzemenin Alttemel Dizaynı.....	67
Çizelge 4.5. Alttemel Malzemesinin Gradasyonu.....	67
Çizelge 4.6. PMT Sıkışma Raporu.....	68
Çizelge 4.7. Bitümlü Temel Karışım Reçetesi.....	69
Çizelge 4.8. Binder Tabakası Karışım Reçetesi.....	69
Çizelge 4.9. Bitümlü Temel Araştırma Raporu.....	70
Çizelge 4.10. Bitümlü Temel Araştırma Raporu Devamı.....	71

Çizelge 4.11. Binder Tabakası Araştırma Raporu.....	72
Çizelge 4.12. Binder Tabakası Araştırma Raporu Devamı.....	73
Çizelge 4.13. Aşınma Tabakası Karışım Reçetesi.....	74

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Belen – Topboğazı Yolunu Gösteren Kroki.....	2
Şekil 1.2. Belen İlçe Merkezinden Başlayan Kazı Çalışması.....	3
Şekil 3.1. Agregada Gradasyon Tipleri	10
Şekil 3.2. Agregada Tane Biçim Sınıflandırılması (2 boyutlu).....	12
Şekil 3.3. Agregada Tane Biçim Sınıflandırması	12
Şekil 3.4. Yassılık ve İnce-Uzunluk Tayini	14
Şekil 3.5. Yassılık ve İnce-Uzunluk Tayini Test Aparatları	14
Şekil 3.6. Yüzey Yapısı Sınıflandırması.....	15
Şekil 3.7. Porozite Sınıflandırması.....	16
Şekil 3.8. Tane Çapı-Yüzey Alanı ve Tane Çapı- Boşluk Oranı ilişkisi.....	17
Şekil 3.9. Agregada Tanesindeki Hacim ve Ağırlık İlişkisi.....	19
Şekil 3.10. İnce Malzeme Özgül Ağırlık Testi (Balon Metodu).....	20
Şekil 3.11. Kaba Malzemenin Özgül Ağırlık Testi.....	21
Şekil 3.12. Konkasör Tesisi.....	23
Şekil 3.13. Dört Silodan Oluşan Plant – Miks Temel Üretim Tesisi.....	24
Şekil 3.14. Saatte 160 Ton Kapasiteli ÇESAN Marka Yerli Asfalt Plenti.....	25
Şekil 3.15. Toplama Bandı Üzerindeki Malzemenin Dryer’e Akışı.....	26
Şekil 3.16. Serimde Kullanılan Greyder ve Silindir.....	26
Şekil 3.17. Elektronik Duyargalı Finişer	27
Şekil 3.18. Lastik Tekerlekli Silindir (Vabil).....	28
Şekil 3.19. Çift Demir Bandajlı Silindir.....	28
Şekil 3.20. Sulanıp Sıkıştırılan Zemin.....	39
Şekil 3.21. Yağmur Suyu Drenajını Sağlayacak Beton Hendek.....	39
Şekil 3.22. Finişer ile PMT Serimi	42
Şekil 3.23. Lastik Tekerlekli Silindir (Vabil) ile PMT Sıkıştırma İşlemi.....	43
Şekil 3.24. Ofset Kazıkları Üzerinde Gerili 3mm Kalınlıkta Çelik Tel.....	43
Şekil 3.25. Finişer ile Bitümlü Temel Serimi.....	52
Şekil 3.26. Elektromagnetik Yoğunluk Ölçüm Cihazı.....	53
Şekil 3.27. İki Demir Bandajlı Bir Lastik Tekerlekli İle 3 Silindirin Çalışması.....	55

Şekil 3.28. Alt Tabakanın Basınçlı Hava İle Temizlenmesinde Kullanılan Kompresör.....	58
Şekil 3.29. Bitümlü Yapıştırıcının Distribütör İle Uygulanması.....	59
Şekil 3.30. Finaşerin Asfalt Serme Kalınlığını Belirleyen Çelik Tel Sistemi.....	60
Şekil 3.31. Yolun Uygun Olması ve Çift Finaşer ile Çalışma.....	61
Şekil 3.32. Yapışmayı Önlemek İçin Silindirin Demir Bandajlarına Su Püskürtölme.....	61
Şekil 3.33. Sıkıştırma Sonrası Yola Bir Bakış.....	62
Şekil 3.34. Römorklu Karot Alma Makinesi ve Aldığı Karotlar (d=10cm).....	62
Şekil 3.35. Çizgi Çizme Makinesi.....	63
Şekil 3.36. Yapımı Biten Yoldan Genel Görünüm.....	64
Şekil 3.37. Yapımı Biten Yolun Görünümü.....	64

SİMGELER VE KISALTMALAR

T.C.K.: Türkiye Cumhuriyeti Karayolları,
I.R.I. : Uluslar arası Pürüzlülük İndeksi,
S.F.C. : Yanal Sürtünme Kuvveti Katsayısı,
PMT : Plent-Miks Temel

1. GİRİŞ

Belen – Topboğazı yolu Hatay ilinin Belen ilçe merkezinden (12+000 km) başlayıp Topboğazı (29+000 km) Kırıkhan yol ayrımı kavşağında bölünmüş çift şeritli yolla birleşme noktasında son bulmaktadır. Ağır tonajlı araçların çalıştığı uluslararası bir yol olması dolayısıyla üç şerit olan yolun bölünmüş çift şeritli yola çıkarılması trafik açısından büyük önem taşımaktadır.

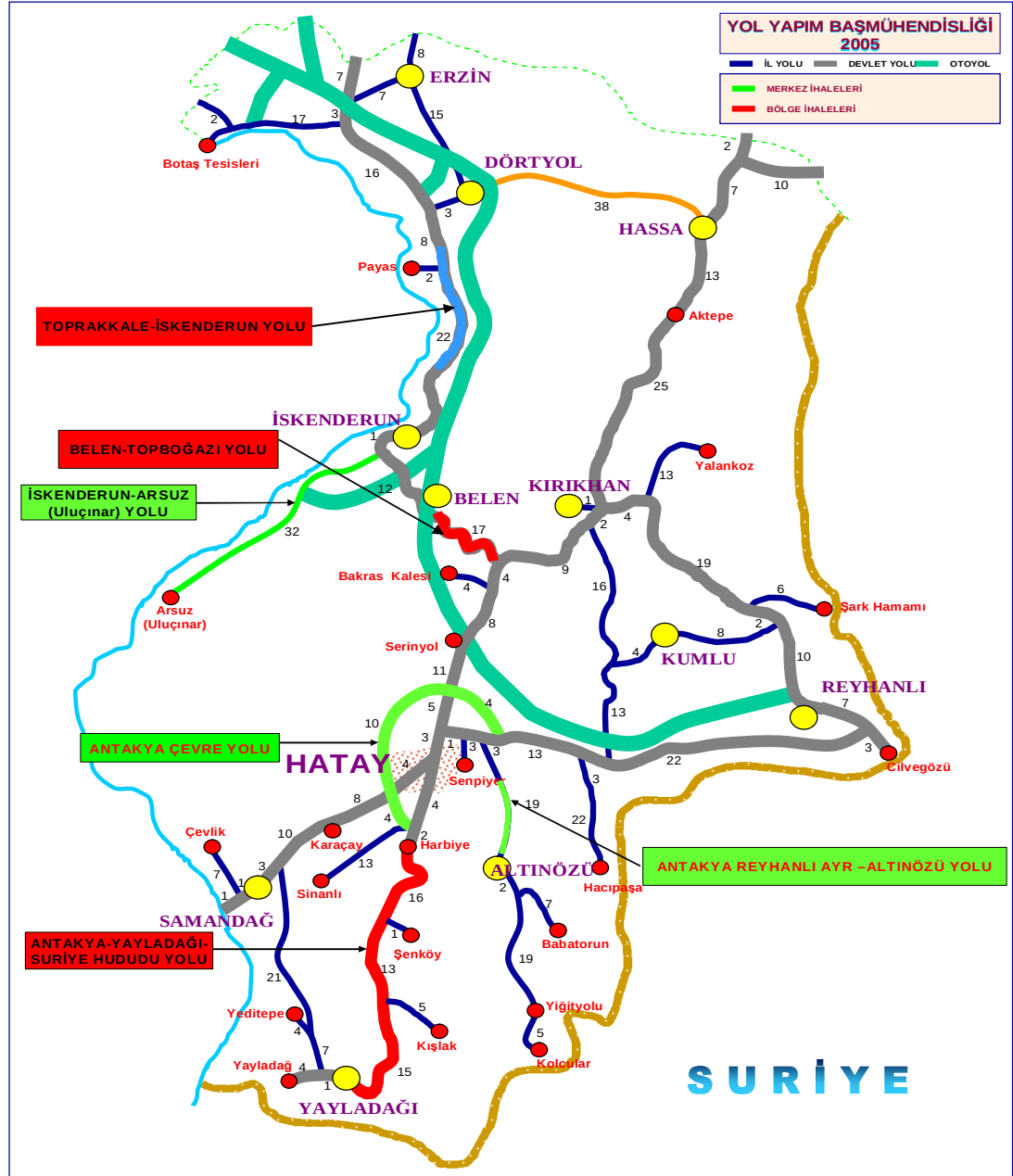
Karayolları 5. bölge müdürlüğü tarafından 01.03.2005 tarihinde ihale edilen yolun yapımını özel bir firma üstlenmiş olup yolun toprak işleri, sanat yapıları ve üst yapı asfalt yapımını firma taahhüt etmiştir.

Belen – Topboğazı yolunu gösterir kroki Şekil 1.1.'de gösterildiği gibi uluslararası bir güzergah üzerinde yer almaktadır. İskenderun ile Belen ilçeleri arası ve Topboğazı ile Hatay ili arası çift gidiş gelişten oluşmaktadır. Yani Belen–Topboğazı yolunun tamamlanmasıyla İskenderun – Hatay yolunun tamamı çift gidiş gelişli yola kavuşacak ve daha rahat bir trafik akışı sağlanacaktır.

Yol yapımını üstlenen firma malzeme üretim tesisi ve şantiye oturma alanını taş ocağına yakınlığı ve makine ikmal kolaylığı açısından yapılacak 17 km' lik yolun başlangıç noktasından itibaren orta mesafe sayılan 20 + 500 noktasına tekabül gelen Kıcı Köyü sınırları içerisinde kurmayı tercih etmiştir.

Yol yapım çalışmalarında önceden bilinen bir yöntemin (Esnek Kaplama-Beton Asfalt) Belen – Topboğazı yolunda uygulanması, yapılan kontrol deneylerinde elde edilen sonuçların Karayolları Teknik Şartname verileri sınırları dahilinde olması amaçlanmaktadır.

Kimi yerin iki kimi yerin de üç şerit olan yolun iki gidiş-iki dönüş şeklinde dört şeride çıkarılması planlanmaktadır. Mevcut yolun banket kısmında kalan yüksek yerlerin 59 cm kazılması, çukur olan yerlerin de mevcut yola 59 cm'lik bir seviyeye kadar da dolgu yapılması şeklinde yol yapımına başlanmıştır. Şekil 1.2.'de görüldüğü gibi kazı çalışmalarına başlanmıştır.



Şekil 1.1. Belen – Topboğazi Yolunu Gösteren Kroki (T.C.K, 2005)

Herhangi bir kaza veya zarara yol açmamak için yer altı düzeneklerinin (elektrik, telefon ve boru hattı) bulunabilmesine karşın kazı çalışmaları başlamadan önce Belediye, Botaş, Telekom ve Tedaş müdürlükleri kazı ile ilgili bilgilendirilmeli gerekirse onlardan birer görevli kontrolünde kazı çalışmaları sürdürülmelidir.



Şekil 1.2. Belen İlçe Merkezinden Başlayan Kazı Çalışması

Bölgenin jeolojik yapısı gereği zeminin kil ve kırılgan marn ihtiva etmesi dolayısıyla kazı işlemi ekskavatör yardımıyla zorlanmadan yapılmıştır. Kazılan zeminden çıkan artık malzeme dolgu gerektiren kısımlara taşınmıştır.

Belen ilçe merkezinden başlatılan kazı çalışmaları yapılacak yolun tabakalarının sağlıklı bir şekilde serilip sıkıştırılması için zeminin sulanıp tekrar sıkıştırılması gerekir, aksi taktirde zemindeki büyük ölçüde oluşan ondülasyonlar her tabakaya yansiyarak yüzeye kadar iletilir. Böylece bozuk satih elde edilmiş olur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Belen-Gedik-Çakallı yolu Hatay'ın Fransız sömürgesi olduğu dönemlerde Belen ilçesinin yamaç mahallesinden başlayarak Gedik mahallesinden dere yatağını takip edip Çakallı üzerinden Topboğazı'na bağlantısı yapılmıştır. Bu yol hala mevcut olup kullanımdadır. Ancak yolun dar ve dere yatağından geçmesi Belen – Topboğazı yolunun cumhuriyet tarihinden sonra Kıcı Köyü güzergâhından geçirilmesi gündeme gelmiştir.

Kıcı güzergâhı üzerinden Topboğazı'na ulaşan yolun ne zaman inşaa edildiği Karayolları 5. Bölge Müdürlüğü Arşivlerinden silindiğinden net olarak bilinmemektedir.

Bölgenin jeolojik yapısı dolayısıyla Belen – Topboğazı arasında zaman zaman heyelanlar zaman zaman da yolda göçükler meydana gelmiştir.

1986 yılında yolun tam anlamıyla ensek yapıya kazandırılması ve sıcak asfalta kavuşması çalışmalarına başlanmıştır. Heyelan ve göçük olan bölgeler temizlenerek yeniden şev stabilitesi düzenlenmiştir.

Karayolları 5. Bölge tarafından ihalesi müteahhit Ali CANPOYRAZ'a verilmiş olup çalışmalar aralıksız devam etmiştir.

Zemin yapısı bakımından zor bir bölge olan Kıcı formasyonunda killi ve kırıklı yapının hakim olması çalışmaların 4 yıl sürmesine neden olmuş, yolun alt yapısı ve asfalt çalışmaları 1990 yılında ancak bitirilebilmiştir.

Belen fayı dolayısıyla ara ara bozulmalar meydana gelen yolda Karayolları yol bakım ekiplerince onarımı yapılmıştır.

Ancak heyelanların artması ve yamaç tarafında kalan şeritlerin büyük tehlike arz etmesiyle yolun genişletilerek güvenliğin sağlanması ve ulaşımın rahatlatılması gündeme gelmiştir.

2004 yılında ihalesi Teryap İnşaat Tic. Ltd. Şti. tarafından alınan yolda genişletme çalışmaları için büyük çapta delme-patlatma işleri yapılmıştır. Bazı yamaç kenarlarına beton sutreler yapılarak patlatmada çıkan taşlar bu sutrelerin arkasındaki boşluklara atılarak yol genişletilmiştir.

Aynı zamanda bozulan bölgelerin yapımını bir başka firma olan Muşlular İnşaat üstlenmiş olup 2004 yılında sıcak asfalt çalışmalarında bulunmuştur.

2.1. Bölgenin Jeolojisi

2.1.1. Hacıdağ Formasyonu

Osmaniye'ye bağlı Kaypak (Serdar) kasabası kuzey batısında yer alan, Hacıdağ'da tip lokalitesi gözlenen birim için Yılmaz ve Diğerleri (1984) tarafından hacıdağ formasyonu adı verilmiş olup, daha sonra Amanoslarda çalışmalarda bulunmuş olan Günay (1984)'da birimi aynı adla tanımlamıştır.

Hacıdağ formasyonu çalışma alanının batı kesiminde oldukça geniş bir alanda yayılım göstermekte ve genel olarak bitki örtüsünün çok zayıf olduğu açık renkli çıplak tepeleri oluşturmaktadır.

Hacıdağ formasyonu genel olarak marn ve kireçtaşları ile temsil edilir. Tabanda Cona formasyonu ile olan dokanağında sarımsı-yeşil renkli, ince-orta tabakalı, orta dayanımlı, yer yer laminlanma gözlenen marn ve killi kireçtaşları yer alır. Bunların üzerinde ise ayrılmış yüzeyi pembemsi-açık-açık gri, taze kırık yüzeyi sarımsı-açık yeşil, ince-orta tabakalı, sert sağlam yapılı, keskin köşeli kırıklı ve yer yer çört yumrularının gözlendiği kırıntılı bir seviye bulunmaktadır. Bu kırıntılı seviyeler arasında yer yer çok ince bantlar şeklinde kahverengimsi-yeşil renkli, dayanımsız, dilingen, yer yer laminasyonların gözlendiği marnlara sıkça rastlanmaktadır. Üst seviyelere doğru açık gri veya kirli beyaz renkli, orta tabakalı, sert sağlam yapılı, yer yer çört yumru ve bantları ile resif mercekleri içeren kireçtaşlarına geçilir.

2.1.2. Kıcı Formasyonu

Hakim çakıltası litolojisi ve kırmızı rengiyle belirgin olan bu birim çalışma alanında geniş sayılabilecek bir yayılıma sahiptir ve başlıca Delibekirli ve Kurtuluş köyü ile Kıcı köyü civarında genel olarak KD-GB uzanımlı olarak yüzeylenmektedir.

Birim başlıca, kahverengi ve kırmızı renkli, yuvarlak, yarı yuvarlak, iyi derecelenmeli ve kötü boyplanmalı, kum ve kil matriksli, serpantin, gabro, kireçtaşı, radyolarit ve çörtlerden türetme çakıllardan oluşmaktadır. Tane boyu birkaç mm'den 20 cm'ye kadar değişebilmektedir. Üst seviyelere doğru ayrılmış yüzeyi sarımsı-yeşil, ince taneli ve ince tabakalı, iyi derecelenmeli, orta dayanımlı, karbonat çimentolu ve az pekişmiş kumtaşı seviyelerine geçilmektedir. Belirtilen kumtaşı seviyeleri arasında koyu yeşil renkli, çok ince tabakalı, yer yer laminasyonlu, oldukça dayanımsız ve dilinimli yapıdaki çamurtaşları bulunmaktadır.

Birim tabanda üst Paleosen-Orta Eosen yaşlı Hacıdağ formasyonu üzerinde açısız uyumsuzlukla yer almakta, üzerine ise yine açısız uyumsuzlukla kepez formasyonu gelmektedir. Kıcı formasyonu için, Derman(1979) Harbiye kesitinde 85 m, Altınözü kesitinde 95 m, Şenköy-2 kesitinde 550 m. kalınlık belirlemiştir.

2.1.3. Kepez Formasyonu

Kepez formasyonu başlıca kireçtaşları ile temsil edilir. Birimin tabanında; ayrılmış yüzeyi bej-gri, taze kırık yüzeyi sarımsı-kirli beyaz renkli, ince-orta tabakalı, sert sağlam yapılı, yer yer erime boşluklu, karbonat çimentolu ve oldukça pekişmiş killi kireçtaşı yer almaktadır. Daha üst seviyelerde ise ayrılmış yüzeyi sarımsı-gri, bej taze kırık yüzeyi krem-açık renkli, yer yer belirsiz tabakalı, sert sağlam yapılı, keskin köşeli kırıklı ve mitritik dokulu, iri mercanlı, resif döküntüleri şeklinde gelişmiş kireçtaşları bulunmaktadır.

Kepez formasyonu, tabanda Kıcı formasyonu ile açısız uyumsuz konumlu, üzerindeki gökdere formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir.

2.1.4. Gökdere Formasyonu

Birim çalışma alanında başlıca; Gökdere köyü, Arkıçca köyü ve Kurtuluşoğuksu köyü civarındaki geniş bir alanda yüzölçümü vermektedir.

Birimin taban seviyelerinde; 5 m'lik kalınlığa ulaşan, ayrılmış yüzeyi koyu kahverengi benekli, taze kırık yüzeyi sarımsı-koyu yeşil, ince-orta tabakalı, yer yer laminasyonlu, orta dayanımlı, ince-orta taneli, kilden oluşan gevşek çimentolu, orta boyplanmalı ve küresel ayrışmalı, bolca tabaka üst yüzeyini gösteren ve oygu-doygu

izleri gibi yapıların gözleendiği kumtaşıları bulunmaktadır. Bu seviyelerin üzerinde, karbonat oranının artmasıyla, 130 m kalınlıkta, ayrıışmış yüzeyi kahverengimsi, sarı veya açık yeşil, taze kırık yüzeyi yeşilimsi-sarı, ince-orta tabakalı, karbonat çimentolu, orta dayanımlı, kıymıksı kırıklı marnlar bulunmaktadır. Belirtilen marnlı seviyenin üzerinde 350 m. kalınlıkta, ince tabakalar halinde kumtaşı-marn-çamurtaşı ardalanması gözlenmektedir. Tanımlanan ardalanmanın en üst kesiminde 10 m.'lik bir kumtaşı seviyesi ve bu seviyenin de üzerinde, bol miktarda Ostrea kavkılarının bulunduğu bir klavuz seviye bulunmaktadır. Bu klavuz seviyeden sonra tamamen marn ve onlarla ardalanmış çok ince tabakalı çamurtaşlarına geçilmektedir. Birim içerisinde, havza içerisine doğru hareketi temsil eden, çok sayıda KD-GB doğrultulu normal fay gözlenmektedir. Ayrıca birim, Gökdere mah. civarında, altındaki birimler gözlenmeksizin, birincil dokanakla ofiyolitlerin üzerinde bulunmaktadır.

3. MATERYAL VE METOT**3.1. Materyal****3.1.1. Agregalar**

Agrega yol kaplamasının stabilitesinden sorumlu olduğu kadar miktar olarak da önemli bir paya sahiptir. Çünkü bağlayıcısız temel ve alttemel tabakalarının tamamı bitümlü sıcak karışımların ağırlıkça %90-95'i ve hacimce %80-85'i beton (rijit) kaplamaların ağırlıkça %70-80'i ve hacimce %60-75'i agregadan sağlanır. Hem kaplamanın stabilitesine olan büyük katkısı hem de çok büyük miktarda gereksinim duyulmasından dolayı agreganın önemli bir yol malzemesidir.

3.1.1.1. Agregaların Sınıflandırılması

Agregalarda aranılan özellikler;

- Mineralojik
- Boyut
- Gradasyon
- Biçim
- Yüzey yapısı
- Porozite
- Yüzey alanı ve boşluk oranı
- Özgül ağırlık

olarak sınıflandırılabilir.

3.1.1.1.(1). Mineralojik Sınıflandırma

Agregalar genel olarak;

- Dere malzemesi
- Kırmataş
- Yapay taşlar

olarak elde edilir.

Dere malzemesinin (kum-çakıl) sahip olduğu olumsuz özelliklerden (yüzey faktörleri) dolayı alttemel hariç yol kaplamalarında kullanılmazlar. Ancak dere malzemesini konkasörlerde kırmak suretiyle elde edilen kırma çakıl ve kırma kum kaplama yapımında kullanılabilir. Yapay taşlar çoğunlukla yüksek fırın cüruflarından elde edilir. Cüruflar, genellikle çok gevrek ve poroz olmaları ayrıca yeterince üretilmedikleri ve üretilenleri ise çimento sanayisinde kullanıldıklarından ötürü yol kaplamalarında kullanılmamaktadır.

Yol kaplamalarında kullanılacak en ideal agrega, kayaların kırılması ile elde edilen kırmataş mineral agregalarıdır.

Kayalar;

- Püskürük (Mağmatik veya Katılaşım)
- Tortul (Sedimenter)
- Metamorfik (Başkalaşım)

olarak sınıflandırılan doğal malzemelerdir.

Püskürük (mağmatik veya katılaşım) kayalar, yüksek ısıda eriyik halde bulunan magmanın yeryüzüne çıktığında soğuması sonucu katılaşarak oluşurlar. Bazalt, andezit, granit, gabro, kuvars, riolit, porfir, aplit, pegmatit, diyorit, diyabaz, grafit, andezit, vb. kayalar bu sınıftan olup çok sert bir yapıya sahip ve porozlukları genel olarak düşüktür. Tortul kayalar, her türlü kayanın aşınmasından sonra su ve buzul hareketler ile göl ve denizlere taşınması ve sedimenter olarak kimyasal veya organik olaylar sonucu oluşur. Kumtaşı, kalker, kum-çakıl, konglomera, vb. kayalar bu sınıfa dahildir. Metamorfik (başkalaşım) kayalar, püskürük ve tortul kayaların zaman içinde yüksek basınç ve ısı etkisinde mineralojik ve dokusal değişime uğraması ile oluşmuşlardır. Mermer, serpantin, kuvarsit, şist, vb. kayalar bu sınıfa dahildir.

3.1.1.1.(2). Boyut Sınıflandırması

Agregalar aşağıda belirtilen boyutlara göre sınıflandırılır.

- **Kaba Agrega** : No. 4 (4,76 mm) eleğin üzerinde kalan kısım
- **İnce Agrega** : No. 4 elekten geçen ve No. 200 elek (0,075 mm)

üzerinde kalan kısım

- **Filler** : No. 200 elekten geçen kısım (en az %65'i No. 200 elekten geçen mineral taştözü veya taş unu)

3.1.1.1.(3). Gradasyon Sınıflandırması

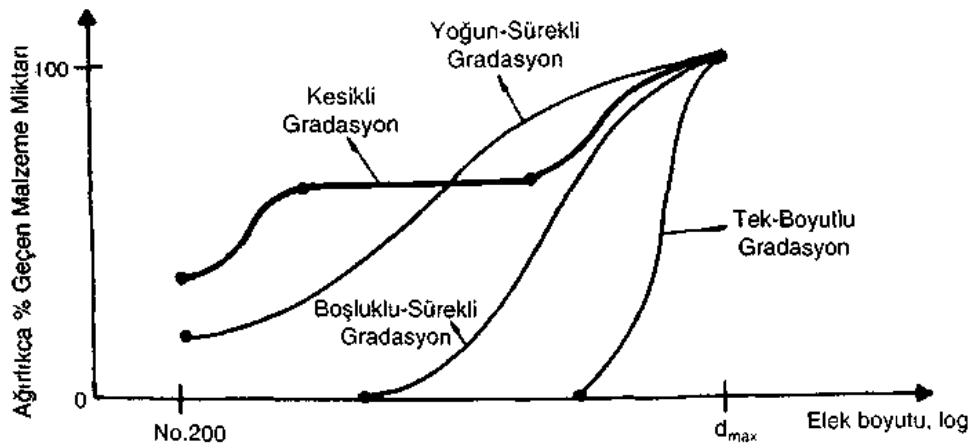
Agrega gradasyonu karışımın stabilite ve işlenebilirlik özelliğini belirler. Genel olarak, karışımındaki maksimum boyut 1"(25,4 mm)'den fazla ise işlenebilirlik zorlaşırken yoğunluk ve stabilitesi artmaktadır.

Gradasyon agrega harmanını oluşturan tanelerin boyutlarına göre dağılımını ifade eder. Belirli bir karışım için maksimum dane boyutu ve belirli boyuttaki danelerin ağırlıkça miktarlarının belirli limitler dahilinde olması şartnameler ile öngörülür. Ancak maksimum dane boyutu arttıkça işlenebilirlik ve sıkışma zorlaşır, segregasyon artar, boşluk miktarı azalır, agrega danelerinin toplam yüzeyi azalır, yoğunluk ve stabilite artar ve bağlayıcı ihtiyacı azalır.

Agregalar gradasyon yönünden aşağıdaki gibi sınıflandırılır.

- Kesikli gradasyon
- Yoğun-Sürekli gradasyon
- Boşluklu-Sürekli gradasyon
- Tek-Boyutlu gradasyon

Bu gradasyon tipleri, Şekil 3.1'de görüldüğü gibi, elek analiz grafiğinde çizilirse kolayca ayırt edilebilir ve farklı özelliklere sahiptir.



Şekil 3.1. Agregada Gradasyon Tipleri (Tunç, 2001)

Yoğun-Sürekli Gradasyon (veya yoğun gradasyon veya iyi derecelenmiş):

Bu tip gradasyon elek analiz grafiğinde sürekli bir eğri gösterir ve minimum boşluk (veya maksimum yoğunluk) ihtiva eder. Zira yoğun bir gradasyonda en kaba malzemeden en ince malzemeye kadar olan agrega boyutları birbirlerinin boşluklarını dolduracak kadar uygun oranlarda olduğundan karışımının yoğunluğu artmaktadır.

İdeal yoğun gradasyon "Fuller Parabolü" ile ifade edilir. Fuller parabolü ile herbir dane çapının % geçen miktarı (d_x), Eşitlik. 3.1 ile saptanır.

$$\%d_x = \left(\frac{d_x}{d_{\max}} \right)^n \quad (3.1)$$

Bu formüldeki n katsayısı 0,4 ila 0,7 arasında değişir. Gerek sıcak bitümlü karışımlarda gerekse betonda n = 0,5 alınırsa genellikle yüksek yoğunluklar elde edilebilmektedir,

Boşluklu-Sürekli Gradasyon (veya açık gradasyon): Bu tip gradasyon ince agrega ihtiva etmediğinden dolayı karışımın boşluk oranı yüksektir. Bu nedenle drenaj, filtre, vb. amaçlar ile dona duyarlı tabakalar için kullanılırlar. Ayrıca düşük standartlı yolların temel tabakasında kullanılabilir. Ancak trafik yükleri altında zamanla sıkışma beklenmelidir. Alttemel ve bağlayıcısız granüler temel tabakalarının iyi dren olmaları için No.100 ve No.200'den geçen kısım az olmalıdır. Bu nedenle, gradasyonun alt kısmı boşluklu olmalı yani ince malzeme hiç veya az olmalıdır.

Kesikli Gradasyon: Bu tip gradasyon belirli aralıktaki tane çaplarını ihtiva etmediğinden dolayı boşluk miktarı fazladır. Yol inşaatında genel olarak kullanılmamaktadır. Ancak belirli limitler dahilinde olmak kaydıyla betonlarda kesikli gradasyonun kullanımına müsaade edilmektedir.

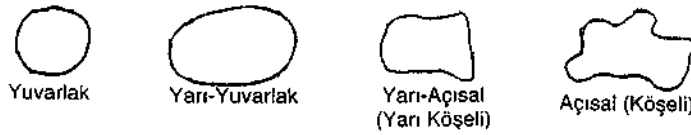
Tek Boyutlu (Üniform) Gradasyon: Hemen hemen aynı boyuta sahip agregalardan oluşan bu gradasyon tipi, sathi kaplama ve koruyucu-örtü tabakası gibi düşük standartlı yol kaplamalarında kullanılmaktadır.

3.1.1.1.(4). Biçim Sınıflandırması

Agrega tanelerinin biçimleri yol kaplamalarında kullanılan karışımların;

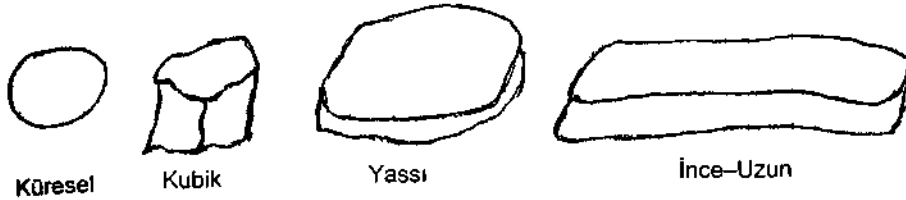
- Sıkışma direnci
- İşlenebilirlik
- Yoğunluk
- Stabilite
- İçsel kilitlenme (kenetlenme) ve içsel sürtünme açısı
- Kayma mukavemeti ve CBR

özelliklerine etki ederler. Agregataneleri biçim olarak Şekil 3.2' de görüldüğü gibi sınıflandırılır.



Şekil 3.2. Agregatane Biçim Sınıflandırılması (2 boyutlu) (Tunç, 2001)

Ayrıca agregataneleri Şekil 3.2.'de görülen iki boyutlu biçim sınıflandırılmasına ilaveten üç boyutlu biçim sınıflandırması da yapılır. Bu tip sınıflandırma Şekil 3.3.'te görüldüğü gibi yapılır.



Şekil 3.3. Agregatane Biçim Sınıflandırılması (3 Boyutlu) (Tunç, 2001)

Yuvarlak biçimli agregaların açısal (köşeli) biçimli agregalara nazaran işlenebilirlik özelliği daha yüksek iken stabilite (deformasyona gösterilen direnç) yönünden açısal biçimli agregalar yuvarlak biçimli agregalara nazaran daha üstündür. Zira açısal biçimli agregatanelerinin temas noktaları sayısı daha çok olduğundan içsel sürtünme açılan ve taneler arasındaki kilitlenme (kenetlenme) ve stabilitesi daha fazladır. Aynı ocaktan alınan yuvarlak taneli agregalar ile bu agregaları kırarak elde edilen açısal taneli agregalar aynı boşluk oranında sıkıştırılırsa daha yüksek CBR ve stabilite değerleri elde edilmektedir.

İşlenebilirlik ve stabilite açısından agrega tane biçimlerinin sahip oldukları bu özelliklerden dolayı daha kolay sıkışabilen ve işlenebilirlik özelliği daha yüksek olan yuvarlak biçimli agregalar beton inşaatlarında sıkışma direnci yüksek ama sıkıştırıldıklarında yüksek stabilite gösteren açısallı biçimli agregalar yol kaplamalarında kullanılmalıdır.

Ancak yüksek mukavemetli betonlar (B30 yukarı) için çimento mukavemetine ilaveten agreganın stabilitesine ihtiyaç olduğundan dolayı kırma taştan imal edilen açısallı biçimli agreganın kullanılması gerekmektedir. Ayrıca kırmataş agrega ile elde edilen betonların eğilme-çekme mukavemeti daha yüksek olması nedeniyle beton kaplamalarda muhakkak kırmataş agrega kullanılmalıdır.

Agregaların dane biçimlerini belirleyen hacimsel veya çapsal katsayılar, Eşitlik 3.2 ve 3.3 ile hesaplanabilir.

$$H=V/(\pi L^3/6) \quad (3.2)$$

$$K = d/L \quad (3.3)$$

H: Hacimsel katsayı

K: Çapsal Katsayı

V: Agrega danesinin hacmi

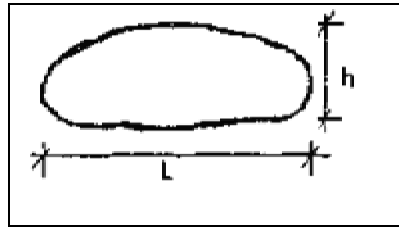
L: Agrega danesinin maksimum boyutu

d: Agrega danesinin hacmine eşit kürenin çapı

Agrega danesinin maksimum boyutu (L), agrega tanesinin hacmine eşit olan kürenin çapına (d) ne kadar yakınsa agrega tanesi o kadar küresel demektir. Yani H ve K katsayıları l' den ne kadar küçükse agrega tanesi de o kadar açısallı (köşeli) veya yassı-uzun şekilli olacak demektir.

Yassı ve ince-uzun daneler beton için işlenebilirliği önemli ölçüde azalttığından ve daha fazla karma suyu ihtiyacı gerektirdiğinden dolayı uygun değildirler. Aynı şekilde bitümlü sıcak karışımların stabilitesinin azalmasına neden olduğundan bu tip agregalar kullanılmalıdır. Ayrıca yassı daneler plak ve ince-uzun taneler kiriş gibi davranış gösterdiklerinden dolayı yük altında daha kolay kırılarak düşük durabilite göstermekte ve orijinal gradasyonun bozulmasına (digradasyon) neden olmaktadır.

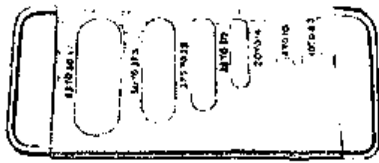
Agrega danesinin kalınlığı nominal boyutunun %60'ından daha küçük olması halinde yassı olarak kabul edilir. Burada nominal boyut (d_{nom}), agrega danesinin geçtiği ve üzerinde kaldığı eleklerin boyutlarının ortalamasıdır. Eğer agrega danesinin maksimum boyutu minimum boyutunun iki katından fazla ise ince-uzun olarak kabul edilir. Bu husus Şekil 3.4.'te izah edilmiştir.



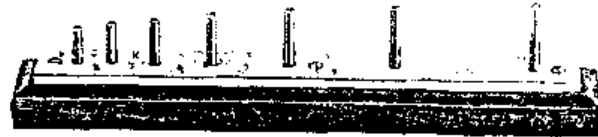
Şekil 3.4. Yassılık ve İnce-Uzunluk Tayini

$$\text{Yassılık } (\alpha) = \frac{d_{nom}}{h}, \text{ İncelik-Uzunluk } (\beta) = \frac{L}{d_{nom}}$$

Eğer burada $\alpha\beta=1.0$ ise agrega kübik formudur. Ancak bu değer 1 'den ne kadar küçük olursa kübik şekilden o kadar uzaklaşacaktır. Bu amaçla, BS 812 testi ile agrega tanelerinin yassılık ve ince-uzunluk indeksleri tayin edilir. Bunun için Şekil 3.6'da görülen test aletleri ile standartta belirtilen elekler arasında kalan agrega tanelerinin bu yarıklardan veya aralıktan geçen agrega tanelerinin ağırlıkça oranları belirlenerek yassılık veya ince-uzunluk değerleri saptanabilmektedir. Ayrıca Şekil 3.5'te görülen test cihazı ile ASTM D 4791'e göre yassılık ve ince-uzunluk tayin edilebilmektedir.



Yassılık İndeksi Aparatı



İnce-Uzunluk İndeksi Aparatı

Şekil 3.5. Yassılık ve İnce-Uzunluk Tayini Test Aparatları (Tunç, 2001)

Agrega danelerinin kubikliği ve açısal biçimliliği gerek beton gerekse bitümlü veya bitümsüz kaplamalarda stabiliteye etki eden en önemli husus olması nedeniyle tanelerin sahip olduğu;

- Kırılmışlık yüzdesinin fazlalığı
- Yassılık ve ince-uzun'luk indeksinin azlığı

önemli kriterler olarak şartnamelerde kısıtlamalar getirilmiştir.

3.1.1.1.(5). Yüzey Yapısı Sınıflandırması

Agregaların yüzey yapısı, tanelerin pürüzlülük veya cilalık durumunu ifade eder. Eğer agrega tanelerinin yüzey pürüzlülüğü fazlaysa işlenebilirlik azalmakta fakat içsel sürtünme açısı, stabilite, kayma mukavemeti ve asfalt ile adezyon kuvveti artmaktadır. Ancak buna karşın agreganın boşluk hacmi, sıkışmaya karşı direnci ve diğradasyon gibi olumsuz özellikleri de artmaktadır. Bu nedenle agrega yüzey yapısı agregadan beklenen özelliklere önemli ölçüde etki etmektedir. Yüzey yapısı, Şekil.3.6.' de görüldüğü gibi sınıflandırılır:



Şekil 3.6. Yüzey Yapısı Sınıflandırması

Betonun işlenebilirliğin artması ve su ihtiyacının azalması için cilalı yüzeylere sahip dere malzemelerinin kullanılması fakat yüksek kayma mukavemeti, kuvvetli adezyon, yüksek kilitlenme (kenetlenme) özelliğinden ötürü bağlayıcılı veya bağlayıcısız üstyapı tabakalarında ise çok pürüzlü yüzeylere sahip kırmataş agregaların kullanılması mutlak bir şarttır.

3.1.1.1.(6). Porozite Sınıflandırması

Agrega danelerinin porozitesi (veya su emme yeteneğine sahip boşlukların miktarı) belli miktarda olması gerekir. Yeterli poroziteye sahip agrega daneleri bitümün emilmesine olanak sağlayacağından dolayı agrega ile bağlayıcı film tabakası arasında kuvvetli bir adezyon oluşturarak stabilitenin artmasına ve suyun etkisi ile film tabakasının soyulmasının azalmasına neden olmaktadır. Ancak aşırı poroz

agregaların özgül ağırlıklarının az olmasından dolayı yoğunluğunun ve stabilitesinin düşük olmasına neden olmaktadır. Ayrıca gereğinden fazla asfalt kullanımı sıcak havalarda kusma-terleme problemlerini doğurmaktadır. Bu nedenle sıcak bitümlü karışımlarda dere malzemesi, mermer, vb. poroz olmayan veya aşırı poroziteye sahip agregalar kullanılmamalıdır. Porozite, Şekil 3.7'de görüldüğü gibi sınıflandırılır.



Şekil 3.7. Porozite Sınıflandırması

Porozite su emme yeteneği (yani suyu absorbe edebilmesi) ile ölçülür ve Eşitlik 3.4 ile tayin edilir.

$$\%Absorbsiyon = \frac{B - A}{A} \times 100 \quad (3.4)$$

Burada;

A: Agreganın fırında kurutulduktan sonraki ağırlığı

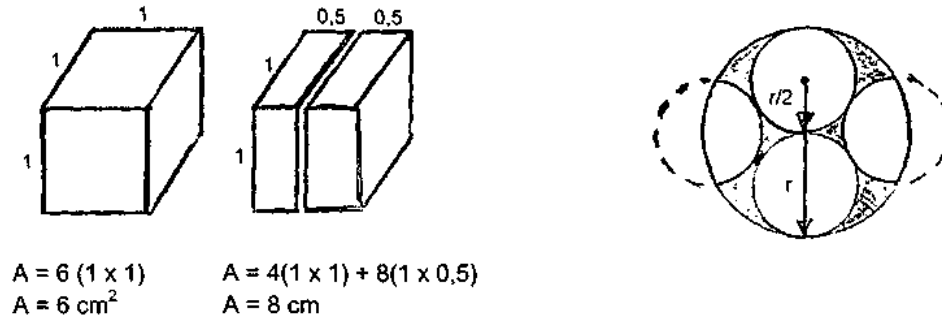
B: 24 saat su içinde bekletilen agreganın boşlukları suya doygun fakat yüzeyi kuru-serbest su ihtiva etmeyen ağırlığı (Doygun-Kuru Yüzey ağırlık)

Genel olarak, sıcak bitümlü karışımlarda % 0,5-2,5 ama temel tabakalarında ise don direncinin yüksek olabilmesi için sıfır porozite istenir. Agregaların poroziteleri, su absorpsiyon yeteneği ile ölçülse de agreganın asfalt absorpsiyonu daima su absorpsiyonundan çok altında olmasından dolayı absorpsiyon testi ile elde edilen miktar, asfalt absorpsiyon miktarını ifade etmeyecektir.

3.1.1.1.(7). Yüzey Alanı ve Boşluk Sınıflandırması

Agrega danelerinin sahip oldukları yüzey alanlarının toplamı ile agregada daneleri arasındaki boşlukların toplamı, bağlayıcısız veya stabilize edilmiş (bağlayıcılı) karışımların tüm özelliklerine doğrudan etki eden önemli faktörlerdir. Toplam yüzey alanı ile toplam boşluk hacmi gradasyon, maksimum dane çapı, dane

biçimi, vb. gibi özelliklere bağlıdır. Agregatane çapı küçüldükçe toplam yüzey alanı ve boşluk hacmi önemli ölçüde artar. Bu husus, Şekil 3.8.'de görülmektedir.



Şekil 3.8. Tane Çapı-Yüzey Alanı ve Tane Çapı- Boşluk Oranı ilişkisi

Toplam boşluk hacminin ve toplam yüzey alanının artması halinde gerekli bağlayıcı ihtiyacı artmakta ama toplam boşluk hacminin artması halinde karışımın yoğunluğu azalmaktadır. Bu nedenle, agreganın maksimum dane çapı arttıkça her ne kadar işlenebilirlik problemi artsa da karışımın yoğunluğunda artış olacak fakat buna karşın gerekli bağlayıcı miktarı azalarak karışımın kohezyonu, stabilitesi ve durabilitesi azalacaktır. Bu nedenlerden ötürü, esnek üstyapı tabakalarında kullanılacak agregaların maksimum dane çapı karışımın bu özelliklerini optimize edecek şekilde seçilmelidir. Bundan dolayı üst tabakalarda daha ince ama alt tabakalarda daha kaba gradasyonlu agregalar kullanarak karışımdan beklenen özellikler sağlanabilmektedir. Agregatane ile yapılan tüm karışımların (çimento betonu, asfalt betonu veya bağlayıcısız granüler temel tabakası, vb.) stabilitesinin yüksek olması için agregataneleri arasındaki boşluğun minimum olması gerekir. Bunu sağlamak için agregatane gradasyonu sürekli olmalıdır. Toplam yüzey alanı, Çizelge 3.1.'de verilen belirli elek boyutundaki agregatane yüzey alanı faktörleri ile bu elekten hacimce yüzde geçen agregatane miktarlarının çarpımlarının toplamına eşittir. Bu yolla agregatane karışımının toplam yüzey alanı yeter yaklaşımla bulunabilir.

Eğer agregatane karışımının yoğunluğu (γ) ve özgül ağırlığı (SG) bilinirse karışımın boşluk oranı (V), Eşitlik 2.5 ile hesaplanır.

$$\%V = \frac{SG_{kar} - g}{SG_{kar}} \times 100 \quad (3.5)$$

Çizelge 3.1. Agrega Yüzey Alanı Faktörü

Elek Boyutu	Yüzey Alan Faktörü	
	cm ² /kg	m ² /kg
>No. 4	4096	0,0041
No. 4 Hacimce Geçen	4096	0,0041
No. 8 Hacimce Geçen	8192	0,0082
No. 16 Hacimce Geçen	16384	0,0164
No. 30 Hacimce Geçen	28672	0,0287
No. 50 Hacimce Geçen	61440	0,0614
No. 100 Hacimce Geçen	122880	0,1229
No. 200 Hacimce Geçen	327680	0,3277
Not: % Hacimce geçen= %Ağırlıkça geçen x (SG _{kar} /SG _{agr.})		

Ayrıca teorik asfalt kalınlığı, Eşitlik 3.6 ile bulunabilir.

$$T = \frac{\%Asf}{100 - \%Asf} \times \frac{1}{SG_{asf}} \times \frac{1}{YAF} \times 1000 \quad (3.6)$$

T : Asfalt film kalınlığı, mm

% Asf : Asfalt yüzdesi, %

SG_{asf} : Asfaltın özgül ağırlığı

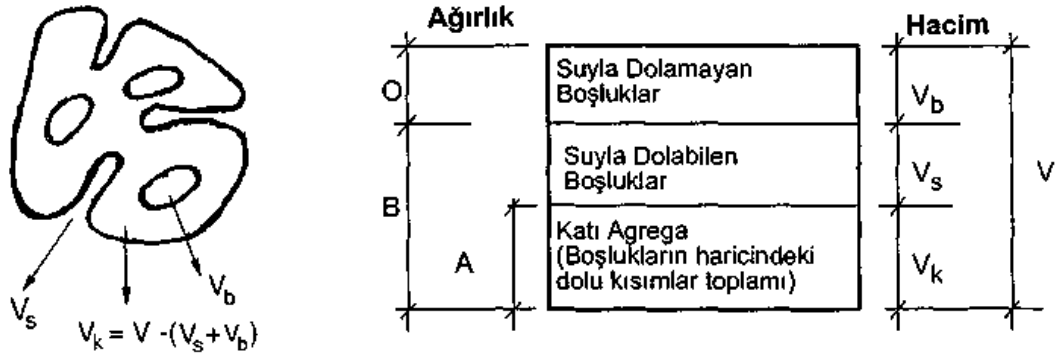
YAF : Yüzey alanı faktörü

3.1.1.1.(8). Özgül Ağırlık Sınıflandırması

Karışım hesapları için agregaların özgül ağırlıklarının bilinmesi gerekir. Şekil 3.9.'da görüldüğü gibi, agrega üç tip hacim içerdiğinden dolayı;

- Zahiri (görünür) özgül ağırlık (SG_Z)
- Hacim özgül ağırlığı (SG_H) veya kuru özgül ağırlık
- Doygun-kuru yüzey özgül ağırlık (SG_{DKY})

olmak üzere üç farklı özgül ağırlığa sahiptir.



Şekil 3.9. Agregat Tanesindeki Hacim ve Ağırlık İlişkisi (Tunç, 2001)

Agregat taneleri, su absorbe edebilen boşluklar (havayla temas halindeki boşluklar) ile su absorbe edemeyen boşluklar (havayla temas halinde olmayan katı hacminin içindeki boşluklar) içermektedir. Su absorbe edebilen boşluklar suyla dolu değilse (veya hava ile dolu olduklarında) sıfır ağırlığa sahip iken suyla dolu olduklarında ise suyun ağırlığına sahiptirler. Dolayısıyla agregat daneleri iki tip ağırlık ve üç tip hacim değerine sahiptir. Bundan dolayı agregaların sahip oldukları özgül ağırlıklar, Eşitlik.3.7, 3.8 ve 3.9 ile hesaplanır.

$$SG_z = \frac{A}{A-C} = \frac{A}{V_k + V_b} = \frac{KAA}{KGOBH} \quad (3.7)$$

$$SG_H = \frac{A}{B-C} = \frac{A}{V} = \frac{KAA}{KTBH} \quad (3.8)$$

$$SG_{DKY} = \frac{B}{B-C} = \frac{B}{V} = \frac{DKYA}{KTBH} \quad (3.9)$$

Burada;

A: Agreganın kuru ağırlığı (Havada tartımı ile)

B: Agreganın doymun-kuru yüzey ağırlığı

C: Agreganın kuru ağırlığı (Suda tartımı ile)

KAA : Kuru agregat ağırlığı

KGOBH : Katı ve geçirgen olmayan boşlukların hacmi

KTBH : Katı ve tüm boşlukların hacmi

Arşimed prensibine göre, bir cismin havadaki ağırlığı ile su içindeki

ağırlığının farkı cismin hacmine eşittir. Dolayısıyla (A-C) agreganın hacmine eşit olacaktır. Yukarıdaki formüllerde (B-C) > (A-C) ve B > A olduğundan dolayı daima $SG_Z > SG_{DKY} > SG_H$ ilişkisi geçerli olacaktır. Ayrıca özgül ağırlıklar arasında aşağıdaki bağıntılarda mevcuttur.

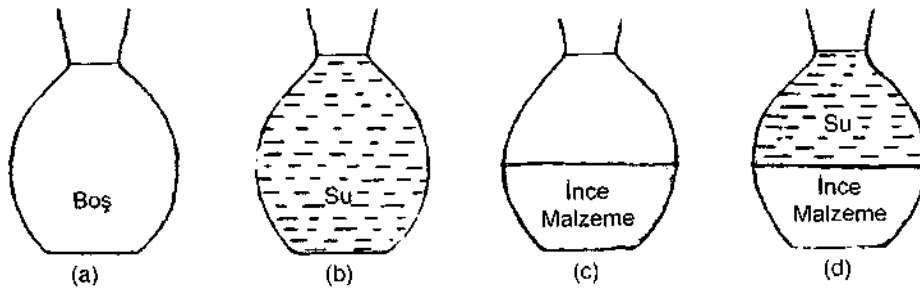
$$SG_{DKY} = SG_H (1 + \text{Absorbsiyon})$$

$$SG_Z = SG_H / [SG_H - (SG_{DKY} - 1)]$$

İnce malzemenin özgül ağırlık testi Şekil 3.10'da görüldüğü gibi, yapılan tartımlar sonucunda Eşitlik 3.10 ile hesaplanır.

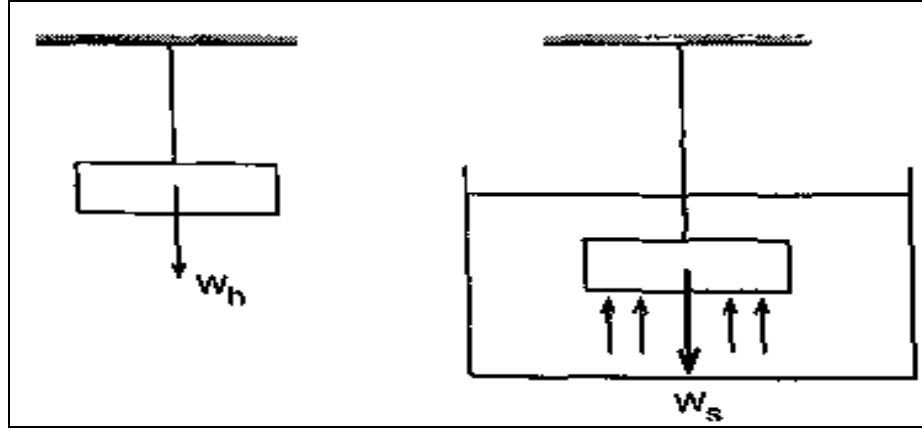
$$SG = \frac{W}{V} = \frac{c - a}{(b - a) - (d - c)} = \frac{c - a}{(c - a) - (d - b)} \quad (3.10)$$

Balon ile ince malzemenin özgül ağırlık testinde SG_Z bulunmuş olur. TS 3526 ile ince agregalara ait diğer özgül ağırlıklar tayin edilebilmektedir.



Şekil 3.10. İnce Malzeme Özgül Ağırlık Testi (Balon Metodu)(Tunç, 2001)

Kaba malzemenin özgül ağırlığının tespiti için agrega havada tartıldıktan sonra tel bir sepet içine konarak suya daldırıp tartılır. Eğer suya daldırıldığında su absorbe etmeden hemen tartılabilirse kuru malzemenin sudaki ağırlığı bulunmuş olur. Şekil 3.11. 'de görüldüğü gibi, tartılan agreganın hacmi Eşitlik 3.11. ile hesaplanabilir.



Şekil 3.11. Kaba Malzemenin Özgöl Ağırlık Testi

$$W_h - V\gamma_w = W_s \rightarrow W_h - W_s = V\gamma_w \rightarrow V = \frac{W_h - W_s}{\gamma_w} \quad (3.11)$$

3.1.2. Karışımda Kullanılacak Bitümlü Bağlayıcılar

Bitümlü bağlayıcılardan TS 115 EN 58/ 1996-"Bitümlü Bağlayıcılar-Numune Alma" standardına göre numune alınarak ve malzemenin şartnamesine uygun olup olmadığı tespit edilir.

Bitümlü tabakaların yapımı için agregaya ilave edilmek suretiyle hazırlanacak karışımda bitümlü bağlayıcı olarak TS 1081 EN 12591- "Bitümler ve Bitümlü Bağlayıcılar-Kaplama Sınıfı Bitümler-Özellikler" standardına uygun 40/60 penetrasyonlu bitüm, 50/70 penetrasyonlu bitüm 70/100 penetrasyonlu bitüm kullanılmaktadır. Hangi bitümün hangi bölge ve yörede kullanılacağı hususu iklim koşullarına bağlı olarak idarece saptanır.

Karışımda soyulmaya karşı mukavemeti düşük olan agregalar kullanılması halinde, soyulma mukavemetini artırıcı katkı maddeleri kullanılıp; katkı ilavesi servis tankında yapılır. Servis tankının ihtiva ettiği bitümlü bağlayıcının en az 3/4 ü, sirkülasyona veya karıştırma işlemine tabi tutulmadan kesinlikle kullanılmamaktadır. Karıştırma işlemi karışım homojen oluncaya kadar devam edecektir.

Hatay bölgesinin sıcak ılıman iklime sahip olması dolayısıyla diğer bitüm çeşitlerine göre düşük yumuşama noktasına sahip AC 50/70 penetrasyonlu bitüm kullanılmıştır

3.1.3. Yapıştırıcı ve Astar Olarak Kullanılacak Bitümlü Malzemeler

Astar malzemesi olarak TS 1083 e uygun MC-30, TS 1082 ye uygun SS-1, SS-lh, CSS-1, CSS-lh olarak kodlanan malzemelerden biri kullanılır.

Yapıştırıcı olarak, TS 1082-"Yol Üstyapılarında Kullanılan Asfalt Emülsiyonları" Standardına uygun RC250, RS-1, RS-2 ve CRS-1 ve CRS-2 malzemelerinden biri kullanılır.

Yapıştırıcı ve astar malzemesi olarak kullanılacak bitümlü bağlayıcılardan TS 115 EN 58/1996-"Bitümlü Bağlayıcılar- Numune Alma" standardına göre numune alınarak ve malzemenin şartnamesine uygun olup olmadığı tespit edilir (TCK, 2006).

3.1.4. Yol Yapımı İçin Kullanılan Makineler

Belen – Topboğazı yolunun yapımında kullanılan makinelerin tamamı faaliyet gösteren şirketin bünyesinde bulundurulmaktadır. Taşocağından agreganın üretilmesi, mekanik tabakası için uygulanacak plent-miks temelini üretilmesi, asfaltın üretilmesi, yol serme ve sıkıştırmada kullanılan makineler anlatılacaktır.

3.1.4.1. Konkasör Tesisi

Yol yapım çalışmalarında kullanılan agreganın üretimi Şekil 3.12.'de görülen konkasör tesisinde gerçekleşmektedir. Na-Ca marka olan primer kırıcı alt kısmı sabit üst kısmı hareketli çeneden ibarettir. 110 cm çene açıklığına sahip olup saatte 150 ton taş kırmaktadır.

Tesiste primer kırıcıdan başka 2 adet daha kırıcı mevcuttur, birisi ikincil kırıcı diğeri ise tersiyer toz makinesidir. İkincil kırıcıdan geçen malzeme 2000 x 5000 mm ebatlarındaki elek takımına dökülmekte ve burada sınıflara ayrılmaktadır. En üstteki eleğin üzerinde kalan malzeme tersiyere beslenmekte ve buradan çıkan kırılmış malzeme de 1600 x 5000 mm ebatlarındaki elek takımına dökülüp sınıflandırılmaktadır. Elek üstü iri malzeme bir başka bant aracılığı ile tekrar kırıcıya beslenmektedir. Her bir elek takımından birbirinden farklı boyutlarda 3 çeşit malzeme elde edilmektedir.

Elek takımına yerleştirilen elekler kare düzen ile örülmüş eleklerdir. 5 mm, 10 mm, 19 mm, 25 mm ve 38 mm açıklıklarındaki elekler kullanılarak yol yapım

alışmalarında kullanılacak malzemenin teknik şartname sınırları içerisinde istenilen gradasyondaki malzeme elde edilir.



Şekil 3.12. Konkasör Tesisi

3.1.4.2. Mekanik Plent

Vuruşkan Makine imalatı olan 4 silodan oluşan plentmiks temel üretim tesisi (şekil 3.13.) saatte 300 ton temel malzemesi üretme kapasitesine sahiptir. Siloların ağızında açıklığı ayarlanabilen kapak mevcuttur. Konkasörde üretilen agreganın (0-5 mm, 5-10 mm, 10-19 mm, 19-25 mm ebatlarında) her grubunun ayrı ayrı silolara doldurularak siloların ağızındaki kapak açıklığı istenilen oranda ayarlanır. Akıtılan malzeme belirtilen oranda su eklenerek karıştırma tankında homojen bir şekilde karıştırılıp stok bunkerinde biriktirilir. Bunkerin altına yanaşan nakliye kamyonuna pnömatik sistemle çalışan tahliye kapağı açılarak mekanik malzeme yüklenir.



Şekil 3.13. Dört Silodan Oluşan Plent – Miks Temel Üretim Tesisi

3.1.4.3. Asfalt Üretim Plenti

Asfalt plent tesisi; Şekil 3.14.'te görüldüğü gibi 5 adet malzeme besleme silosu, 2 adet 40 tonluk bitüm depolama tankı, 1 adet 30.000 lt'lik sıvı yakıt(kalyak) tankı, sistem yönetici kabini (bilgisayar destekli), 1 adet yağ kızdırma brülör sistemi, 1 adet dryer (malzeme kurutucu ve ısıtıcı), 1 adet dryer ateşleme brülör sistemi, kül ve duman filtrasyon sistemi, dik elevatör, elek takımı, bitüm ve agrega karıştırma tankı, sıcak asfalt karışımı depolama bunker ve pnömatik sistem besleyici hava kompresöründen oluşmaktadır.

Tanklardaki bitümün sıcaklığını şartnamede belirtilen sıcaklığa ulaşması için normal hava koşullarında 1 ton bitümü ısıtmak için 5 lt kalyak kızgın yağ brülöründe yakılmaktadır. Brülör ile ısıtılan kızgın yağ kalorifer tanklarının içerisine döşenmiş serpantinlerin içerisinden geçirilip döngü haline getirilerek ısıtma işlemi yapılır. Asfalt üretme esnasında saatte yaklaşık 300 Kg kalyak tüketilmektedir.

Malzeme silolarının birincisine 0-5 mm, ikincisine 5-10 mm, üçüncüsüne 10-19 mm, dördüncüsüne 19-25 mm, beşincisine de 25-38 mm aralıklarındaki agregalar doldurulur.

Serimi yapılacak tabakanın cinsine göre şartnamede belirtilen gradasyonu

sağlayacak agregalar karışıma alınarak taşıma bandı vasıtasıyla şekil 3.15.'te görüldüğü gibi dryer'e uc kısmından dökülerek belirli bir süre ısıtmaya alınır. Malzeme akışı sürekli ve 165⁰C'ye ısınan agrega dik elevatör vasıtası ile plantin en üst kısmında bulunan elek takımına dökülür, laboratuarda önceden hazırlanan reçetede belirtilen orandaki malzeme elenip otomatik tartıldıktan sonra karıştırma tankına (bir alt kat) alınır. Tartımda ihtiyaç fazlası plantin dışına tahliye edilir. Reçetede belirtilen oranda ve 160⁰C'ye ısıtılmış 50/70 penetrasyonlu bitüm karışım tankına alınarak agrega ile 30-35 sn karıştırıldıktan sonra nakledilmek üzere yükleme bunkerine (bir alt kat) alınır. Yükleme bunkerini pnömatik sistemle çalışan kapakla kapalıdır. Alta kamyon yanaşıp kapak açılarak yükleme yapılır.



Şekil 3.14. Saatte 160 Ton Kapasiteli ÇESAN Marka Yerli Asfalt Plenti

Karıştırma tankı 1500 kg'lık kapasiteye sahiptir, buda 1 batch olarak telaffuz edilir ve reçeteler de 1 batche göre hazırlanır.

Her üretim bitiminden sonra karışım tankının içerisi ve bitümle temas eden bütün yüzeyler mazotla mutlaka temizlenmelidir. Aksi taktirde bitüm birikiminden dolayı bir müddet sonra tıkanma ve kirlilik oluşacaktır.



Şekil 3.15. Toplama Bandı Üzerindeki Malzemenin Dryer'e Akışı

3.1.4.4. Serme Ve Sıkıştırma Kullanılan Makineler

Zeminin gerektiğinde tesviye edilip sıkıştırılması ve alttemel tabakasının serilip sıkıştırılması Şekil 3.16.'da görülen 230 Hp gücünde bir greyder ve 18 tonluk vibrasyonlu toprak silindiri ile yapılmaktadır. Toprak silindiri önde demir bandaj ve arkada içi sıvı dolu iki adet kaymaya dirençli lastiği olan bir iş makinesidir.

Malzemenin ihtiyacı olan nemi sağlamak için de 20.000 lt'lik su tankı bulunan arazöz kullanılmaktadır.



Şekil 3.16. Serimde Kullanılan Greyder ve Silindir

Plentmiks temel, bitümlü temel, binder ve aşınma tabakalarının serme ve sıkıştırma işlerinde kullanılan makineler aynıdır. Malzeme serimi Şekil 3.17.'de

görülen elektronik duyargalı finişerler ile yapılmaktadır. Kamyonun geri yanaşıp yükünü finişerin önünde bulunan haznenin içine damper kaldırmasıyla serim işlemine başlanabilir. Tabaka kalınlığı, eğimi ve genişliği önceden ayarlanan finişer, önündeki merdaneli iki kolu kamyonun arka tekerleklerine dayayarak vitesi boşa olan kamyonu itip ilerlemeye başlar. Kamyondaki malzeme tamamen boşalana kadar serim işlemi aralıksız devam eder. Kamyondaki malzeme boşaldığında finişer durdurularak bir diğer kamyonun yanaşması sağlanır ve böylece serime devam edilir.



Şekil 3.17. Elektronik Duyargalı Finişer

Finişer ile serilen malzemenin sıkıştırılmasında ilk silindirajda tamamı lastik tekerlekli olan silindirler kullanılır (Şekil 3.18.), ön ve arka lastik grubu şaş beş düzende olup lastik basınçları silindirin kendi üzerinde bulunan hava kompresörü ile ayarlanmaktadır. Sıkıştırma esnasında malzemenin ötelenmesini engelleyerek yolda ondülasyon oluşumunu enaza indirgemeyi sağlamaktadır.

İzlerin tamamen ortadan kalkması için (ütüleme işlemi) sıkıştırmada Şekil 3.19.'da görülen 18 tonluk çift demir bandajlı silindirler kullanılmaktadır. Çift bandajlı silindirler vibrasyon darbesi yaparak etkili sıkışma sağlamaktadırlar.

Asfaltın sıkıştırılması esnasında demir bandajlara temiz su püskürtülerek yapışma önlenmektedir.



Şekil 3.18. Lastik Tekerlekli Silindir (Vabil)



Şekil 3.19. Çift Demir Bandajlı Silindir

3.2. Metot**3.2.1. Kıcı Taşocağından Üretilen Malzemenin Özellikleri ve Yapılan Deneyler**

Belen – Topboğazı arası yol yapımı için ihtiyaç duyulan kalkerin tamamı şantiye sahasının kurulu olduğu Kıcı Köyü sınırlarındaki taş ocağından temin edilmiştir.

Taş ocağındaki kayacın tamamen kalkerden oluştuğu dış zonlarda açık gri olmasına karşılık iç kısımların çok açık mavimsi renk ve yer yer açık renkli kalsit damarlarıyla kesildiği ve mikro çatlakların açık kahverengi ve muhtemelen demir oksit damarcıklarıyla doldurulduğu görülmektedir. Ayrıca kayaç üzerine dökülen HCl asitte bile hızlı köpürme oluştuğu gözlenmiştir. Çizelge 3.2.’de Kıcı Kalker ocağından alınan numunenin 60 mesh altına öğütülerek yapılan analiz sonucunda kimyasal içeriği görülmektedir.

Çizelge 3.2. Kıcı Kalker Ocağına Ait Agreganın Kimyasal İçeriği

Kimyasal İçerik	Numunede Bulunma Oranı	
CaO – CaCO ₃	% 53,62	% 95,75
MgO – MgCO ₃	% 0,59	% 1,24
Fe ₂ O ₃	% 0,36	
Al ₂ O ₃	% 0,16	
SiO ₂	% 1,85	
Ateşte Kayıp	% 42,77	

3.2.1.1. İri Agreganın İçin Özgül Ağırlık Deneyi

Özgül ağırlık değeri, portlant çimentosu betonu, asfalt betonu ve diğer karışımlarda kullanılan iri agreganın özelliklerini belirlemede genellikle kullanılır (ASTM C 128- 88, 1992). Kullanılan agrega Örneğinden yaklaşık 1 kg alınır, 24 saat suda bırakılır. Sonra yüzeyleri bezle kurutulur ve tartılır. Bir tel sepete konarak suya batırılır ve suda tartılır. Daha sonra malzeme etüvde 105 °C’ de 24 saat kurutulur ve havada tartılır. Aşağıdaki eşitliklerle (Eşitlik 3.12-13-14) özgül ağırlıklar bulunabilir. Eşitlik 3.15 ile su emme yüzdesi bulunabilir.

$$\text{Hacim özgül ağırlık (kN/cm}^3\text{)} = \frac{A}{B-C} \quad (3.12)$$

$$\text{Doygun esa göre hacim özgül ağırlık (kN/cm}^3\text{)} = \frac{B}{B-C} \quad (3.13)$$

$$\text{Zahiri özgül ağırlık (kN/cm}^3\text{)} = \frac{A}{A-C} \quad (3.14)$$

$$\text{Su emme yüzdesi (\%)} = \frac{B-A}{A} \times 100 \quad (3.15)$$

A = Kuru ağırlık (gr)

B = Doygun yüzey kuru ağırlık (gr)

C = Sudaki ağırlık (gr)

3.2.1.2. İnce Agrega İçin Özgül Ağırlık Deneyi

İnce agregası 24 saat suda bırakılır. Ertesi gün kohezyonunu kaybedinceye kadar kurumaya terk edilir. Sonra, bu haldeki malzemeden 500 gr alınır ve piknometreye konur ve üzerine piknometre doluncaya kadar su ilave edilir. Piknometre içindeki malzeme alınır ve etüvde kurutulur, sonra da tartılır. İnce agreganın özgül (Eşitlik 3.16-17-18) ağırlığı ve su emme yüzdesi eşitlik 3.19 daki gibi hesaplanır.

$$\text{Hacim özgül ağırlık (kN/cm}^3\text{)} = \frac{A}{V-W} \quad (3.16)$$

$$\text{Doygun esa göre hacim özgül ağırlık (kN/cm}^3\text{)} = \frac{500}{V-W} \quad (3.17)$$

$$\text{Zahiri özgül ağırlık (kN/cm}^3\text{)} = \frac{A}{V-W-(500-A)} \quad (3.18)$$

$$\text{Su emme yüzdesi (\%)} = \frac{500 - A}{A} \times 100 \quad (3.19)$$

A = Kuru ağırlık (gr)

V = Piknometre hacmi (cm³)

W = Su ağırlığı (gr)

3.2.1.3. Hidrometre Deneyi

Arazi tane büyüklüğü analizinde, çökme hızı, hazırlanan sıvının üst kısmının, daha büyük çaplı danelerin çökmesi sebebiyle yoğunluğunun azalması ile tayin olunur. Yoğunluk, hidrometre ile ölçülür.

Bu metoda esas, süspansiyonun özgül ağırlığının çökme başladıktan sonra, değişik zamanlarda, bir hidrometre vasıtası ile ölçülmesidir. Burada, hidrometre gövdesinin hacim merkezinin, sıvının hakiki yüzü altındaki derinliği, özgül ağırlığın ölçüldüğü seviye olarak kabul edilir.

Deneyde, No. 200 eleğinden geçen 50 gr etüvde kurutulmuş numuneye ihtiyaç vardır. Ayrıştırıcı sıvıda numune birkaç gün bekletilir. Daha sonra karışım bir mezüre alınır ve 1000 cm³ işaretine kadar su ile tamamlanır. Ağzına lastik tapa geçirilmiş olan mezür şiddetle çalkalanır ve bu iş bittikten sonra düz bir yere oturtularak kronometre çalıştırılır. Hidrometre karışıma dikkatle daldırılır ve 15 Sn. sonra ilk okuma alınır. Okumalar 30 sn, 1. ve 2. dakikada tekrarlanır ve hidrometre dışarı alınır. Hidrometre okumaları 4, 8, 15, 30 dakikalar ile 1, 2, 4, 8, ve 24 saatlerde tekrarlanmalıdır. Deney boyunca sıcaklık mümkün olduğu kadar hassasiyetle kontrol edilmeli, mezür, süspansiyonda konveksiyon hareketlerine meydan vermemek için güneş ışığından ve herhangi bir ısı kaynağından uzak tutulmalıdır. Buharlaşmayı önlemek için mezürün üstüne bir kapak kapatmak fayda sağlayabilir. Süspansiyonun sıcaklığı her okuma için kontrol edilmeli ve deney boyunca ortalama süspansiyon sıcaklığı 2 °C den fazla bir fark göstermemelidir, bu dane büyüklüklerinde % 2'den fazla hatanın olmamasını sağlar. Bu şart, oda sıcaklığında 8 °C den fazla bir fark olmadığı zaman yerine gelmiş olur.

Hidrometre deneyi sonrası alınan okumalara göre tane büyüklüğü Eşitlik 3.20 deki gibi hesaplanır.

$$D = k \frac{\sqrt{R_h}}{t} \quad (3.20)$$

D = Tane boyutu (mm)

k = 0.0134

R_h = Menisküsün üst seviyesinde hidrometre okuması

t = Okuma süresi (dakika)

Alınan numuneye göre geçen Tane yüzdesi eşitlik 3.21'deki gibi hesaplanır.

$$P = \frac{R_h}{50} \quad (3.21)$$

P = Alınan numuneye göre geçen tane yüzdesi (%)

Okuma alınırken tamsayı okumaları ihmal edilir ve ondalık noktası üçüncü ve dördüncü ondalıklar arasına koyulur, yani yoğunluk 1,0325 okuması 32,5 olarak kaydedilmelidir.

3.2.1.4. Porozite Deneyi

Kurutulmuş iri agrega tanelerinden P ağırlığında (P, 2 - 5 kg. arasında bir değerdir) malzeme alınarak 24 saat su içinde bırakılır. Sudan çıkarılan tanelerin içinde boşluklar su ile dolduğu gibi tanelerin yüzeyinden su alınır ve taneler kuru yüzey doygun duruma getirilir. Bu tanelerden P1 ağırlığında malzeme alınarak etüvde kurutulur. Kurutulan malzemenin P0 ağırlığı bulunur. Buna göre agreganın su emme miktarı Eşitlik 3.22' deki gibi yüzde oranında bulunur.

$$(P1 - P0) / P0 \quad (3.22)$$

ifadesi ile yüzde cinsinden bulunur. Agreganın porozitesi P ise, (̑) tamamen kuru agreganın g/cm³ cinsinden özgül ağırlığı olduğuna P1 ve P0 gr cinsinden ağırlıklar olduğuna göre Eşitlik 3.23 ile ifade edilir.

$$P = \frac{P_1 - P_0}{P_0} \times 100 \quad (3.23)$$

İri agrega tanelerinin porozitesinin küçük olması bu tanelerin mukavetinin yüksek bir deger almasına sebep olabilir. Mukavemeti yüksek olan taneler kullanılmaklarda betonların mekanik mukavemetini artırmış oluruz. Fransız standartlarında verilen değerlere göre P genel olarak %10 dan küçük olmalı ve yüksek mukavemetli beton üretiminde ise %5 değerini aşmamalıdır.

3.2.1.5. Donmaya Karşı Dayanıklılık

Deney için öncelikle 1 lt. suya en az 250 gr. Na_2SO_4 tuzu veya en az 700 gr. kristal halinde (Na_2SO_4 10 su) konularak bir çözelti hazırlanır. Donmaya dayanıklılık bakımından muayene edileceği agregadan boyutları 16-32 mm. arasında bulunan taneler ayrılır. Bu tanelerden 1 kg. malzeme elek içine konularak yukarıdaki şekilde hazırlanan sodyum sülfat çözeltisi içerisine daldırılır. 16 saat çözelti içinde tutulduktan sonra çıkarılır, bir etüvde 105°C de kurutulur, bir süre havaya terkedilir. Çözelti sıcaklığına yani 20°C ye kadar soğutulur.

Bunu izleyerek agrega tekrar çözelti içerisine bırakılmak suretiyle işlem tekrarlanır. Bu şekilde beş işlem, yani agrega beş defa yukarıdaki koşullar altında Na_2SO_4 çözeltisine daldırılır ve çıkarılır. En son işlem sonunda agrega kurutulduktan sonra 15 mm. lik elekten elenir. Na_2SO_4 çözeltisinin etkisi ile tanelerin parçalanması sonunda karışımın içinde 16 mm. den küçük taneler meydana gelmiştir. Eleme sonunda ayrılan bu tanelerin miktarı, deneye tabii tutulan agrega miktarının %12'sinden fazla değilse malzemenin donmaya dayanıklı olduğu kabul edilir.

3.2.1.6. Agregaların Aşınma Mukavemeti (Los Angeles Deneyi)

Yol ve hava meydanlarındaki beton bilindiği gibi çarpma ve aşınma etkilerinin altındadır. Bu gibi yerlerdeki betonun bu etkilere dayanabilmesi için yapımında kullanılan iri agreganın aşınmaya ve çarpmaya karşı büyük bir mukavemete sahip olması lazımdır. Bu amaçla agregalar üzerinde Deval ve Los Angeles deneyleri yapılır. Bunlardan daha fazla uygulanması bakımından burada Los Angeles deneyinin esası belirtilmekle yetinilecektir.

Bu deneyde kullanılan alet 71,1 cm çapında ve 50,8 cm uzunluğunda, çelik saçtan yapılmış yatay ekseni etrafında dakikada 30-35 devir yapmak suretiyle

dönebilen, bir silindirden ibarettir. Silindir içinde fonttan yapılmış muhtelif adet küresel bilyalar (47,7 mm. çapında ve 390,45 gr ağırlığında) vardır. Silindir içinde P ağırlığında, granülometri bileşimi aşağıdaki çizelgede verilen bileşimlerden herhangi birine uyan agrega konulur.

Alet eksenini etrafında 500 defa döndürüldükten sonra deneye son verilir. Deney esnasında taneler birbirine çarparak ve font kürelerinin bu tanelere vurmasıyla parçalanır, yani ufalanır. Deney sonunda silindirden alınan malzeme 1,6 mm. lik elekten elenir. Bu elek üstünde kalan malzeme miktarı P_u ise aşınma miktarı Eşitlik 3.24 ile hesaplanır.

$$U = \frac{P - P_u}{P} \quad (3.24)$$

Elekten geçen miktar ne kadar az yani P_u (P) ye ne kadar yakınsa başka bir deyişle (U) ne kadar küçük ise agreganın aşınmaya karşı o kadar büyük bir mukavemeti vardır ve böyle bir agrega ayrıca yol betonu yapımına o kadar elverişlidir. Yapılan deneylerle Çizelge 3.3.'teki değerler elde edilmiştir.

Çizelge 3.3. Kullanılan Kalker Agregasının Özellikleri

Özellikler	Standartlar	Kalker		
		Kaba	İnce	Filler
Aşınma kaybı, (%) (Los Angeles)	ASTM C-131	28,9		
Donma kaybı, (%) (Na ₂ SO ₄ ile)	ASTM C-88	3,74		
Su absorpsiyonu, (%)	ASTM C-127	0,9		
Özgül ağırlık	ASTM C-127	2,627		
Özgül ağırlık	ASTM C-128		2,639	
Özgül ağırlık	ASTM D-854			2,632

3.2.2. Asfalt Çimentosunun Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi**3.2.2.1. Penetrasyon Deneyi**

Yarı katı veya akıcı olmayan bağlayıcıların kıvamlarının viskozimetre ile ölçülmesi mümkün değildir. Bu durumda penetrasyon deneyi yapılır. Penetrasyon ölçmek için kullanılan alete penetrometre denir.

Deney yapılışı ise, penetrasyon cihazı düzgün bir yere yerleştirilir ve gösterge sıfıra getirilir. Numune istenen sıcaklıkta olmalıdır (genellikle 25 °C’de). İstenen ağırlıkta (genellikle 100 gr) numune yüzeyine ancak degecek şekilde ayarlanır. İğne belirli bir zaman aralığında serbest bırakılır. Genellikle 5 sn’lik zaman bitiminde penetrasyon değeri okunur. Kabin kenarından ve birbirinden 1’er cm’ lik uzaklıkta en az 3 okuma yapılır. Bu okumalar en kısa zamanda yapılmalıdır. İğne, her seferinde uygun bir çözücü ile (Karbon tetra klorür, tri klor etilen, benzin) ısıtılmış bezle silinir. Sonra kuru bezle temizlenir (TS 118, 1998).

Viskozite ve penetrasyon derecesi benzer sayılarla verilir. Örneğin 80-100 penetrasyonlu asfalt, 50-100 viskoziteli asfalt gibi. Fakat bunlar farklı şeylerdir. Bunların benzer şekilde ifade edilmesi yanılgılara yol açar.

Penetrasyon derecesi yükseldikçe daha yumuşak bağlayıcı söz konusudur. Buna karşılık viskozitede durum terstir. Normal yol işlerinde kullanılan asfaltların penetrasyonu 30 ile 300 arasında değişir. Penetrasyonu aynı olan iki asfalttan yumuşama noktası yüksek olan sıcağa daha dayanıklıdır

3.2.2.2. Düktilite Deneyi

Bitümlü karışımlar genleşme ve büzölmeler doğuran ısı değışikliklerine maruz kaldıklarından, bağlayıcıların belli bir düktilite özelliğine sahip olması gerekir. Bir asfaltın düktilitesi, belirtilen koşullar altında standart bir briketin kopmadan uzayabileceği (cm) cinsinden uzaklık olarak belirtilir. Düktilite, yavaş etkiyen yükler altında bağlayıcının esneme kabiliyetinin bir ölçüsüdür.

Deneyde, eritilmiş numune "8" şeklindeki kalıp içine doldurulur ve oda sıcaklığında soğumaya bırakılır. Briketin kesit alanı 1 cm²'dir. Soğuyan kalıplar deney sıcaklığındaki su banyosuna bırakılır. Kalıba yapışan fazla kısımlar sıcak bir

bıçakla alınır, kalıbın yan parçaları çıkarılır, deney briketi düktilometreye yerleştirilir. Burada 5 cm/dak'lık sabit bir hızla çekilir. Asfalt ipliğinin kopmasına kadar kat edilen yol, düktilite ölçülür (cm). Deney 25°C sabit sıcaklıktaki su banyosu içinde yapılır.

Normal bir deneyde kopma, çekilmekte olan maddenin muayyen bir noktada ayrılması veya iplik şeklinde uzamakta olan numunenin kesit alanının sıfıra inmesi anıdır. Böyle üç normal deney sonuçlarının ortalaması, numunenin düktilitesi olarak bildirilir. Deney esnasında bitümlü madde suyun üst yüzeyine veya banyonun tabanına değerse bu normal bir deney olarak kabul edilemez.

3.2.2.3. Özgül Ağırlık Deneyi

Bir bağlayıcının özgül ağırlığı bunun belli bir hacminin ağırlığının aynı hacimde su ağırlığına oranıdır. Bir bağlayıcının özgül ağırlığı başlıca iki bakımdan önemlidir. Birincisi; çok defa ağırlıkla hacim arasındaki bağıntının bilinmesi faydalıdır. Bitümlü kaplamalara ait şartnamelerde oranlar ağırlıkça yüzde cinsinden belirtilir. Buna karşılık bağlayıcılar çok defa hacimce ölçülür. Sıcak karışımlarda ise bağlayıcının genleşme katsayı sının belirlenmesi faydalıdır. Böylece herhangi bir sıcaklıktaki özgül ağırlık hesaplanabilir. İkincisi; hidrokarbonlu bağlayıcının cinsinin bilinmesi açısından özgül ağırlık yararlıdır.Özgül ağırlık tayini için piknometre metodu kullanılır. Bu metotta, önce boş piknometre kabı kuru olarak tartılır, daha sonra su ile doldurulur ve tekrar tartılır. Piknometre kabı boşaltılır, kurutulur, içine uygun miktarda bağlayıcı genellikle 2/3 yüksekliğine kadar ya küçük parçalar halinde veya eritilmiş malzeme akıtılarak konur. Eğer ısıtılmış malzeme akıtılacak ise malzeme içinde hava kabarcıkları kalmamasına dikkat edilmesi gereklidir. Piknometre içinde kalan boşluk su ile doldurulur ve tartılır. deneyde kullanılacak su saf olmalıdır. Deney, genellikle 25 °C 'de yapılır. Farklı sıcaklıklarda yapılacaksa 25 °C 'ye çevirmek için çeşitli tabaklardan yararlanılır.

3.2.2.4. Stabilite ve Akma Deneyleri

Stabilite tecrübe kalıbı içerisine 4 inç çapında metal bir silindir konur, flowmetreyi kılavuz çubuğu üzerine yerleştirerek sıfıra ayarlanır.

Numuneleri teste tabi tutmadan önce 60 derecelik su banyosunda 30- 40 dakika tutulur.

Stabilite deney kalıbının iç yüzeyleri iyice temizlenir. Üst segmanın kılavuz çubukları üzerinde kolayca kayabilmesini temin için çubuklar ince bir yağ tabakası ile yağlanır. Tatbik edilen yükü okumak için bir ayar halkası kullanılacaksa, buna ait göstergenin yük yok iken sıfırı gösterecek şekilde ayarlanmış olması lazımdır.

Tecrübe makinesi hazır olunca, numuneyi su banyosundan çıkarıp, dikkatle kurulanır. Stabilite tecrübe kalıbının alt segmanın ortasına yerleştirilir. Üst segmanı takılır. Tazyik makinesinin altına yerleştirip flowmetreyi önce işaretlenmiş olan kılavuz çubuğu üzerine oturtulur.

Numuneye dakikada 2 inçlik sabit bir yük tatbik ederek numune kırılana kadar devam edilir. Kırılma anı göstergede okunan maksimum yük olarak alınacaktır. Böylece 60 derecedeki numunenin kırılması için gereken total yük Marshall Stabilitesi olarak tarif edilir.

Stabilite denemesi devam ederken, flowmetreyi yerinde bastırıp, yük döndüğü anda kaldırarak, o anki değeri kaydedilir. Bu değer numunenin akma değeri olup birim 1/100 inç'tir. Yani, bir numune 0.15 kadar deforme olmuş ise, bunun akma değeri 15'tir denir.

Stabilite ve akma değerlerine ait bütün işlemler, numunenin su banyosundan çıkartılmasından itibaren 30 saniye zarfında tamamlanmış olmalıdır.

3.2.3.Yol Tabakalarının Serim İşlemi

3.2.3.1. Alttemel

Sulanıp toprak silindiri ile sıkıştırılan (ıslahı yapılan) Şekil 3.20.'de görülen zemin üzerine sıkışmış kalınlığı 20 cm olacak miktarda Çizelge 3.5'te belirtilen gradasyon limitleri içerisinde sürekli gradasyon verecek şekilde hazırlanan malzeme figüre edilir.

Konkasörde elde edilen agrega Çizelge 3.4.'teki oranlar dahilinde karıştırılarak uygun gradasyonlu alttemel malzemesi elde edilmiştir.

İşyerine nakledilen malzeme ölçüme hazır halde figüre edilmiştir. Kontrol mühendislerinin gerekli ölçümleri yaptıktan sonra malzemeyi teslim almasıyla serim

işlemine geçilir. Serim işlemi en az 1 adet greyder, 1 adet 18 ton'luk titreşimli toprak silindiri ve 1 adet arazöz ile yapılır.

Çizelge 3.4. Konkasörde Elde Edilen Malzemenin Alttemel Dizaynı

Elek Aralığı (mm)	Karışım Oranı
0-5	%40
5-10	%28
10-19	%22
19-38	%10

Serim işlemi greyder ile yatırılan malzemenin üzeri arazöz ile sulanarak nemlendirilip karıştırılması ve tesviye edilmesi şeklinde yapılır. Malzemeye 1/8 oranında su katılarak nemlendirilir.

Sermeye malzemenin alındığı yere en uzak noktadan başlanarak, malzemenin alındığı yere doğru devam edilecektir. Serme işi sıkıştırma işinden en çok 200 m ileride olacak, her iş günü sonunda serilen bütün malzeme sıkıştırılmış olacaktır. Şekil 3.21' de serilip sıkıştırılmış alttemel ve hemen yanında yağmur suyu drenajı için inşa edilmiş beton hendek görülmektedir.

Çizelge 3.5. Alttemel Malzemesi Gradasyon Limitleri

ELEK AÇIKLIĞI		TİP – A	TİP – B
mm	inç	% GEÇEN	% GEÇEN
75	3	100	
50	2	-	100
37.75	1 ^{1/2}	85 – 100	80 – 100
25	1	-	60 – 90
19	3/4	70 – 100	-
9.5	3/8	45 – 80	30 – 70
4.75	No.4	30 – 75	25 – 60
2.00	No.10	-	15 – 40
0.425	No.40	10 – 25	10 – 20
0.075	No.200	0 – 12	0 – 12



Şekil 3.20. Sulanıp Sıkıştırılan Zemin

İşin başlangıcında en az 10 farklı noktada nükleer metot ile yapılan sıkışma deney sonuçları ile Kum Konisi veya Kasnak metotlarından biri ile yapılan sıkışma deney sonuçlarının korelasyonu yapılacaktır. Alttemel malzemesi Çizelge 3.6.'da belirtilen özelliklere sahip olacaktır. Sıkışma kontrolünün nükleer metotla yapılması durumunda, ayrıca her 2500 m²' de bir, diğer metotlardan birisi ile de sıkışma kontrolü yapılacaktır. Kalite kontrol deneyleri, en az Çizelge 3.7.'de belirtilen sayıda olmak üzere, kontrol mühendisince uygun görülen ara ve sıklıkta yapılacaktır.



Şekil 3.21. Yağmur Suyu Drenajını Sağlıycak Beton Hendek

Çizelge 3.6. Alttemel Malzemesinin Fiziksel Özellikleri

DENEY ADI	ŞARTNAME LİMITLERİ	DENEY STANDARDI
2 mm elek üzerinde kalan agreganın hava tesirlerine karşı dayanıklılık (donma) deneyinde Na ₂ SO ₄ ile kayıp, Maksimum %	20	TS-3655 AASHTO T-104
Aşınma kaybı (Los Angeles) Maksimum %	50	TS-3694 AASHTO T-96
Likit Limit, Maksimum %	25	TS-1900 AASHTO T-89
Plastisite İndeksi, Maksimum %	6	TS-1900 AASHTO T-90
Kil Topağı ve Dağılılabilen Tane Oranı, Maksimum %	İri Malzeme (4.75 mm elek üstü) 2 İnce Malzeme (4.75 mm elekaltı) 2	ASTM C-142
Organik Madde %	1	AASHTO T-194

Çizelge 3.7. Kalite Kontrol Deneyleri

DENEY ADI	MINİMUM DENEY SIKLIĞI ve DENEY SAYISI
Tane Boyutu Dağılımı TS 1900, AASHTO T27,11	Her 2000m ³ 'te 1 deney
Likit Limit, Plastik Limit TS 1900, AASHTO T-89,90	Her 2000m ³ 'te 1 deney
Aşınma Kaybı (Los Angeles) TS-3694, AASHTO T-96	Her malzeme veya gradasyon değişikliğinde ve ayrıca 6 ayda bir deney
Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık TS-3655, AASHTO T-96	Her malzeme veya gradasyon değişikliğinde ve ayrıca 6 ayda bir deney
Su İçeriği TS 1900	Her 2000m ³ 'te 1 deney
Kuru Birim Ağırlık-Su İçeriği İlişkisi TS 1900, AASHTO T-99,180	Her malzeme veya gradasyon değişikliğinde ve ayrıca 6 ayda bir deney
Yaş CBR TS 1900, AASHTO T-193	Her malzeme veya gradasyon değişikliğinde ve ayrıca 6 ayda bir deney
Sıkışma %' si Belirleme Testleri	
1- Kum Konisi Metodu AASHTO T-191	Her tabakanın 1000m ² 'sinde 1 deney
2- Kasnak Metodu AASHTO T-181	Her tabakanın 1000m ² 'sinde 1 deney
3- Nükleer Metot* AASHTO T-238,239	Her tabakanın 250m ² 'sinde 1 deney

3.2.3.2. Plent - Miks Temel (PMT)

PMT tabakası kırılmış çakıl, kırılmış cüruf, kırma taş ve ince malzeme kullanılarak Çizelge 3.8.'de verilen gradasyon limitleri içerisinde sürekli gradasyon verecek şekilde kaba ve ince olmak üzere en az üç ayrı tane boyutu grubunun uygun oranda su ile bir plentte karıştırılmasıyla hazırlanan malzemenin sıkıştırılmış alttemel üzerine projesinde belirtilen plan, profil ve en kesitlere uygun olarak bir ya da birden fazla tabakalar halinde serilip sıkıştırılmasıyla oluşturulan tabakadır.

PMT tabakası yapımında kullanılacak olan malzeme, belirtilen fiziksel özellikleri sağlayacak ve Çizelge 3.8.'de verilen gradasyon limitlerinde, kaba ve ince agregadan oluşmalıdır.

Karışımın serilmesinde Şekil 3.22.'de görülen elektronik duyargalı finişer kullanılmıştır. Bir seferde 20 cm kalınlığında tabaka serilip sıkıştırılmıştır. Finişer önceden yol kenarına 5 metre arayla çakılan ofset kazıkları (Şekil 3.24) üzerine gerilen 3 mm çapındaki çelik halat üzerine duyargası yerleştirilerek istenilen kalınlıkta malzeme serimine başlamıştır. Her bir ofset kazığı üzerine finişerin çalışacağı kot ve dever eğimi topoğraf ekibi tarafından yazılmıştır.

Çizelge 3.8. Plent-Miks Temel Tabakası Gradasyon Limitleri

ELEK AÇIKLIĞI		% GEÇEN	
mm	inç	TİP – I	TİP – II
37.75	1 ^{1/2}	100	
25	1	72-100	100
19	3/4	60 – 92	80-100
9.5	3/8	45 – 75	50 – 82
4.75	No.4	30 – 60	35 – 65
2.00	No.10	20-45	23 – 50
0.425	No.40	8 – 25	12 – 30
0.075	No.200	0 – 10	2 – 12

Sıkıştırma, statik çizgisel yükü 30 kg/cm den daha büyük olan kendi yürür düz bandajlı vibrasyonlu silindirler ve lastik başına düşen yükü en az 3500 kg olan lastik tekerlekli sıkıştırıcılarla (Şekil 3.23.) yapılmıştır.

Sıkıştırma; yolun eksenine paralel olarak yapılacak, düşük kotlu kenardan başlayarak eksene doğru kayacaktır. Yatay kurplarda kurbun içinden başlanacak ve dışına doğru devam edilecektir. Her geçişte, bir önceki geçişte sıkıştırılan kısma silindir genişliğinin % 10' u kadar bindirme yapılacaktır. Şeritlerin tümünde ilk geçiş tamamlanmadan ikinci geçiş yapılmayacaktır.

Yapılan kontroller sonucunda gerekli sıkışmanın sağlanmadığı anlaşılırsa, sıkıştırmaya devam edilecektir. Eğer temel tabakası birden fazla tabakalar halinde seriliyorsa, bir sonraki tabakanın serimi, ilk tabakanın sıkışmasının tamamlandığının testlerle anlaşılmasından sonra yapılacaktır.



Şekil 3.22. Finişer İle PMT Serimi



Şekil 3.23. Lastik Tekerlekli Silindir (Vabil) İle PMT Sıkıştırma İşlemi



Şekil 3.24. Ofset Kazıkları Üzerinde Gerili 3mm Kalınlıkta Çelik Tel

İşin başlangıcında en az 10 farklı noktada nükleer metod ile yapılan sıkışma deney sonuçları ile Kum Konisi veya Kasnak metodlarından biri ile yapılan sıkışma deney sonuçlarının korelasyonu yapılacaktır. Sıkışma kontrolünün nükleer metodla yapılması durumunda, ayrıca her 2500 m²' de bir, diğer metodlardan birisi ile de sıkışma kontrolü yapılacaktır. Kalite kontrol deneyleri en az Çizelge 3.9.'da belirtilen sayıda olmak üzere, Kontrol Mühendisince uygun görülen ara ve sıklıkta yapılacaktır.

Çizelge 3.9. Kalite Kontrol Deneyleri

DENEY ADI	MİNİMUM DENEY SIKLIĞI ve DENEY SAYISI
Tane Boyutu Dağılımı TS 1900, AASHTO T88 -Kaba agregası -İnce agregası -Karışım	-Her 500m ³ 'te 1 deney -Her 300m ³ 'te 1 deney -Her 1000ton 'da 1 deney
Likit Limit, Plastik Limit TS 1900, AASHTO T-89,90	Her 1000 ton 'da 1 deney
Aşınma Kaybı (Los Angeles) TS-3694, AASHTO T-96	Her malzeme veya gradasyon değişikliğinde ve ayrıca 6 ayda bir deney
Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık TS- 3655, AASHTO T-104	Her malzeme veya gradasyon değişikliğinde ve ayrıca 6 ayda bir deney
Yassılık İndeksi BS 812	Karışım dizaynında ve herayda 1 deney
Kırılma % 'si	Karışım dizaynında ve herayda 1 deney
Su İçeriği TS 1900	Her 1000 ton 'da 1 deney
Kuru Birim Ağırlık-Su İçeriği ilişkisi TS 1900, AASHTO T-180	Karışım dizaynında ve herayda 1 deney
Yaş CBR TS 1900, AASHTO T-193	Karışım dizaynında ve herayda 1 deney
Sıkışma %' si Belirleme Testleri	
- Kum Konisi Metodu AASHTO T-191	Her tabakanın 1000m ² 'sinde 1 deney
- Kasnak Metodu AASHTO T-181	Her tabakanın 1000m ² 'sinde 1 deney
- Nükleer Metot* AASHTO T-238,239	Her tabakanın 250m ² 'sinde 1 deney

Yeterli silindiraja rağmen gerekli sıkışmanın elde edilemediği tabakalar

kazınarak kaldırılacak ve yerine yeni karışım serilip sıkıştırılacaktır.

Sıkıştırılmış temel kalınlığı, projede gösterilen kalınlığın %10' undan farklı olursa, yüzey kabartılacak, gerekli ilave veya azaltma yapılarak tekrar sıkıştırılacaktır.

Yapım esnasında kullanılan malzemeyi ve oluşturulan tabakayı kontrol etmek amacıyla, belirli aralıklarla yapılması gerekli Kalite Kontrol Deneyleri, minimum deney sayısı ve sıklıkları Çizelge 3.6'da verilmiştir.

3.2.3.3. Bitümlü Temel

Kırılmış ve elenmiş kaba agreg, ince agreg ve mineral fillerin belli gradasyon limitleri arasında, işyeri karışım formülü esaslarına uygun olarak bitümlü bağlayıcı ile bir plentte karıştırılarak plent-miks tabakası üzerine ortalama 11 cm kalınlığında serilen ilk bitümlü tabakadır.

Bitümlü temel, karışıma giren kaba agreg, ince agreg ve mineral filler ile bitümlü malzemede aranan özellikler, gradasyon limitleri, işyeri, karışım formülünün esasları, inşa metodu, arazi ve laboratuvar kontrolleri ve diğer şartlar Teknik Şartnamede verilen esaslara uygun olacaktır.

3.2.3.3.(1). Mineral Agreg ve Genel Özellikleri

Agrega kırmataş, kırılmış çakıl veya bunların karışımından ibaret olacaktır. Karışım içindeki kırma taş veya kırma çakıl temiz, sert, sağlam ve dayanıklı tanelerden ibaret olacak, bütün malzemede kil topakları, bitkisel maddeler ve diğer zararlı maddeler bulunmayacaktır.

Agregada sülfat, klorit veya kurutma veya karıştırma sırasında veya sonradan hava etkisi ile kırılmaya yatkın olan ayrışma ürünü diğer maddeler bulunmayacaktır.

Mineral agreg, kaba agreg, ince agreg ve mineral filleri içeren en az üç ayrı tane grubunun düzgün bir derecelenme verecek şekilde belli oranlarda karıştırılmasından oluşacaktır. Karışım agreganın gradasyonu Çizelge 3.10 'da verilen gradasyon limitlerinden birine uyacaktır.

Malzeme hazırlanması sırasında her grup malzemenin gradasyonu tespit edilecektir. Kaba agreg için en çok 300 m³ de bir elek analizi, ince agreg için en

çok 100 m³ de bir elek analizi yapılacaktır. Laboratuvar karışım dizaynına esas olacak çeşitli tane grubundaki malzemelerin ortalama elek analizleri konkasör ayarları tamamlanıp sürekli çalışmaya başladıktan sonra en az 10 adet elek analizinin ortalaması alınarak hesaplanacaktır. Elek analizleri ASTM C-136, C-1 17' ye uygun olarak yapılacaktır.

Çizelge 3.10. Bitümlü Temel Tabakası İçin Gradasyon Limitleri

Elek Boyu	Tip - A	Tip - B
37.5mm (1 1/2")	100	100
25 mm (1")	72-100	80-100
19 mm (3/4")	60-90	70-90
12.5 mm (1/2")	50-78	61-81
9.5 mm (3/8")	43-70	55-75
4.75 mm (No.4)	30-55	42-62
2.00 mm (No.10)	18-42	30-47
0.425 mm (No.40)	6-21	15-26
0.180mm (No.80)	2-13	7-17
0.075 (No.200)	0-7	1-8

Agrega en az üç tane grubu halinde hazırlanacaktır. Kaba agreg, ince agreg ve mineral filler, agregalarla ilgili bütün muayene ve deneyler şartnameye uygun olarak idareye ait bölge veya merkez laboratuvarlarında veya idarenin uygun göreceği tercihen akredite olmuş laboratuvarlarda yapılacaktır.

3.2.3.3.(1).(a). Kaba Agreg

Kaba agreg, agreg karışımının 4.75 mm (No.4) lik elek üzerinde kalan kısmı olup, temiz, pürüzlü, sağlam ve dayanıklı tanelerden ibarettir. Kaba agreg içinde yumuşak ve dayanıksız parçalar, kil, organik ve diğer zararlı maddeler serbest veya agreg tanelerini sarmış halde bulunmayacaktır. Kaba agreganın özellikleri Çizelge 3.11.'de verilmiştir.

Kaba agreg BS 812 ye göre test edildiğinde; yassılık indeksi % 35 den fazla olmayacak; taneler kübik ve köşeli olacaktır. Ekonomik ve teknik nedenlerden dolayı soyulma mukavemeti düşük agreganın kullanılma zorunluluğu doğarsa, idarenin

onayı ile soyulma mukavemetini arttırmak için bağlayıcıya yapışma özelliğini arttırıcı katkı maddeleri ilave edilebilecektir. Kullanılacak katkı malzemesinin cinsi ve miktarı laboratuarda yapılacak deney sonucunda tespit edilecektir.

Çizelge 3.11. Kaba Agreganın Özellikleri

DENEY	ŞARTNAME LİMITLERİ	DENEY STANDARDI
AŞINMA KAYBI (Los Angeles), maks.%	35	TS 3694 (ASTMC-131)
HAVA TESİRLERİNE KARŞI DAYANIKILIK(Donma deneyi, Na ₂ SO ₄ ile) kayıp, maks.%	12	TS 3655 (ASTM C-88)
KIRILMIŞLIK(en az iki yüzü), ağırlıkça, minimum %	100	-
YASSILIK İNDEKSİ, maksimum %	35	BS 812
SU ABSORPSİYONU, maksimum %	2,5	TS 3526 (ASTM C-127)
SOYULMA MUKAVEMETİ, minimum %	50	403-EkA
KİL TOPAKLARI VE UFALANABİLİR TANELER, maksimum %	1,0	ASTM C-142
*SIKIŞTIRILMIŞ BİTÜMLÜ KARIŞIMLARIN SUDAN KAYNAKLANAN BOZULMALARA KARŞI DİRENCİ, indirekt çekme mukavemeti oranı, min.%	80	AASHTO T-283

* Bu deney zorunlu değildir, gerek duyulduğunda yapılacaktır.

Kaba agregası BS 812 ye göre test edildiğinde; yassılık indeksi % 35 den fazla olmayacak; taneler kübik ve köşeli olacaktır.

Ekonomik ve teknik nedenlerden dolayı soyulma mukavemeti düşük agreganın kullanılma zorunluluğu doğarsa, idarenin onayı ile soyulma mukavemetini arttırmak için bağlayıcıya yapışma özelliğini arttırıcı katkı maddeleri ilave edilebilecektir. Kullanılacak katkı malzemesinin cinsi ve miktarı laboratuarda yapılacak deney sonucunda tespit edilecektir.

Kaba agregada su absorpsiyonu % 2,5 den fazla olmayacaktır. Ekonomik ve teknik nedenlerden dolayı % 2,5 den fazla su absorpsiyonu olan agreganın

kullanılma zorunluluğu doğarsa, İdarenin onayı alınacak ve İdare bu konuda özel laboratuvar karışım dizaynı hazırlayacaktır.

3.2.3.3.(1).(b). İnce Agregası

Kırılmış, elenmiş taş, çakıl veya kum ile bunların karışımından oluşacaktır. İnce agrega, agrega karışımının 4.75 mm (No.4) lik elekten geçip 0.075 mm, (No.200) elekten kalan kısmı olup temiz, sağlam ve dayanıklı olacak ve Çizelge 3.12' de verilen özelliklere sahip olacaktır.

Karışımında kullanılacak doğal kum, ince agrega özelliklerine sahip olacak ve miktarı karışımından istenilen stabilite, akma ve boşluk değerlerinin sağlanması şartıyla tespit edilecektir.

Çizelge 3.12. İnce Agreganın Özellikleri

ÖZELLİKLER	DENEY METODU	ŞARTNAME LİMİTLERİ
PLASTİSİTE İNDEKSİ, maks. %	TS 1900	2
KİL TOPAKLARI VE UFALANABİLİR TANELER, maks. %	ASTM C-142	1,0
ORGANİK MADDE MİKTARI maks. %	TS 3673 (AASHTO T-194)	0-1 (Renk skalası) (0,5)

3.2.3.3.(1).(c). Mineral Filler

Mineral filler, genel anlamı ile tamamı 0.425 mm (No.40) elekten geçip, ağırlıkça en az % 70' i 0.075 mm (No.200) elekten geçen malzeme olarak tanımlanır.

Kaba ve ince agreganın karışım gradasyonu 0.425 mm (No.40) elekten geçen malzeme miktarı yönünden yetersiz ise, agrega karışımına mineral filler ilave edilebilir. Mineral fillerin gradasyon limitleri Çizelge 3.13.'te verilmiştir.

Mineral filler taş tozu, mermer tozu, sönmüş kireç veya benzeri maddelerden oluşacak; kil, toprak, organik ve zararlı madde içermeyecektir.

Mineral fillerin plastisite indeksi % 4' ten fazla olmayacak, kolayca akabilecek kadar kuru olacak ve özellikle topraklar ihtiva etmeyecektir.

Çizelge 3.13. Mineral Fillerin Gradasyon Limitleri

Elek Boyu	Ağırlıkça % Geçen
0.425mm (No.40)	100
0.075mm (No.200)	70-100

Mineral fillerin elek analizi AASHTO T-37 (ASTM-546) ya göre yapılacaktır. Agrega karışımına ilave edilen mineral fillerin 0.075 mm (No.200) elek üzerinde kalan kısmı ince agrega olarak kabul edilir.

3.2.3.3.(2). Yapım Şartları

Mineral agrega ve bitüm işyeri karışım formülüne göre; harman tipi karıştırma (batch tipi) prensibi ile çalışan plentte karıştırılmıştır. Saatte 160 ton kapasiteli kendinden elekli Çesan marka asfalt plenti kullanılmıştır. Plentten çıkan karışım homojen olacak ve içinde karışmamış hiçbir tane bulunmayacaktır. Bitüm malzemesi olarak 50/70 penetreli malzeme kullanılmıştır.

Karıştırma işleminden önce bitüm ve agrega Çizelge.3.14.'te belirtilen sıcaklıklara kadar ısıtılacaktır.

Agreganın sıcaklığı ile bitümün sıcaklığı arasındaki fark 15°C den fazla olmayacaktır. Plentten çıkan karışımın sıcaklığı Çizelge.3.15.'te ve karışımın minimum serim sıcaklıkları Çizelge 3.16' da belirtildiği gibi olacaktır.

Bitümlü temel inşaatı genel olarak 1 Nisan - 30 Kasım tarihleri arasında yapılır ve iş programı, bitümlü temelin üzeri hiçbir şekilde açık bırakılmayacak ve en az binder tabakası ile kaplanacak şekilde düzenlenir. Özellik gösteren yerlerde bu süre ilgili makamlardan onay alınarak uzatılıp veya kısaltılabilir.

Hava sıcaklığı gölgede ve herhangi bir suni ısıdan uzakta 50C olduğu veya 5°C'nin altına düşmeye başladığı zaman, yağmur veya kar yağıyorken veya yolun üzerinde su, buz veya kar mevcut iken bitümlü kaplama yapılması sakıncalıdır.

Çizelge 3.14. Malzemelerin Karıştırma Sıcaklıkları

BİTÜMLÜ BAĞLAYICI TİPİ	Bitüm		Agrega	
	Min. ⁰ C	Maks. ⁰ C	Min. ⁰ C	Maks. ⁰ C.
40/60, 50/70 pen. Bitüm ile hazırlanan karışımlarda.	145	160	150	165
70/100 pen. Bitüm ile hazırlanan karışımlarda	140	155	145	160

Çizelge.3.15. Plentten Çıkan Karışımın Sıcaklığı

Hava Sıcaklığı (Gölgede) (⁰ C)	Karışım Sıcaklığı (⁰ C)
5-15 arası için	Min. 155
15,1-30 arası için	Min. 145
>30 için	Min. 140

Çizelge 3.16. Karışımın Serim Sıcaklıkları

Sıkıştırılmış Tabaka Kalınlığı	50 – 75 mm	>75 mm
Yol Yüzeyi Sıcaklığı (⁰ C)	Minimum Serim Sıcaklığı (⁰ C) ⁽¹⁾	
<5	⁽²⁾	⁽²⁾
5 – 9.9	141	135
10 – 14.9	138	132
≥15	135	130
⁽¹⁾ Finişere boşaltma yapıldığı andaki sıcaklık, ⁽²⁾ Serim Yapılmamalıdır		

3.2.3.3.(2).(a). Yolun Hazırlanması

Daha önceden inşa edilmiş yol, bitümlü temel inşaatı başlamadan önce mutlaka kontrol edilir. Kaplamanın yapılacağı satıh toz, pislik, kil parçacıkları ve diğer yabancı maddelerden tamamen temizleninceye kadar döner süpürgeler veya diğer mekanik süpürgeler, hatta gerekiyorsa el süpürgeleri ile süpürülmelidir.

Yol bitümlü kaplamalı ise, yüzeyde hiçbir gevşek nokta bulunmayacaktır. Gevşek noktalar sökülecek, serbest malzemeler temizlenerek dışarı atılıp usulüne uygun olarak sıcak karışımla onarılmalıdır. Yol yüzeyindeki ufak, büyük bütün çukurlar usulüne uygun olarak onarılıp tümseklikler mutlaka giderilmelidir. Yol yüzeyinde mevcut enine ve boyuna çatlaklar usulüne uygun doldurulup

onarılmalıdır.

Yol yüzeyi granüler, plent-miks temel ise, yol bütünüyle plan, profil ve enkesitlere göre inşa edilmiş olacak, bombe ve dever şartnamelere uygun olacaktır. Satıhta gevşek ve serbest malzeme bulunmayacak, iyice süpürme işlemi yapılmalıdır.

Üstyapı kalınlıkları tam olarak uygulanmış olacak ve şartnamelerle istenilen yoğunluk ve sıkışmayı sağlayacaktır. Satıhta kil, organik madde ve nebati toprak bulunmayacak, mevcutlar kazınacaktır. Yukarıdaki şartlara uymayan temeller üzerine bitümlü temel inşa edilmeyecektir.

3.2.3.3.(2).(b). Karışımın Taşınması

Bitümlü temel karışımının naklinde kullanılan araçlar temiz, muhafazalı, damper şasesi düz ve madeni olmalıdır. Karışımın nakli yapılmadan önce araçların damper şaseleri yapışmayı önleyecek ince bir yağla yağlanacak veya tabana uygun bir malzeme konulacaktır. Kullanılacak yağlama maddesi karışımı ayırtırmayacağı gibi herhangi fiziksel ve kimyasal etkisi de olmamalıdır. Karışımın araçlara doldurulması ve nakli sırasında segregasyon olmaması için özen gösterilmelidir. Karışım naklinde kullanılan araçlar brandalı örtü tertibatına sahip olmalıdır.

3.2.3.3.(2).(c). Karışımın Serilmesi

Karışımın serileceği yüzey önceden kirden arındırılmış ve fırçayla temizlenmiş olmalıdır. Serme işlemi finişerlerle; yolun plan, profil ve en kesitleri topoğraflarca ofset kazıklarına işlenen değerler finişere uygulanarak serme işlemi yapılır. Finişer elektronik duyarga kumandalı olacak, gerili çelik tel sistemi (offset hattı) kullanılarak serme yapılır. Gerili çelik tel sisteminde çelik tel tespit kazıkları her 5 metrede bir yerleştirilerek, telin uzunluğu en az 200 metre olacak şekilde tanzim edilecektir.

Bir defada serilip sıkıştırılmış tabakanın kalınlığı, karışımın içindeki en büyük tane boyutunun 1,5 katından az, 3 katından fazla olmamalıdır.

Serme işlemi mümkün olduğu kadar sürekli olacak ve serim sırasında sericinin hızı sabit tutulacaktır.

Yeterli sayıda tecrübeli kürekçi ve tırmıkçı gibi personel finişeri takip ederek

(Şekil 3.25.)kaplama yüzeyinden istenilen özellik ve nitelikleri temininde yardımcı olacaklardır. Makine ile serilmesi mümkün olmayan yerlerde malzeme elle serilebilecektir. Ancak, bu sırada düzgün ve kaliteli işçilik ile sıkıştırılmış haldeki kaplamanın kot, eğim ve düzgünlük bakımından şartname ve projesi sağlanmış olacaktır. Yatay kurlarda serim işlemine kurbun içinden en düşük kottan başlanacak, diğer şeritler kurbun dışına yüksek kota doğru devam edecektir.



Şekil 3.25. Finişer ile Bitümlü Temel Serimi

Serilen karışım işyeri karışım formülünde verilen kompozisyona uygun olacak malzeme segregasyona uğratılmadan serilecektir.

3.2.3.3.(2).(d). Deneme Kesimi

Belirlenmiş arazi sıkışmasını elde edebilecek silindiraj yöntemini tesis etmek amacı ile her bir tabakanın yapımının başlangıcında en az 400 m² ve projede verilen kalınlıkta deneme kesimi inşa edilir.

Deneme kesiminin inşa edileceği yer kontrol mühendisi tarafından seçilerek yapımı yönetilecektir. Eğer şartnamelerde verilen değerlere uygun sonuç alınmışsa

deneme kesimi yerinde kalacak ve bütün işin bir parçası olacaktır.

Deneme kesiminde sıkıştırmaya, karışım serildikten belirtilen sıkıştırma usullerine uygun olarak ve işyeri karışım formülünde verilen işyeri karışım yoğunluğunun en az % 97' si elde edilinceye kadar devam edilecektir.

Yoğunluklar Kontrol Mühendisi tarafından gelişigüzel seçilmiş en az üç noktadan ikişer (2) adet, 15 cm çapında karot numuneleri alınarak tayin edilir.

Karot numunelerinin ortalama yoğunluğu, işyeri karışım yoğunluğunun %98' sinden aşağı olmayacak şekilde ayarlanır. Karotlar, günün serin saatlerinde ve gerektiğinde karot alınacak yere soğuk su, buz veya diğer soğutucu maddeler uygulanarak kaplamanın parçalanıp dağılmasını önleyecek şekilde alınır. Karotların alındığı yerler kaplamanın kendi malzemesi ile en kısa zamanda doldurulup sıkıştırılır.Yoğunluk tayini kontrol mühendisinin onayı ile yukarıda belirtilen yöntemle ilaveten ASTM D-2950 «Nükleer Cihazla Bitümlü Kaplamada Yerinde Yoğunluk Tayini»'ne uygun olarak nükleer cihazla (Şekil 3.26) tayin edilebilir. Ancak, nükleer cihazla bulunan yoğunlukların karot numuneleri ile kalibrasyonu yapılarak ve karot sonuçları esas alınır. Ortalama yoğunluk, maksimum yoğunluk ve hava boşluk oranları Lcd ekrandan okunur. 5 kg ağırlığındaki cihaz 229x406x152 mm ebatlarındadır. Şarjlı çalışma özelliğine sahip olup 12 v ile çalışır.

Eğer uygulanan sıkışma yöntemi ile istenen arazi yoğunluğu elde edilememiş ise, sıkışma yöntemi ayarlanarak yeniden deneme kesimi yapılır ve uygun sonuçlar elde edilinceye kadar devam edilir. İstenen sıkışmayı veren silindiraj yöntemi ve makineler kaplama yapımında aynen uygulanır



Şekil 3.26. Elektromagnetik Yoğunluk Ölçüm Cihazı

3.2.3.3.(2).(e). Karışımın Sıkıştırılması

Karışım yola serildikten hemen sonra sıkıştırma işlemine başlanır. Silindiraja başlandığında karışımın sıcaklığı 135°C nin altında olmamasına dikkat edilmeli ve karışımın sıcaklığı 80°C nin altına düşmeden sıkıştırma işleminin tamamlanmış olması gerekir.

Teknik şartnameye göre sıkıştırma işleminde statik ağırlığı 8-12 ton arasında demir bandajlı silindirler ile lastik basıncı ayarlanabilen kendinden yürür minimum 20 tonluk lastik tekerlekli silindirler kullanılmalıdır. Günlük 600 ton'dan fazla sermelerde her 400 ton için bir demir bandajlı silindir ilave edilir. Şekil 3.27. 'de görüldüğü gibi günlük 900 ton serim yapıldığında demir bandajlı silindir sayısı 2 ye çıkarılmıştır.

Karışım serildikten sonra varsa önce enine ve boyuna ek yerleri silindirler. Silindiraja kaplamanın kenarından, başlanıp ortaya doğru devam edilir. Silindiraj sonunda yol yüzeyinde taş kırılmaları, kaymalar, çatlamlar ve yırtılmalar olmamalıdır.

Karışımın sıkıştırılması işlemi aşağıda tarif edilen üç safhada tamamlanır. Bu safhalardaki sıkıştırma metotları deneme kesiminde kontrol edildikten sonra, esas sıkıştırma metodu deneme kesiminde elde edilen sonuçlara göre tespit edilir.

a) İlk Silindiraj (Tespit Silindirajı):Karışımın yola serilmesini takiben beklemeksizin ilk silindiraj yapılacaktır. İlk silindiraj statik ağırlıklı demir bandajlı silindirlerle yapılacak ve bir noktadan en az iki geçiş olacak şekilde uygulanır. Silindiraj sırasında karışımın ötelenmesine engel olunacaktır. Gerektiğinde ilk silindirajda lastik iç basıncı ayarlanabilen kendinden hareketli lastik tekerlekli silindirler de kullanılmalıdır.



Şekil 3.27. İki Demir Bandajlı Bir Lastik Tekerlekli İle 3 Silindirin Çalışması

b). Ara Silindiraj: İlk silindirajı takiben demir bandajlı, lastik basıncı ayarlanabilen kendinden hareketli lastik tekerlekli veya vibrasyonlu silindirlerle yapılır. Bir noktadan en az iki geçiş olacak şekilde uygulanmalıdır. Bu silindirajda malzemenin ötelenmesinden dolayı oluşacak ondülasyona, tekerlek izlerine engel olunacak ve silindirlerin kompozisyonu buna göre tespit edilecektir.

c) Son Silindiraj: Demir bandajlı veya lastik basıncı ayarlanabilen kendinden hareketli silindirlerle kullanılmaktadır. Bir noktadan en az iki geçiş olacak şekilde uygulanmalıdır. Son silindiraj tamamlandığında yüzeyde tekerlek izleri ve kılcal çatlaklar bulunmamalıdır.

3.2.3.3.(2).(f). Silindiraj Esasları.

Karışım serildikten sonra silindiraj aşağıda belirtildiği şekilde yapılır.

A. Birinci şeritte:

1. Varsa önce enine ek yerleri silindirlerir.

2. Serilen şeridin düşük kenarından silindirilemeye başlanır ve her geçişte bir önceki iz'e en fazla 15 cm. bindirme yapılarak yüksek kenara doğru devam edilir.

3. İlk silindirajda 1, 2 deki sıra, ara ve son silindirajda ise 2. maddedeki sıra uygulanır.

4. Yatay kurplarda silindiraja kurbun içinden başlanarak dışına doğru devam edilir.

B. İkinci şeritte:

1. Varsa önce enine ekleri silindirlenir.

2. Boyuna ek yeri silindirlenir.

3. Serilen şeridin düşük kenarından başlanarak her geçişte bir önceki iz'e en fazla 15 cm. bindirme yapılarak yüksek kenara kadar silindiraja devam edilir.

4. İlk silindirajda 1, 2, 3 deki sıra, ara ve son silindirajda ise 3. maddedeki sıra uygulanır.

3.2.3.4. Asfalt Betonu Binder ve Aşınma Tabakaları

3.2.3.3.' tee anlatılan işlemlerin tamamı bu tabaka içinde geçerlidir. Ancak malzeme cinsi, boyutu ve tabaka kalınlıkları farklılıklar gösterebilir.

Mineral agregası; kaba agregası, ince agregası ve mineral filleri içeren en az üç ayrı tane grubunun düzgün bir derecelenme verecek şekilde belli oranlarda karıştırılmasından oluşmalıdır.

Ağır trafikli yollarda yapılacak aşınma tabakasında, ocak durumunun uygun olması halinde, magmatik kayalardan (bazalt) üretilmiş agregalar kullanılacaktır.

Karışımın agregası gradasyonu binder tabakası için Çizelge 3.17.'de, aşınma tabakası için Çizelge 3.18. 'de ağırlıkça % geçen olarak verilen gradasyon limitlerine uymalıdır.

3.2.3.4.(1). Yolun Hazırlanması

Daha önceden inşa edilmiş yol, asfalt betonu inşaatı başlamadan önce mutlaka kontrol edilmelidir. Kaplamanın yapılacağı satıh toz, pislik, kil parçacıkları ve diğer yabancı maddelerden tamamen temizleninceye kadar döner süpürgeler, diğer mekanik süpürgeler veya el süpürgeleri yardımı ile süpürülerek, gerekirse yıkanarak veya basınçlı hava ile temizlenmelidir. Ayrıca yol yüzeyi trafiğe uzun süre açık kalmış ve bu nedenle yüzeyi yeterli pürüzlülüğe sahip değil ise uygun

makinelerle yüzey pürüzlendirilecektir. Yapıştırıcı atılacak tabakaların temizliğinde Şekil 3.28.'de görülen kompresörün ürettiği basınçlı hava kullanılmaktadır.

Çizelge 3.17. Binder Tabakası İçin Gradasyon Limitleri

Elek Boyu	% GEÇEN
25 mm (1")	100
19 mm (3/4")	80-100
12.5 mm (1/2")	58-80
9.5 mm (3/8")	48-70
4.75 mm (No.4)	30-52
2.00 mm (No.10)	20-40
0.425 mm (No.40)	8-22
0.180mm (No.80)	5-14
0.075 (No.200)	2-7

Çizelge 3.18. Aşınma Tabakası İçin Gradasyon Limitleri

Elek Boyu	Tip - 1	Tip - 2
19 mm (3/4")	100	
12.5 mm (1/2")	83-100	100
9.5 mm (3/8")	70-90	80-100
4.75 mm (No.4)	40-55	55-72
2.00 mm (No.10)	25-38	36-53
0.425 mm (No.40)	10-20	16-28
0.180mm (No.80)	6-15	8-16
0.075 (No.200)	4-10	4-10

Yol sathının düzgün olması nedeni ile oluşabilecek fazla bitümlü malzemeler el süpürgeleri ile temizlenecektir. Astar malzemesi püskürtüldükten sonra bitümlü malzemenin kür ve penetre edebilmesi için en az 24 saat, üzerine yeni bir bitümlü kaplama serilmeyecek, mümkün olduğu takdirde yol trafiğe kapatılacaktır. Aksi taktirde kür süresince trafik hızı 30 km/saat olarak sınırlandırılacaktır.



Şekil 3.28. Alt Tabakanın Basınçlı Hava İle Temizlenmesinde Kullanılan Kompresör

3.2.3.4.(2). Bitümlü Yapıştırıcı Malzemesinin Uygulanması

Farklı kalınlıklarda serilen asfalt tabakalarının birbirinden ayrılarak titreşimler sonucu kabuk atmasını önlemek amacıyla bitümlü temel ile binder arası ve binder ile aşınma tabakası arasına bitümlü yapıştırıcılar distüribütör (Şekil 3.29.) ile Çizelge 3.19.'da belirtilen sıcaklıklarda püskürtülmektedir. Bu sayede tabakaların birbirine kenetlenmesi sağlanır.

Yapıştırıcı olarak özel karışimli ve çeşitli harflerle kodlanmış yapıştırıcılar kullanılmaktadır. RC250, RS1, RS2, CRS1 ve CRS2 kodlu yapıştırıcılar en çok kullanılanlardır. Burada çabuk kür olan RC250 en yaygın kullanılan yapıştırıcıdır.

Çizelge 3.19. Bitümlü yapıştırıcıların püskürtme sıcaklıkları

Bitümlü Malzeme	Püskürtme Sıcaklıkları (°C)
RC250	60–80
RS1	20 – 60
RS2	50 – 85
CRS1	50 – 85
CRS2	60 – 85

Yapıştırma tabakası olarak bitüm emülsiyonu kullanıldığında suyun buharlaşması için bitümlü tabaka serilmeden önce yeterli süre geçmelidir. Yapıştırma

tabakasının yüzeyinden bitümlü sıcak karışım serilmeden önce trafik geçmesine izin verilmeyecektir.



Şekil 3.29. Bitümlü Yapıştırıcının Distüribütör İle Uygulanması

3.2.3.4.(3). Karışımın Serilmesi

Karışımın yola seriminde, kot ve eğimlerin doğru uygulanması için bütün binder ve aşınma tabakaları gerili çelik tel sistemi yardımıyla (offset halatı) şekil 3.30.'daki gibi serimi yapılmıştır. Yolun eğim ve kotu 5 metre arayla çakılı ofset kazıkları üzerine topoğraf ekibi tarafından yapılan ölçümlerin sonucu yazılır. Finişer operatörü, serim her kazığın yanına vardığında oradaki değerleri finişerin elektronik duyargasına işleyerek serime devam eder.

Kaplama çok şeritli olarak inşa ediliyorsa, bütün binder ve aşınma tabakalarının ilk şeridi gerili çelik tel sistemi veya en az 12 m boyunda olan yürüyen referans sistemi ile serilecektir. Diğer şeritler ise Kontrol Mühendisinin uygun görmesi ile yürüyen referans sistemi veya duyargalı pabuç sistemi ile serilebilir.

Takviye tabakası olarak serilecek tek tabaka asfalt betonu kaplaması gerili

elik tel sistemi ile serilecektir. Bir defada serilip sıkıştırılmış tabakanın kalınlığı, karışımın içindeki en büyük tane boyutunun 1,5 katından az, 3 katından fazla olmayacaktır.

Gerili elik tel sisteminde, elik tel tespit kazıkları her 5 metrede bir yerleştirilecek ve yolun kenarına en az 200 metre uzunlukta tanzim edilecektir. Duyargalı pabuç veya ızgara pabuç yürürken atlama yapmayacaktır.

Trafik durumunun uygun olması halinde karışım birden fazla finieş kullanarak tüm platform genişliğince boyuna ek yeri bırakılmadan şekil 3.31.'deki gibi serilmiştir.



şekil 3.30. Finieşin Asfalt Serme Kalınlığını Belirleyen elik Tel Sistemi

Birden fazla tabaka serilmesi halinde boyuna ek yerleri çakışmayacak ve şaşırtmalı olacaktır. Son tabakada boyuna ek yeri yol eksenine oturacaktır.

Yatay kurplarda serim işlemine kurbun içinden en düşük kotundan başlanacak, diğer şeritler kurbun dışına doğru yüksek kota doğru devam edecektir.

Sıcak asfaltın silindir bandajlarına yapışmasını önlemek amacıyla bandajların

üzerine Şekil 3.32.'teki gibi su püskürtülmektedir.



Şekil 3.31. Yolun Uygun Olması ve Çift Finişer ile Çalışma



Şekil 3.32. Yapışmayı Önlemek İçin Silindirin Demir Bandajlarına Su Püskürtülmesi

3.2.3.4.(4). Deneme Kesimi

Belirlenmiş arazi sıkışmasını elde edebilecek silindiraj yöntemini tesis etmek amacı ile her bir tabakanın yapımının başlangıcında, işyeri karışım formülüne uygun,

en az 400 m² ve projede verilen kalınlıkta deneme kesimi inşa edilecektir.

Deneme kesiminin inşa edileceği yer kontrol mühendisi tarafından seçilerek uygulama kontrol mühendisi tarafından yönetilir. Eğer şartnamede verilen değerlere uygun sonuç alınmışsa deneme kesimi yerinde kalacak ve bütün işin bir parçası olacaktır. Şekil 3.33.te binder tabakası bittikten sonra yolun durumu görülmektedir.

Yoğunluklar Kontrol Mühendisi tarafından gelişigüzel seçilmiş en az üç noktadan 2 adet, 10–15 cm çapında karot numuneleri alınarak tayin edilecektir. Karotlar şekil 3.34. te görülen römork üzerine oturtulmuş karot alma makinesi ile alınmaktadır.



Şekil 3.33. Sıkıştırma Sonrası Yola Bir Bakış



Şekil 3.34. Römorklu Karot Alma Makinesi ve Aldığı Karotlar (d=10cm)

Deneme kesiminde sıkıştırmaya, karışım serildikten sıkıştırma usullerine uygun olarak ve işyeri karışım formülünde verilen işyeri karışım yoğunluğunun en az % 98' i elde edilinceye kadar devam edilecektir. Karot numunelerinin ortalama yoğunluğu, işyeri karışım yoğunluğunun % 98' inden aşağı olmayacaktır.

Karotlar, günün serin saatlerinde ve gerektiğinde karot alınacak yere soğuk su, buz veya diğer soğutucu maddeler uygulanarak kaplamanın parçalanıp dağılmasını önleyecek şekilde alınacaktır. (T.C.K, 2006)

Yolun en üst ve son tabakası olan aşınma tabakası bitirildikten sonra gerekli kabuller yapıp yol karayolları yetkililerine teslim edilmiştir. Yola çizilecek istikamet çizgileri bölge müdürlüğünün çizgi ekipleri tarafından Şekil 3.35.'te görüldüğü şekilde yapılmıştır.



Şekil 3.35. Çizgi Çizme Makinesi

Belen –Topboğazı yolunun tamamlandıktan sonra genel görünümü Şekil 3.36 ve Şekil 3.37.'te görülmektedir.



Şekil 3.36. Yapımı Biten Yoldan Genel Görünüm



Şekil 3.37. Yapımı Biten Yolun Görünümü

4. ARAŞTIRMA BULGULARI**4.1. Alttemel Tabakası**

Konkasör tesisinde kırılıp elenerek elde edilen 4 sınıf agrega karıştırılarak alttemel malzemesi elde edilmiştir. Elde edilen bu karışım laboratuarda elek analizine tabi tutularak teknik şartnameye uygunluğu sağlayacak oranlar Çizelge 4.1.’deki gibi elde edilmiştir. Alttemel malzemesinin gradasyonu Çizelge 4.2.’deki gibidir.

Çizelge 4.1. Konkasörde Elde Edilen Malzemenin Alttemel Dizaynı

Elek Aralığı (mm)	Karışım Oranı
0-5	%40
5-10	%28
10-19	%22
19-38	%10

Çizelge 4.2. Alttemel Malzemesinin Gradasyonu

ELEK AÇIKLIĞI		Konkasörde Üretilen Malzeme Karışımı
mm	inç	% GEÇEN
75	3	-
50	2	100
37.75	1 ^{1/2}	99
25	1	86
19	3/4	85
9.5	3/8	73
4.75	No.4	55
2.00	No.10	35
0.425	No.40	18
0.075	No.200	11

Çizelge 4.3 te alttemel tabakasının sıkışma raporu incelendiğinde arazi kesafeti ve sıkışma yüzdesinden şartnameye uygun serme ve sıkıştırma olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.3. Altımel Tabakası Sıkışma Raporu

Satır No.	Arazi No.	Deneyin Yapıldığı Gün	DENEYİN YAPILDIĞI YOLUN												Max. Kesafet	Rutubet %	Arazi Kesafeti	Sıkışma %
			YERİN		Sol Banketten				Sağ Banketten				Metre					
			Kilometre	Metresi	F	G	H	Eksenli	Solund	Eksenli	J	K						
			L	M	N	P	R	S										
A	B	C	D	E	F	G	H	Eksenli	Solund	Eksenli	J	K	L	M	N	P	R	S
1		11.Eyl	12	750							□		SON	5,4	2,219	2,5	2,211	100
2		11.Eyl	12	900			X				□		SON	5,4	2,219	2,5	2,219	100
3		11.Eyl	13	50							X		SON	5,4	2,219	2,3	2,241	101
4		11.Eyl	13	200							□		SON	5,4	2,219	1,5	2,217	100
5		11.Eyl	13	350			X				□		SON	5,4	2,219	2,9	2,227	100
6		11.Eyl	13	450							X		SON	5,4	2,219	1,8	2,219	100
7		13.Eyl	13	450									SON	5,4	2,219	2,6	2,240	101
8		13.Eyl	13	600			X						SON	5,4	2,219	2,0	2,217	100
9		13.Eyl	13	750							X		SON	5,4	2,219	1,6	2,237	101
10		13.Eyl	13	850									SON	5,4	2,219	1,6	2,211	100
11		15.Eyl	14	50			X						SON	5,4	2,219	1,9	2,200	99
12		15.Eyl	14	200							X		SON	5,4	2,219	3,5	2,233	101
13		15.Eyl	14	350						X			SON	5,4	2,219	3,1	2,251	101
14		15.Eyl	14	450					X				SON	5,4	2,219	2,4	2,229	100
15		17.Eyl	14	550							X		SON	5,4	2,219	2,6	2,211	100
16		17.Eyl	14	650									SON	5,4	2,219	2,4	2,236	101
17		20.Eyl	14	570			X						SON	5,4	2,219	2,8	2,218	100
18		20.Eyl	14	700							X		SON	5,4	2,219	2	2,215	100
19		20.Eyl	14	900									SON	5,4	2,219	2,4	2,217	100
20		20.Eyl	15	50			X						SON	5,4	2,219	2	2,229	100
21		22.Eyl	15	80							X		SON	5,4	2,219	1,7	2,241	101
22		22.Eyl	15	180									SON	5,4	2,219	1,8	2,196	99
23		22.Eyl	15	200			X						SON	5,4	2,219	2,1	2,215	100

4.2. Plent Miks Temel (PMT)

Konkasörde kırılarak sınıflara ayrılan agrega Plent-miks temel üretim tesisi silolarına doldurularak şartnamede belirtilen gradasyonu sağlayacak şekilde uygun oranlarda toplama bandına alınarak suyla beraber karma tankında karıştırılıp PMT elde edilmektedir. Uygun gradasyonu Çizelge 4.4.’teki oranlarda malzemin karıştırılması sağlamaktadır.

Çizelge 4.4. Konkasörde Elde Edilen Malzemenin Alttemel Dizaynı

Elek Aralığı (mm)	Karışım Oranı
0-5	%57
5-10	%12
10-19	%19
19-25	%12

Elek analizi yapılan numunenin gradasyonu Çizelge 4.5.’te verimiştir. Buna göre uygulanan karışımın teknik şartnamede belirtilen gradasyona uyduğuda gözlenmektedir.

Çizelge 4.5. Alttemel Malzemesinin Gradasyonu

ELEK AÇIKLIĞI		Konkasörde Üretilen Malzeme Karışımı
mm	inç	% GEÇEN
75	3	-
50	2	-
37.75	1 ^{1/2}	100
25	1	100
19	3/4	85
9.5	3/8	74
4.75	No.4	56
2.00	No.10	44
0.425	No.40	24
0.075	No.200	9

Çizelge 4.6. PMT Sıkışma Raporu

DENEYİN YAPILDIĞI							Kaçınıcı Tabakadan Alındığı	Optimum Rutubet	Max. Kesafet	Rutubet %	Arazi Kesafeti	Sıkışma %	
YERİ		Sol Bankattan Sağa	YOLUN										Sag Bankattan Sola
Kilometresi	Metresi		Eksenin Solunda	Ekseninde	Eksenin Sağında	Metre							
D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	R	S	
14	900			X	□		SON	5,4	2,218	4,8	2,227	100,4	
14	990				X	□	SON	5,4	2,218	4,6	2,222	100,2	
15	400		X	□			SON	5,4	2,218	4,7	2,225	100,3	
15	300			X	□		SON	5,4	2,218	4,9	2,231	100,6	
14	750		□		X		SON	5,4	2,218	4,9	2,229	100,5	
18	850		X	□	□	□	SON	5,4	2,218	5,1	2,234	100,7	
19	0			X	□		SON	5,4	2,218	4,8	2,225	100,3	
28	600		X		□		SON	5,4	2,218	4,9	2,238	100,9	
28	400		□			X	SON	5,4	2,218	5,1	2,225	100,3	
28	200	X		□			SON	5,4	2,218	5,2	2,220	100,1	
28	0				X		SON	5,4	2,218	4,7	2,234	100,7	
27	800		□	X			SON	5,4	2,218	4,9	2,229	100,5	
27	600				X		SON	5,4	2,218	5,1	2,222	100,2	
28	700		X				SON	5,4	2,218	4,9	2,225	100,3	
28	800	X		□			SON	5,4	2,218	5,1	2,229	100,5	
27	450				□	X	SON	5,4	2,218	4,6	2,229	100,5	
27	300		□		X		SON	5,4	2,218	4,7	2,225	100,3	
27	150	X			□		SON	5,4	2,218	4,9	2,236	100,8	
27	0		□		X		SON	5,4	2,218	5,2	2,234	100,7	
26	850		X	□			SON	5,4	2,218	4,8	2,227	100,4	
26	650	X			□		SON	5,4	2,218	4,6	2,231	100,6	
26	500		□	X			SON	5,4	2,218	4,8	2,225	100,3	
26	400		□			X	SON	5,4	2,218	5,1	2,234	100,7	
26	300		X				SON	5,4	2,218	4,9	2,229	100,5	
26	300		□		X		SON	5,4	2,218	4,6	2,236	100,8	
26	100	X	□				SON	5,4	2,218	5	2,227	100,4	

4.3. Bitümlü Karışımlar

Plent miks temel üzerine gelen ilk bitümlü tabaka olmasına rağmen bu tabakanın altına astar (MC30) atılmaması bitümlü temel ile temel tabakası arasındaki

bağın zayıf olmasına yol açacaktır, buda kabarma olasılığını arttırmaktadır.

Bitümlü temel üretiminde kullanılan gelişmiş teknolojiyle donatılmış bilgisayar destekli asfalt plentinin kullanılması şartnameye uyma koşulunu kolaylaştırmıştır. Şartname sınırları içerisinde gradasyonu ayarlanmış malzeme reçetesinin bilgisayara işlenmesiyle tamamen uygun gradasyonda malzeme elde edilmesine yardımcı olmuştur.Çizelge 4.7.’de karışım reçetesi verilmiştir.

Çizelge 4.7. Bitümlü Temel Karışım Reçetesi

Elek Aralığı (mm)	Karışımındaki oranı (%)	1 Batch’teki Miktarı
0-5	43	645 Kg
5-10	13	195 Kg
10-19	17	255 Kg
19-38	23,2	348 Kg
Bitüm (50/70)	3,8	57 Kg

Çizelge 4.8. ve Çizelge 4.9.’da bitümlü temel tabakasının elek analizi, optimum bitüm miktarı, karışımın yoğunlu, Marshall biriketi ve akma verileri ile sıkışma raporu verilmiştir.

Veriler irdelenecek olursa teknik şartnameye aykırı bir durumun olmadığı, istenilen sıkışmanın da elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 4.8.’de binder tabakası karışım reçetesi verilmiştir. Aşınma tabakası için de araştırma raporları ilerleyen sayfalarda verilecek aynı şekilde bu tabakalar için de yorum yapılabilecektir.

Çizelge 4.8. Binder Tabakası Karışım Reçetesi

Elek Aralığı (mm)	Karışımındaki oranı (%)	1 Batch’teki Miktarı
0-5	45	675 Kg
5-10	13	195 Kg
10-19	23	345 Kg
19-25	18,75	281,25 Kg
Bitüm (50/70)	4,25	63,75 Kg

Çizelge 4.9. Bitümlü Temel Araştırma Raporu

Cinsi		Aslar	Yapıştırma	Karışımın kullanımları bitümlü bağlayıcı								
Özgül Ağırlığı (25°C / 25°C)				AC 50/70								
Miktar L / m2	Tesbit edilen			Sınıfı	53							
	Dökülen				Panelrasyon	1,026						
Uygulama sıcaklığı				Özgül Ağırlığı (25°C / 25°C)								
Kür Süresi					SOĞUK SILO BESLEME							
İŞYERİ KARIŞIM FORMÜLÜ (Dizayn)	Optimum bitüm (100 e)	3,80	AGREGA			Mazeme						
	Stabilite (Marshall) Kg.	1650	Çakıl Adı			Oran						
	Yoğunluk, Ton/m3 (Lab.Dp.)	2,394	Kaba Ağırlık Öz. Ağı.			Kaba						
	Boşluk %	5,13	İnce Ağırlık Öz. Ağı.			İnce						
	Asfaltla dolu boşluk %	58,80	Filler Özgül Ağı.			Filler						
Akma		3,88	Kaba Ağırlık Öz. Ağı.									
GRDAS YON	No	37,5 mm (1 1/2)	25 mm (1")	19 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	4,75 mm (No.4)	2,0 mm (No.10)	0,425 mm (No.40)	0,180 mm (No.80)	0,075 mm (No.200)	
	1-	27	100	26,7	2	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
	2-	16		100	54,5	8,6	1,7	0,5	0,3	0,3	0,3	
	3-	17			100	89,2	14,5	4,1	3,2	1,8	1,8	
	4-	37				100	97,5	65,3	17,9	9,9	5,9	
	Filler	3							100	96,4	86,7	
	Hesap		100	91	80	66	57	42	28	10	7	5,2
	Harmen											
	Dizayn											
	Malzeme sıcaklığı °C	Saat	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00
Agrega		158	158	160	160	180						
Bitüm		155	156	156	155	155						
Karışım		157	157	159	158	158						

Çizelge 4.10. Bitümlü Temel Araştırma Raporu Devamı

KARIŞIM NUMUNESİ		Marshall Birliği	No.	Alındığı Saat	Sıcaklığı °C	Pratik Yoğ.(Dp.)	Teorik Öz.Ağı.	Boşluk %	Asf.Dolu Başluk %	Stabilite Kg.	Akma	WMA	
		Bil. Miktarı (100 e)	1	9,20	157	2,396	2,526	5,1	58,8	1823	3,58	12,37	
			37,5 mm	25 mm	19 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,0 mm	0,425 mm	0,180 mm	0,075 mm	
		100	92	77	67	59	39	28	11	7	4,4		
Hava Sıcaklığı °C		Silindirin Cinsi ve Ağırlığı						Başlama - Bitiş Sıcaklığı °C		Günlük Kaplama Uzunluğu, m.		Günlük İmalat Ton	
		LASTİKLİ TANDEN						140 C-90 C		240,00			
Sabah	Öğleden Sonra												
27													
KAPLAMADAN ALINAN NUMUNE		Şerit - Km.	Alındığı Saat	Proje Kalınlığı (mm)	Kalınlık (mm)	Yoğunluk (Yoğ Dp.)	Sıkışma % $\frac{Yoğ Dp. \times 100}{Lab Dp.}$		Başluk %				
		SOL-25+840	09:00	110	110,5	2386	99,6		5,5				
		SAG-25+840	09:20		111,5	2389	99,7		5,4				

Çizelge 4.11. Binder Tabakası Araştırma Raporu

Cinsi		Astar	Yapıştırma		Sınıfı	AC 50/70	Karışımında kullanılan bitümlü bağlayıcı				
Özgül Ağı (25°C /25°C)			RC-70								
Miktarı L / m2	Tesbit edilen		1,011		Penetrasyon:	53					
	Dökülen		0,27								
Uygulama sıcaklığı			60		Özgül Ağı rğı (25°C / 25°C)	1,026					
Kür Süresi			0,5								
İŞYERİ KARISIM FORMÜLÜ (Dizayn)	Optimum bitüm (100 e)	4,25	A G R E G A		SOĞUK SİLO BESLEME						
	Stabilite (Marshall) Kg.	1590	Ocak Adı		Malzeme	Oran					
	Yogunluk, Ton/m3, (Lab.Dp.)	2,411	Kaba Ağırl. Öz Ağı.		Kaba	58,9					
	Boşluk %	4,66	İnce Ağırl. Öz. Ağı.		İnce	35,5					
	Asfaltla dolu boşluk %	65,30	Filler Özgül Ağı.		Filler	5,6					
GRADASYON	Akma		4	Kaba Ağırl. Su. Abs. %							
	No	%	25 mm (1")	19 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	4,75 mm (No.4)	2,0 mm (No.10)	0,425 mm (No.40)	0,180 mm (No.80)	0,075 mm (No.200)
	1-	25	100	58,6	2,1	0,8	0,6	0,4	0,2	0,5	0,4
	2-	18		100	41,2	7,1	2,8	1,1	0,8	1	0,7
	3-	16			100	89,2	12,8	3,2	2,9	12,5	5,8
	4-	38				100	98,9	69,8	30,5	96,4	86,7
	Filler	3							100	15	8
	Hesap		100	90	65	57	43	30	15		
	Harman										
	Dizayn			100	90	66	58	41	32	15	9
Malzeme sıcaklığı °C	Saat	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00
	Agrega		158	158	158	160	160	160	160		
	Bitüm		150	150	150	150	150	150	150		
	Karışım		157	157	157	159	159	159	159		

Çizelge 4.12. Binder Tabakası Araştırma Raporu Devamı

KARIŞIM NUMUNESİ	Marshall Birketi	No.	Alındığı Saat	Sıcaklığı °C	Pratik Yoğ. (Dp.)	Teorik Öz. Ağı.	Boşluk %	Asf. Dolu Boşluk %	Stabilite Kg.	Akma	WMA
		1	10:20	157	2,41	2,531	4,8	64,3	1683	3,85	13,44
	81. Miktar (100 e)	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.0 mm	0.425 mm	0.180 mm	0.075 mm
	4,2		100	88	68	60	44	32	13	8	5,5
Hava Sıcaklığı °C		Silindirin Cinsi ve Ağırlığı		Başlama - Bitiş Sıcaklığı °C		Günlük Kaplama Luzunluğu, m.		Günlük İmalat Ton			
Sabah	Öğleden Sonra	LASTİKLİ TANDEN		140 C-80 C		520,0					
26	30	Şerit - Km.	Alındığı Saat	Proje Kalınlığı (mm)	Kalınlık (mm)	Yoğunluk (Yol Dp.)	Sıkışma % Yol Dp. X 100 Lab Dp.	Boşluk %			
KAPLAMADAN ALINAN NUMUNE		SOL-19+095	08:40	70	65,5	2410	100	4,8			
		SAĞ-19+240	09:50	70	79,5	2347	97,3	7,3			
		EKSEN-19+475	10:00	70	79,5	2378	98,6	6			

Çizelge 4.13. Aşınma Tabakası Karışım Reçetesi

Elek Aralığı (mm)	Karışımındaki oranı (%)	1 Batch'teki Miktarı
0-5	52	780 Kg
5-10	22	330 Kg
10-19	21	315 Kg
Bitüm (50/70)	5	75 Kg

4.4. Asfalt Betonunun Sahip Olması Gereken Özellikler

1-STABİLİTE: Taşıtlardan kaynaklanan statik ve dinamik yüklerin meydana getirdiği kesme kuvvetine ve deformasyonlara kaplamanın dayanmasıdır. Bitümlü karışımı meydana getiren agrega ve bitümün fiziki özellikleri, kaplamanın stabilite değerine tesir eden asfalt çimentosunun penetrasyonu küçüldükçe sertleşir, bu da stabilite değerine tesir eder. Kaplamanın bulunduğu yerin iklimi, trafiği, tipi ve hacmi itibarıyla yüksek stabilite istendiğinde düşük penetrasyonlu asfalt çimentosu kullanılmalıdır. Soğuk kışın hüküm sürdüğü yerlerde, kaplamanın çatlamaya dayanıklılığını göz önüne alarak yüksek penetrasyonlu asfalt çimentosu kullanılmalıdır, yüksek stabilite elde etmeye çalışmalıdır. Asfalt betonu stabil olmalıdır.

2-DURABİLİTE: Asfalt betonunun trafik, su, hava etkilerine ve suhunet değişikliğine karşı mukavemetidir. Durabilite diğer bir ifade ile kaplamanın aşınmaya, kabarmaya, soyulmaya ve oksidasyona dayanmasıdır. Asfalt betonu stabil olduğu kadar durabil olmalıdır.

3-FLEKSİBİLİTE: Bir kaplamanın kendisini temel çökmelerine çatlamadan intibak ettirmesi kabiliyetidir. Kaplamanın flexibilitesine; Asfaltın penetrasyonu bitümün ısı altında genleşme derecesi, bitümlü karışımındaki asfalt miktarı ve filler tesir eder. Çok az flexibel bir kaplama çok az stabil bir kaplama kadar mahsurludur.

4-KAYMA MUKAVEMETİ: Taşıtların kaplama üzerinde emniyetle hareket etmesini ve durmasını sağlayan kaplama yüzeyinin sürtünme mukavemetidir. Kayma mukavemeti karışımındaki agreganın aşınmaya olan dayanıklılığı, asfalt miktarı ve boşluk yüzdesine bağlıdır. Yumuşak agregalar fazla aşındıklarından kaygan satıh oluştururlar. Karışımında fazla asfaltın ve az boşluğun bulunması trafiğin aşırı kompaksiyonu tesiriyle sıcak havalarda asfaltın genleşmesi sonunda asfalt kaplama

sathına çıkarak kaygan bir sathın meydana gelmesine sebep olur.

5-WORKABILITE (İŞLENEBİLİRLİK): Bitümlü karışımın Karıştırma-Serilme-Sıkıştırma bakımından işlenebilir özellikte olmasıdır. Karışımın bu özelliği Agreganın gradasyonu, asfalt yüzdesi, agreganın maksimum tane büyüklüğü, şekli ve yüz yapısı ile ilgilidir. Köşeli kum taneleri ile konkasör stabiliteyi artırır. Yuvarlak kum taneleri workabiliteyi artırır. Karışımda bitüm miktarının azlığında, karışımda iyi agrega kullanıldığı ve yeteri derecede silindirleme yapıldığı halde kaplamalarda istenilen pratik yoğunluk temin edilemez.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yol yapım çalışmalarında çok tabakalı kaplamaların uygulaması Hatay ili Belen-Topboğazı yolunda gerçekleştirilmiştir. Yolun yöntem ve işleyiş açısından Karayolları Genel Müdürlüğünün yayınlamış olduğu “Genel Şartname” nin Yol Teknik Şartnamesine uygunluğu takip edilmiş yapılan kontrol deneyleri neticesinde de elde edilen sonuçların bu şartnameye uyduğu anlaşılmaktadır.

Ödenek eksikliği dolayısıyla ve eski mevcut yolun iyileştirilerek tam kesit üzerinde bir aşınma tabakası uygulanmasının daha verimli olacağı düşünülerek yolda yapılması gereken son tabaka olan aşınma tabakası bir başka ihaleye ertelenmiştir. Bu ihale 2008’ de yapılmış olup yolun yapımını yine aynı firma üstlenmiştir. Çalışmalar henüz bitirilmiş olup bir nebze aşınma tabakasına değinilmiştir.

Projede tasarlanan 20 cm alttemel, 20 cm Plent-miks temel, 8 cm bitümlü temel, 6 cm binder ve 5 cm aşınma; Yol yapım aşamasında idare tarafından değiştirilerek 20 cm alttemel, 20 cm plentmiks temel 11 cm bitümlü temel, 8 cm binder uygulanarak mevcut eski yol seviyesinde tamamlanmıştır.

Karayolları genel müdürlüğünün teknik şartnamesine uyulduğu taktirde yüksek kalitede yollar elde edilmektedir. Bu şartnameye uyulması ve ülkemize daha kaliteli yollar kazandırılması ülke ekonomisine yüksek katkılar sağladığı gibi bu yolu kullanan vatandaşlara da büyük rahatlık sağlamaktadır.

Kaplamalarda kullanılacak bitümlü veya çimentolu karışımların karışım dizaynlarına ve malzemenin aranılan özelliklerine çok titizlikle uyulmalıdır. Aynı şekilde karışımın hazırlanması, taşınması, serilmesi, sıkıştırılması ve kür işlemleri sırasında azami gayret sarf edilmeli ve şartnamede belirtilen hususlara titizlikle uyulmalıdır. Kaplamaların yapım aşamasındaki kalite kontrol çalışmaları ile yapım kalitesi devamlı gözetim altında tutulmalıdır. Bunun için yeterli bir laboratuvar ve deneyimli elemanlar gereklidir. Bunun yanı sıra yolu kullanan ağır taşıtlara etkin denetimler yaparak aşırı yüklemeler önlenmelidir. Esnek kaplamalar, genellikle 25 yıllık proje ömrü için her 5 yılda bir takviye tabakası yapılması kaydıyla dizayn edilirler. Rijit kaplamalarda genellikle 30–40 yıllık proje ömrü için beton plak

kalınlığı belirlenir. Her iki kaplamada da yılda bir veya iki kez küçük çaplı bakım-onarım faaliyetleri yapılmalıdır. Büyük ve küçük bakım-onarım işleri zamanında ve usulüne uygun olarak yapıldığı takdirde yolun hizmet seviyesinin arzulanan düzeyde olması mümkün olabilir. Kaplama tipinin seçiminde bu hususlar gözönünde tutulmalı ve bunlara ilaveten;

- Yetersiz bakım-onarım yapıyorsa rijit kaplama
- Kaplama kademeli inşaat olarak yapılacaksa esnek kaplama
- Kaplamanın büyük onarımı veya takviyesi gecikecekse rijit kaplama
- Yeniden kaplama yapılacaksa esnek kaplama daha avantajlıdır.

Ancak kaplama tipinin seçiminde

1. Trafik hacmi (özellikle ağır taşıt trafiği)
2. Yapım ve bakım toplam maliyeti göz önüne alınması gerekli en önemli iki faktördür.

Yapım maliyeti rijit kaplamalarda daha fazla olması nedeniyle trafik hacminin fazla olduğu yollarda tercih edilmelidir. Ayrıca esnek kaplamaların bakım maliyeti rijit kaplamalara nazaran daha fazla olup belli periyotlarda takviye tabakalarının yapılması gerekir. Eğer ağır taşıt trafiği çok yoğun ise esnek kaplamaların toplam yapım ve bakım maliyeti aşırı artmaktadır.

Her ne kadar 2005 – 2009 yıllarında bu yol 4 şeride çıkarılıp genişletilmişse de yolun güvenli olduğunu söylemek için henüz erken. Eklenen yol resimlerinden de görüleceği gibi şevlerin yola yakınlığı bölgenin jeolojik yapısı açısından tehlike arz etmeye devam etmektedir.

En kısa zamanda şevler yeniden düzenlenip şev diplerinin yola olan mesafesi arttırılmalıdır.

Yolun bozulmasını en aza indirmek amacıyla da yol güzergahında sık sık tonaj kotrollerinin yapılması ve fazla yüke izin verilmemelidir.

KAYNAKLAR

DEMİREL, Z., KADIOĞLU M., 1991. Toprak ve Stabilizasyon laboratuvarı El Kitabı, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü,

İLTER, A. (1967). Yol Yapımında Agregat ve Bitümlü Malzemeler, K.G.M, No:153, Ankara.

KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ “Karayolu Teknik Şartnamesi”; 2006, Ankara

KEÇECİLER, A. F. ve GÜMRÜKÇÜOĞLU, A. (1988). Bitümlü Malzemeler Laboratuvar El Kitabı, K.G.M., Araş. Dairesi Başk., Yayın No:239, Ankara.

KULOĞLU, N. (1998). Agrega Gradasyonunun Asfalt Muhtevasına Etkisi, İnşaat Mühendisleri Odası IV. Ulaştırma Kongresi Bildiriler Kitabı, Denizli, 271-280.

ÖNAL, M., A., KARACA S.,1990. Asfalt Betonu ve Diğer Sıcak Karışım Tipleri İçin Karışım Dizayn Metodları, Ankara

POSTALCIOĞLU, Bekir. 1987. Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton II, İ.T.Ü. İstanbul.

T.C.K 5. Bölge Araştırma Başmühendisliği arşivi

T.C.K. 5. Bölge Müdürlüğü Yol Yapım Baş Mühendisliği Arşivi

TUNÇ, A. 2001. Yol Malzemeleri ve Uygulamaları, İstanbul

TÜSAN Yapı Sanayi A.Ş. Arşivi

UMAR, F. ve AĞAR, E. (1991). Yol Üstyapısı, İ.T.Ü, İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

www.eylullab.com

www.utest.com.tr

www.kalitekontrol.org

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Mardin Kayapınar' da doğdu. Daha sonra Kayapınar kasabası Batmana bağlandı. İlköğrenimine Kayapınar'da başladı ve Mersin'de, tamamladı. 2000 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. Sırasıyla Etibor İşletmeri, Batıanadolu Çimento, Omya Madencilik Kalsit öğütme tesisi ve Park Termik Yer altı kömür işletmesinde stajlarını tamamladı ve 2005 yılında mezun oldu. Aynı yılda bir yol yapım firması ve taşocakları olan Tüsan Yapı San. A.Ş. 'de vardiya mühendisi olarak çalıştı. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı' nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2006–2008 yıllarında yol sathi kaplama işlerinde şantiye şefliği yaptı. Adana – Kozan ilçesinde kurulan taşocağında Ocak 2008 itibariyle şantiye şefliği görevine devam etmektedir.