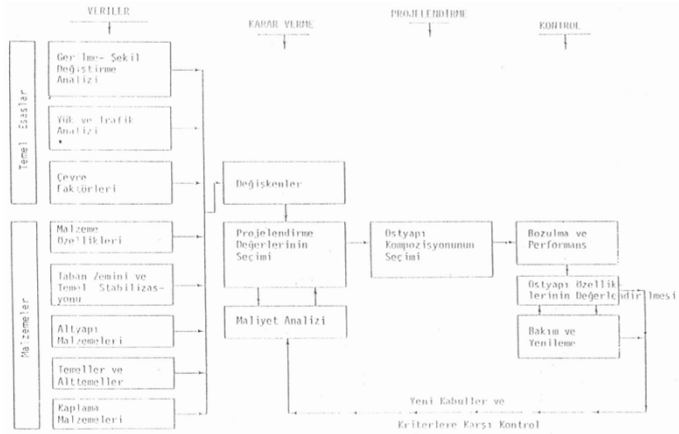


ÜSTYAPI TİPİ SEÇİM METODOLOJİSİ

Üstyapı Tipi Seçim Metodolojisi

- Günümüzdeki, ulaşım politikaları yeni karayolu yapmaktan ziyade, mevcut karayolu üstyapılarının gelecekteki yoğun ve ağır trafiğe cevap verebilecek şekilde yenilenmesine yöneliktir.
- Gerek yeni karayolu yapımında, gerekse üstyapı yenileme çalışmalarında üstyapı seçimi büyük önem taşımaktadır.
- Karayollarında üstyapı tipi seçimi, çok sayıda kriterlere dayanan kapsamlı bir konudur.

Üstyapı Tipi Seçim Metodolojisi



Üstyapı Tipi Seçim Metodolojisi

- Seçim yapılırken üstyapı tipleri teknik ve ekonomik yönden karşılaştırılmalı ve ülke koşulları da dikkate alınarak karara varılmalıdır.
- Karayollarında kaplama tabakası olarak;
- Asfalt betonu olan esnek üstyapı
 - Çimento betonundan olan rijit üstyapı
 - Kompozit üstyapı denilen yarı rijit üstyapı olmak üzere değişik tipte üstyapılar kullanılır.
 - Burada birbirinden tamamen farklı yapıda olan esnek ve rijit üstyapılar teknik ve ekonomik seçim ölçütleri çerçevesinde karşılaştırılacaktır.

Üstyapı Tipi Seçiminde Teknik Ölçütler

Teknik Ölçütler

- Dıştan Gelen Yüklerin Taban Zeminine İletilmesi
- Trafik
- Malzeme
- İklim
- Trafiğin Engellenmesi
- Ülkede Mevcut Yolların Üstyapı Durumu
- Konfor ve Güvenlik

Teknik Ölçütler

Yüklerin Taban Zeminine İletilmesi

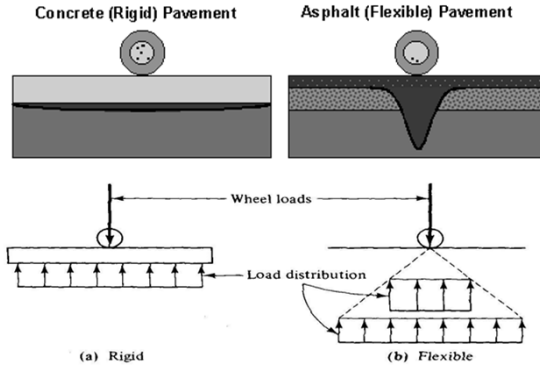
- Yol üstyapısı;
- Trafikten gelen yükleri daha geniş alanlara yayarak yolun altyapısına (taban zeminine) iletebilmeli
 - Bu esnada, taban zemininin taşıma gücünü aşmayacak bir düzeye azaltarak iletirken, kendi içinde de tahribat olmamalıdır.

YÜKLERİN TABAN ZEMİNİNE İLETİLMESİ

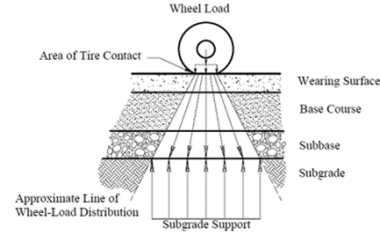
Yolların tahrip olma mekanizması başlıca iki ana nedene bağlamak mümkündür.

- Taban zemininde veya yol üstyapısını oluşturan tabakaların birinde meydana gelen gerilmelerin, malzemenin sınır gerilme değerlerini aşması ve iç dengenin bozulması ile ortaya çıkan kaymalar
- Taban zemininde veya yol üstyapısı tabakalarının birindeki yüksek basınç gerilmeleri ve rutubet oranındaki önemli değişmeler altında oldukça büyük oturmaların ortaya çıkması, üst tabakaların oturmalara uymaması sonucunda oluşan çatlaklar ve kopmalar.

Esnek ve rijit üstyapılar, trafik yükünü iletme ve tahrip olma şekilleri yönünden farklılık gösterir:



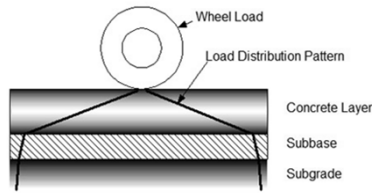
Esnek üstyapıda oluşan gerilmeler yolun en üst tabakasından alta doğru inildikçe azalmaktadır.



Yol üstyapısı tabakalarında kullanılacak malzemelerin mekanik özellikleri de bu gerilme dağılışına uygun olarak seçilir.

Bitümlü kaplama tabakası, trafiğin ve iklimin bozucu etkilerine doğrudan doğruya maruz kaldığı için, yüksek elastisite modülü, kaymaya direnç yanında geçirimsizlik özelliğine de sahip bulunmalıdır.

Rijit üstyapılar, taban zemini üzerine yapılan beton plaktan ve kaplama altı tabakasından oluşur.



Rijit beton plak, taban zemini ile sürekli temas halinde olduğu müddetçe taşıyıcı bir eleman olarak vazife görür.

Beton plağın elastisite modülü taban zeminine göre çok büyük olduğundan elastik zemine oturan bir kiriş şeklinde çalışır ve trafik yüklerini bu esasa göre, esnek üstyapıya nazaran daha geniş bir alana yayarak, taban zeminine iletir.

Taban zemininin deformasyonuna uyamayan ve kiriş gibi çalışan beton plak kırılır.

- Taban zemini ile sürekli temas halindeyken, beton yol elastik zemine oturan kiriş gibi çalıştığından, taşıma gücü taban zemininin direncine bağlı olmayacaktır. Bu nedenle, rijit üstyapılar, zayıf taban zeminleri üzerinde, esnek üstyapılara nazaran daha iyi sonuçlar vermektedir.
- Çekoslovakya, Avusturya, Hollanda, Amerika ve İngiltere gibi birçok ülkenin teorik çalışmaları ve deneyimleri de bu hususun doğruluğunu ortaya koymuştur.

TRAFİK

- Trafik hacmi ve trafiğin yıllık artış oranı yüksek olan ayrıca trafik içindeki ağır taşıt miktarı fazla olan yollar için rijit üstyapılar daha uygundur.
- Düşük trafik artışları halinde, kademeli inşaata elverişli esnek üstyapı ile gelişen trafiğe cevap vermek mümkün olabilmektedir.
- Mevcut bir yolu bitümlü sıcak karışım kaplama tabakası ile takviye ederek yüksek hacimdeki trafiğe cevap verebilecek hale getirmek mümkündür.
- Beton yollar mevcut bir yolun kalitesinin iyileştirilmesinde uygun olmamaktadır. İyi bir temelin varlığı halinde beton plağın kalınlığı ancak 1 /4 oranında azaltabilmektedir.

MALZEME

- Esnek üstyapı projelendirme yöntemleri elastiklik varsayımına dayandığı için rijit üstyapıya göre daha karışıktır. Bu güçlük yolun takviyesi sırasında da kendini gösterir.
- Kaplama gerek yapım gerekse servis esnasında, bitümlü bağlayıcının okside olması ile bozulur. Bitümlü bağlayıcısı yaşlanmış olan kaplama gevrek, kolay bozulup dağılacak vaziyettedir.
- Diğer taraftan, vasıtalarından yola dökülen benzin, motorin, yağ gibi maddeler de bitümlü kaplamanın kimyasal yapısında değişikliğe sebep olur.

MALZEME

- Bitümlü bağlayıcı termoplastik yapıda olduğundan sıcaklığa bağlı olarak gevrek, elastik, elasto-plastik, viskoelastik ve viskoz davranış gösterir. Asfaltın bu özelliği asfalt betonunun özelliklerine de yansır.
- Sıcaklık, asfalt betonunun yapım aşamalarının başarısı ve performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.
- Beton yolda bağlayıcı olarak kullanılan çimentonun özellikleri sıcaklığa bağlı olmadığından bu sakınca ortadan kalmaktadır.
- Asfalt betonunun, gerilme-deformasyon ilişkileri, yükleme hızının ve sıcaklığın fonksiyonu olduğundan, çimento betonu gibi sabit bir elastisite modülü ve poisson oranı yoktur.

MALZEME

- Rijit üstyapılarda, sıcaklık ve nem farkından, trafik yüklerinden oluşan gerilmeler altında beton plak çatlayabilir. Çatlamayı önlemek için derzler ile kaplamayı serbest hareket eden plaklar halinde bölmek gerekir.
- Ani sıcaklık değişimleri beton plağın altı ve üstü arasında sıcaklık farkı doğurur, plağın kamburlaşmasına, eğilme gerilmelerinin artmasına yol açar. Plağın uzunluğu arttıkça olay şiddetlenir. Nem farkı da benzer etkiler yapar.
- Derz planı hazırlanırken bu durum dikkate alınmalı ayrıca derz geçişlerinde sademe etkisi doğmaması için derzin iki tarafındaki plaklar arasında kot farkı olmamasına özen gösterilmelidir.

M A L Z E M E

- Enine ve boyuna donatılar kaynakla birleştirilerek derzlerin oluşturduğu sakıncaların ortadan kaldırılması mümkün olmaktadır.
- Betonun içine 4 cm uzunlukta ve 0,4 mm çapında çelik tel parçaları katılmak suretiyle elde edilen lifli beton normal beton kaplamaya nazaran daha yüksek çekme dirençli ve daha az gevrek olmaktadır. Bu tip betonlar son yıllarda ABD' de ve çok az sayıda Avrupa ülkesinde (Belçika'da) yoğun trafik yükleri taşıyan yolların kaplanması ve onarımında kullanılmaktadır.
- Beton yollar, endüstrileşme düzeyi ne olursa olsun bütün bölgelerde uygulanabilir bir teknolojiye sahiptir.

M A L Z E M E

- 1973' teki petrol krizinden sonra Fransa'da geliştirilen Betonpact (Kuru Yoğun Beton) da düşük trafikli yollarda kullanılabilir.
- Betonpact'ta klasik betonda kullanıldığı miktarda çimento kullanılmakta, ancak finişer gibi makinalara uyacak kıvamı, nemli toprak kıvamını sağlayabilmek için Su/Çimento oranı 0,30'a düşürülmektedir. Klasik betonda bu oran 0,50 civarındadır.
- Su miktarı düşürüldüğü için rötresi az olmaktadır. Çekme direnci değerleri Şartname sınırlarının iki katına çıkabilmektedir.

İ K L İ M

- Karasal iklim hüküm süren bölgelerde, viskoelastik davranış gösteren asfalt betonunun yerine rijit üstyapıların kullanılması daha uygundur.
- Bu bölgelerde, kışın beton plaklar arasındaki derzler çok açılarak pompaj olayı kolaylaşır. Derz boşluklarını uygun malzeme ile doldurmak, kayma demiri kullanmak ve "kaplama altı tabakası" inşa edilerek pompaj etkileri önlenir.
- Bitümlü kaplamaların uygulanacağı zeminin max. %2 nem oranı zorunluluğu, yağışlı bölgelerde bitümlü kaplamaların, uygulanma süresinin kısılmasına sebep olur. Buna karşılık beton kaplamalar nemli zeminler üzerine de yapılabilir

TRAFİĞİN ENGELLENMESİ

- Beton yolun trafiğe açılması için yolun yapımından sonra en az 7 gün hatta 28 gün geçmelidir. Bu ise yapım ve onarım sırasında yolun kısmen veya tamamen trafiğe kapatılmasını ve servis yolu inşa edilmesi ile ek bir masraf gerektirir.
- Bitümlü kaplamalar için ise yapımından bir kaç saat gibi bir zaman sonra trafiğe açılmaları mümkündür.
- Bitümlü kaplamalar, çimento betonu yollara nazaran daha kısa sürede bozulmakta ve daha sık bakım ve onarım gerektirmektedir.
- Standartlara uygun yapılan beton yollar dayanıklı ve çok az bakım gerektirdiğinden, yüksek seyir konforu ve sürekliliği beklenen otoyollarda tercih edilebilir.

MEVCUT ÜSTYAPI DURUMU

- Mevcut bir yol üstyapısının takviyesi için beton yollar genellikle uygun olmamaktadır. Bu nedenle, ülkedeki yolların üstyapısının esnek olması halinde takviyenin bitümlü kaplama ile yapılması uygundur.
- Üstyapının temel ve kaplama tabakalarının değiştirilmesinin gerektiği koruma çalışmalarında rijit üstyapı seçeneği de dikkate alınabilir.

KONFOR VE GÜVENLİK

- Her iki kaplama türü, standartlara uygun olarak yapıldıkları takdirde, güvenli, konforlu ve zevkli bir seyir sağlamaktadır.
- Beton yollar açık renkleri ile asfalt betonuna göre gece kolay görünürler.
- Bitümlü kaplamalar rijit kaplamalara nazaran daha az yuvarlanma gürültüsü sağlamaktadırlar.

TEKNİK ÖLÇÜTLER

Teknik Parametrelere Göre Üstyapı Seçimi

Teknik Parametreler	Üstyapı Tipi	
	Esnek Üstyapı (Kaplama tabakası asfalt betonu)	Rijit Üstyapı (Kaplama tabakası çimento betonu)
Taban zemini taşıma değeri (CBR) 20 > CBR > 6 CBR < 6	+ —	+ ++
Trafik		
Büyük trafik hacmi	++	++
Yüksek yıllık artış oranı	—	++
Düşük yıllık artış oranı	+	—
Yüksek ağır taşıt miktarı	—	++
Yüksek sıcaklık (ve farkı)	—	++
Onarım gecikmesi	—	++
Üstyapı kaplama takviyesi	+	—
Üstyapı temel ve kaplama değişimi	+	+

Üstyapı Tipi Seçiminde Ekonomik Ölçütler

Ekonomik Ölçütler

- Ekonomik karşılaştırma yapılabilmesi için, farklı zamanlarda yapılan harcamaların aynı yıla dönüştürülmesi, aktüalize edilmesi gerekir. Aktüalizasyon (güncelleştirme), hükümetin makro - ekonomik politikasına bağlı bir konudur.
- Ekonomik ölçütler dört başlık altında incelenecektir.

Ekonomik Ölçütler

- Ekonomik karşılaştırma yapılabilmesi için, farklı zamanlarda yapılan harcamaların aynı yıla dönüştürülmesi, aktüalize edilmesi gerekir.
- Aktüalizasyon (güncelleştirme), hükümetin makro - ekonomik politikasına bağlı bir konudur.

Ekonomik Ölçütler

Ekonomik ölçütler dört başlık altında incelenecektir:

1. Toplam Ekonomik Maliyet
2. Yolu Kullananların Harcamaları
3. Finansman Kaynakları ve Aktüalizasyon
4. Enerji Tüketimi

TOPLAM EKONOMİK MALİYET

Toplam Ekonomik Maliyet

- Üstyapı tipi seçiminin en önemli kriteri, proje ömrü için hesaplanan toplam ekonomik maliyettir.
- Bir karayolunun gerçek ekonomik maliyeti, ilk inşaat maliyeti, proje ömrü süresindeki bakım maliyeti ve bakım işlemleri nedeniyle kullanma açısından ortaya çıkacak gecikme maliyetlerinin toplamıdır.

İlk İnşaat Maliyeti

- Bir üstyapının ilk yapım maliyeti hesaplanırken aşağıdaki **çalışmalar yapılır**:
 - Kullanılacak Malzemelerin Cins, Miktar ve Kaynaktaki Maliyetlerinin Tespiti
 - Malzemelerin Taşıma Maliyeti
 - İşçilik Giderleri
 - İnşaat Makineleri ile ilgili Masraflar
 - Sabit Masraflar
 - Bakım Maliyeti

Malzemelerin Miktar ve Kaynaktaki Maliyetlerinin Tespiti

- Mevcut agrega ve bağlayıcı kaynakları ile yeni açılacak kaynakların, ayrıca, kısa ve uzun vade için endüstri atık maddelerinin (yüksek fırın cürufu, uçucu küller, v.b.) miktarlarının tespit edilmesi,
- Mevcut malzemelerin, bilinen kalite kontrol yöntemlerine göre gruplandırılması ve malzemelerin kaynaktaki fiyatlarının saptanması gerekir.
- Bu bilgiler ışığında, tasarlanan üstyapı tipinde kullanılacak malzeme cinsleri ve miktarları bulunup maliyetleri hesaplanır.

Malzemelerin Miktar ve Kaynaktaki Maliyetlerinin Tespiti

- Agregalar her iki üstyapının da ana bileşeni olduğundan toplam maliyeti büyük ölçüde etkilemektedirler. Betonun rijitliği sayesinde üstyapı kalınlığı azaltılabilmekte ve dolayısıyla agrega tüketiminde ekonomi sağlanmaktadır.
- Ayrıca beton agregasının bitümlü kaplamalardaki kadar yüksek kaliteli olması gerekmediği için mevcut malzeme kullanılarak ekonomi sağlanmaktadır.
- Çimentonun ham maddesinin tamamen yerli olduğu, ayrıca çimento fabrikalarının %100'e yaklaşan bir oranda yerli kaynaklara, petrol rafinerilerinin kurulmasının %80 oranında yabancı kaynağa dayalı olduğunun dikkate alınması gerekir.

Malzemelerin Taşıma Maliyeti

- Taşıma uzaklığı arttıkça taşıma maliyetinin artacağı açıktır. Ülkemizde, rafineri sayısının azlığı sebebiyle, bitümün rafineriden işyerine taşınma ücreti artmaktadır.
- Çimento fabrikaları yurt sathına dağılmış vaziyette olduğundan, çimentonun taşınma ücreti bitüme göre daha düşük düzeyde kalmaktadır.

İşçilik Giderleri

- Malzemelerin hazırlanması, yola serilmesi ve yapımın bütün aşamalarında kontrolün sağlanması için gerekli işçilik masrafları hesaplanır.
- Yapım aşamalarındaki kontrol bozukluğunun hemen giderilmesini sağlar.
- Beton yol yapımında, ihtisaslaşmış kalifiye işçi gereksinimi daha fazladır.

İnşaat Makineleri ile İlgili Masraflar

- İnşaatın maliyeti ve üstyapının başarısı kullanılan inşaat makinaları ile yakından ilgilidir. Makinelerin amortisman, işletme ve bakım giderleri hesaplanır.
- Hidrolik bağlayıcı (çimento) kullanılan beton santrallerinde depolama ve bağlayıcı için dozajlama sistemleri gereklidir.
- Sıcak bitümlü karışımların (asfalt betonlarının) imali ise kurutma ve yeniden ısıtma gibi ek üniteler içeren daha pahalı santraller gerektirir. Bu tip santraller çevre kirliliği açısından da sorun yaratır.

Sabit Masraflar

- Şantiyenin kurulması, makinelerin yerleştirilmesi gibi sabit masrafların saptanması gerekir.
- Ülkemizde, Bayındırlık Bakanlığı birim fiyatları esas alınarak yapılan hesap ve karşılaştırmalar zayıf taban zeminlerinde, özellikle ağır trafiğe maruz yollarda, beton yolun ilk yapım maliyeti açısından daha ekonomik olduğunu göstermiştir. Diğer hallerde esnek üstyapılar daha düşük maliyetle gerçekleştirilebilmektedir.
- Bütün dünyada beton yol yapımına karşı ilgi ulusal ekonomiye sağladığı yarar açısından giderek artmakta, yani ülkenin makro - ekonomik düzeyinde ithal malı asfalt yerine, yerel olarak üretilen çimento kullanımı birçok ülkenin hükümetlerince benimsenmiş bulunmaktadır.

Bakım Maliyeti

- Trafik ve iklim koşulları yolun bozulmasına neden olan iki önemli faktördür. Bu etkilere karşı koymak için bakım yapmak zorunludur. Optimum bir bakım programında en önemli öge üstyapının durumunun iyice bilinmesidir.

Bakım Maliyeti

- **Bakım - onarım sırasında aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.**
 - Bakımın tipi
 - Yolların bozukluklarının türü ve derecesi
 - Trafik akışının değiştirilmesi ve iş sonrasındaki kontrol
 - Bakım yapılacak yolların hizmet ömrü
 - Bakım çalışmaları için ayrılacak süre

Bakım Maliyeti

□ Rijit Üstyapıların Bakımı

- Rijit üstyapılar 30 - 40 yıllık hizmet süreleri için projelendirilir
- Beton yollarda yüzey yenileme ve takviye işlemlerine gerek duyulmaz
- Beton yollar tüm hizmet ömürleri boyunca az miktarda bakım gerektirirler.
- Periyodik bakım gerektiren tek şey derz dolgularıdır(4-5 yılda). Bu ise trafiğe müdahale etmeksizin, تنها zamanlarda yapılabilen düşük maliyetli bir iştir.

Bakım Maliyeti

□ Rijit Üstyapıların Bakımı

- Nadirde olsa pompaj olayı sonunda çöken plakların altına beton enjekte edilerek doldurulması ve taze betonda oluşan küçük çatlakların çimento veya sentetik reçine harcı ile kapatılması gibi bakım onarım masraf kalemleri oluşabilir.
- Beton kaplamalar projelendirme ve yapım hataları açısından esnek üst yapılara göre daha zor ve pahalı tamirler gerektirir. Bu nedenle rijit üstyapıların projelendirme ve yapım standartlarına uygunluğuna özen gösterilmesi gerekir.

Bakım Maliyeti

□ **Esnek Üstyapıların Bakımı**

- Genellikle 20 yıllık bir süre için projelendirilen esnek üstyapılarda, yolda görülen yerel bozukluklar her kış mevsimi sonunda onarımına ihtiyaç duyulur.
- İlk 5 yıldan sonra, küçük onarımlar ve yüzey kaplaması gerekebilir.
- 10.yılda, ilk 5 yıl bakımına benzer şekilde yol yüzeyinin büyük bir olasılıkla yenilenmesi, pürüzlendirilmesi gerekecektir.
- 20 yıl sonra yolun tasarım ömrünün sonuna gelineceğinden yeni bir üstyapı ile takviyesi gerekir.

YOLU KULLANANLARIN HARCAMALARI

Bakım Maliyeti

□ **Esnek Üstyapıların Bakımı**

- Temelin tekrarlanan trafik yükleri ile zayıfladığı ve tekerlek izlerinden 10 mm'yi aşan yapısal çöküntülerin olduğu kesimlerde temel ve temel altı tabakalarının onarım ve değiştirilmesi gibi daha kapsamlı bakım ve yenilemeler de gerekli olabilir.
- Bu bakım çalışmaları için oldukça büyük para gerekli olduğu gibi, bakım çalışmaları sırasında yolun bir şeridinin veya tamamının kapanması sebebiyle trafikte önemli aksamlar meydana gelir.
- Trafiğin çok yoğun olduğu bölgelerde, otoyollarda bu gecikmelerin esnek üstyapıların maliyeti üzerinde kayda değer etkisi vardır.

YOLU KULLANANLARIN HARCAMALARI

- Normal hallerde, lastik eskimesi, yağ, yakıt tüketimi gibi işletme masrafları, her iki üst yapı tipinde eşit durumdadır.
- 20 - 30 yıllık hizmet ömrü zarfında, yol bakım çalışmalarının yol açtığı gecikmeler esnek üstyapılarda büyük ekonomik zararlara yol açmaktadır. Beton yollarda bu sakınca yok denecek kadar azdır.

FİNANSMAN KAYNAKLARI VE AKTÜALİZASYON

FİNANSMAN KAYNAKLARI VE AKTÜALİZASYON

- Üstyapı tipinin seçimi, bu yapım işinin finanse edilme şekline de etkilenebilir. Bu açıdan, bakım değil, yalnızca yapım masraflarının finanse edildiği durumlarda rijit üstyapılar tercih edilir.
- Artan trafiğe cevap verebilmek için ardarda tabakaların yapılması gibi kademeli inşaat stratejisi gerektiren, sınırlı yatırım kaynakları söz konusu olduğundurumlarda esnek üstyapıları kullanmak daha avantajlı olmaktadır.
- Ancak bu tip stratejilerde üstyapıyı sürekli olarak yeterli bir servis düzeyinde tutmak için yüksek bakım fonları gereklidir.

ENERJİ TÜKETİMİ

ENERJİ TÜKETİMİ

- Kaplama yapım stratejisinin seçiminde, en önemli kriterler olan yapım ve bakım masraflarının yansırı problemin enerji yönü de dolaylı olarak seçimi etkileyebilir. Enerji sorunlarının ciddiliği zamana ve ülkeye göre çok değişkendir.
- Esnek ve rijit üstyapıların yapım, bakım ve onarım çalışmalarında harcanacak enerji miktarları, hesaplanıp karşılaştırılmıştır.
- Günlük ortalama trafiğin 3000'in üstünde olması halinde, rijit üstyapıların yapımı esnek üstyapılardan daha az enerji gerektirmektedir.

ENERJİ TÜKETİMİ

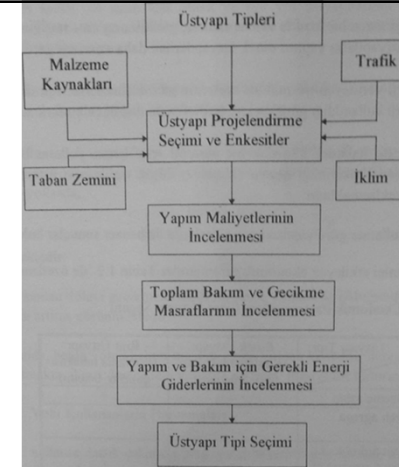
- Rijit üstyapılarda esnek üstyapıdan fazla enerji kullanıldığı görülmekte, trafik hacmi düştükçe bu fark artmaktadır.
- Yüksek trafik halinde 25 yıllık bir periyod için, beton yolların bakımında esnek yollardan daha az enerji tüketildiği ortaya çıkmakta, düşük trafikte iki üstyapı tipinin bakım masrafları birbirine yaklaşmaktadır.
- Ülkemiz koşullarına göre yapılan hesaplamalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur.

Ekonomik Parametrelere Göre Üstyapı Seçimi

Kaplama Tipleri

Ekonomik Parametre	Üstyapı Tipi	
	Esnek Üstyapı (Kaplama tabakası asfalt betonu)	Rijit Üstyapı (Kaplama tabakası çimento betonu)
Bitümlü malzeme azlığı	-	+
Yüksek kaliteli agrega eksikliği	-	+
Kullanılmayan hidrolik bağlayıcı (cüruf, uçucu kül v.b.) bulunması	-	+
Sınırlı yatırım kaynağı	+	-
Enerji azlığı	-	+

ÜSTYAPI TİPİ SEÇİM METODOLOJİSİ GENEL AKIŞ ŞEMASI



KARAYOLLARIMIZDAKİ ÜSTYAPI YAPIM VE BAKIM POLİTİKASININ DEĞERLENDİRİLMESİ

KARAYOLLARIMIZDAKİ ÜSTYAPI YAPIM VE BAKIM POLİTİKASI

- Bütün dünyada olduğu gibi memleketimizde de, petrol fiyatlarındaki yükselmelere karşın, motorlu taşıt trafiğinde sürekli artış görülmektedir.
- KGM Yıllık Çalışma Programları kapsamında yapılan, taşıt sınıflandırma sayımları ve dingil ağırlığı etütlerinden elde edilen verilere göre, 1997-2009 yılları arasında ağır taşıt kategorisinde yer alan taşıt sınıfındaki taşıtların, taşıt-km değerleri Tablo 3'de, karayolu yük taşımacılığındaki (ton-km) payları, Tablo 4'de verilmiştir.

□ **Tablo 3.** Yıllar İtibariyle Ağır Taşıt-km Değerinin Toplam Taşıt-km İçindeki Yüzdesi

YIL	AĞIR TAŞIT			KAMYON-km	KAMYON		KAMYON+RÖMÖRK-ÇEKİCİ+Y.RÖMÖRK		
	Ağır taşıt-km	Toplam taşıt-km içindeki payı (%)	Toplam taşıt-km		Toplam taşıt-km içindeki payı (%)	Ağır taşıt-km içindeki payı (%)	KAMYON+röm., çekici+y.röm.-km	Toplam taşıt-km içindeki payı (%)	Ağır taşıt-km içindeki payı (%)
1997	14.567	31,4	46.384	13.500	29,1	92,7	1.067	2,3	7,3
1998	16.100	32,2	49.947	14.891	29,8	92,5	1.209	2,4	7,5
1999	15.928	31,9	49.866	14.676	29,4	92,1	1.252	2,5	7,9
2000	16.861	30,0	56.151	15.461	27,5	91,7	1.400	2,5	8,3
2001	15.729	29,9	52.631	14.384	27,3	91,4	1.345	2,6	8,6
2002	15.622	30,2	51.664	14.247	27,6	91,2	1.375	2,7	8,8
2003	15.727	30,0	52.349	14.311	27,3	91,0	1.416	2,7	9,0
2004	13.292	23,0	57.767	11.239	19,5	84,6	2.053	3,6	15,4
2005	14.378	23,5	61.129	11.982	19,6	83,3	2.396	3,9	16,7
2006	15.216	23,6	64.577	12.385	19,2	81,4	2.831	4,4	18,6
2007	16.097	23,1	69.609	12.748	18,3	79,2	3.349	4,8	20,8
2008	15.982	22,9	69.771	12.304	17,6	77,0	3.678	5,3	23,0
2009	16.366	22,8	72.432	11.305	15,6	69,1	5.061	7,0	30,9

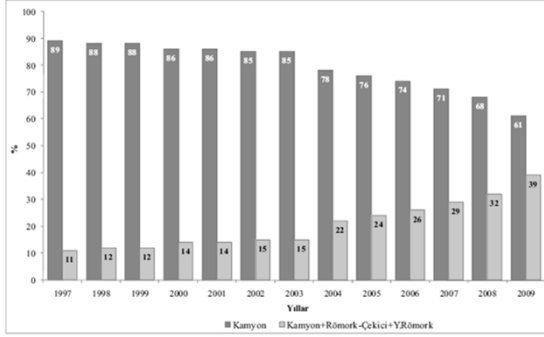
Tablo 4. 1997-2009 Yılları Arasında Karayolu Yük Taşımacılığının Taşıt Sınıflarına Göre Dağılımı(milyon ton-km)

Yıllar	KAMYON (milyon ton-km)	Oran (%)	KAMYON+RÖMÖRK, ÇEKİCİ+Y.RÖMÖRK (milyon ton-km)	Oran (%)	Toplam (milyon ton-km)	Yıllık Artış Oranı (%)
1997	123.784	89	16.005	11	139.789	3
1998	134.075	88	18.135	12	152.210	8,9
1999	132.194	88	18.780	12	150.974	-0,8
2000	139.152	86	22.400	14	161.552	7
2001	129.901	86	21.520	14	151.421	-6,3
2002	128.225	85	22.688	15	150.912	-0,3
2003	128.799	85	23.364	15	152.163	0,8
2004	121.952	78	34.901	22	156.853	3,1
2005	127.297	76	39.534	24	166.831	6,4
2006	130.853	74	46.547	26	177.399	6,3
2007	128.751	71	52.579	29	181.330	2,2
2008	124.190	68	57.745	32	181.935	0,3
2009	107.473	61	68.804	39	176.277	-3

KARAYOLLARIMIZDAKİ ÜSTYAPI YAPIM VE BAKIM POLİTİKASI

KARAYOLLARIMIZDAKİ ÜSTYAPI YAPIM VE BAKIM POLİTİKASI

□ **Şekil 2.** 1997-2009 Yılları Arasında Karayolu Yük Taşımacılığının (ton-km) Taşıt Sınıflarına Göre Dağılımı



- 1997 yılında ağır taşıtların toplam taşıt-km içerisindeki payı %31 iken bu oran 2009 yılında azalarak %22,6 olmuştur. Bu azalmanın en büyük nedeni, toplam taşıt içerisindeki otomobil sayısının diğer bir deyişle otomobil sahipliğinin artmasıdır.
- Ayrıca, yük taşımacılığında az yük taşıyan kamyonların yerine daha fazla yük taşıma kapasitesine sahip kamyon+römork-çekici+yarı römorkların kullanılması bu oranın düşmesine neden olmaktadır.
- 1997 yılında kamyonların karayolu yük taşımacılığındaki payı %89 iken, 2009 yılında bu pay azalarak %61'lere gerilemiştir. Kamyon+römork- çekici+yarı römorkların 1997 yılında yük taşımacılığındaki payı % 11 iken, 2009 yılında %39'lara çıkmıştır.

- Gelişmiş ülkelerde toplam trafik içindeki ağır taşıt oranı %10-20 arasındadır. Memleketimizde yeterli düzeyde ağırlık kontrolü yapılmadığından ve genellikle aşırı yüklemelere gidildiğinden ağır taşıtların yola verdikleri zarar artmaktadır. 18/07/1997'te yürürlüğe giren Karayolları Trafik Yönetmeliğinin 128. maddesiyle dingil yükleri yasal olarak:

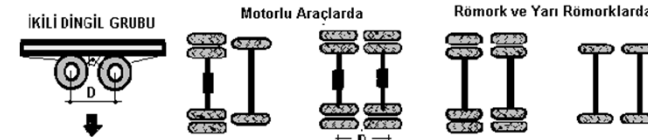
Tek dingilde en çok;

- Tahriksiz tek dingilde : 10 ton
- Tahrikli tek dingilde : 11.5 ton



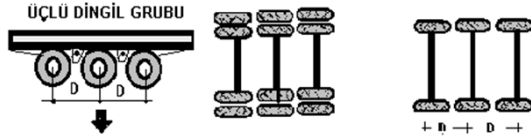
İki dingilli aks grubu ağırlığı en çok;

- Motorlu araçlarda aks grubu ağırlığı ;
- Dingiller arası mesafe ($1m < d$) ise : 11,5 ton,
- Dingiller arası mesafe ($1m \leq d < 1.3 m$) ise : 16 ton,
- Dingiller arası mesafe ($1.3 m \leq d < 1.8m$) ise: 18 ton,
- Dingiller arası mesafe ($1.8 m \leq d$) : 19 ton,



Üç dingilli aks grubu ağırlığı en çok ;

- Dingiller arası mesafe ($d \leq 1.3$ m) ise : 21 ton,
- Dingiller arası mesafe ($1.3 \text{ m} < d \leq 1.4$ m) ise : 24 ton



1983-1993 Ulaştırma Ana Planının karayolu planı bölümünde

- Ağır taşıt oranının yüksek olması, diğer yandan her bir taşıtın zarar faktörünün oldukça büyük olması nedeniyle, toplam trafiği aynı olan ülkemiz yollarının gelişmiş ülke yollarına oranla 8 kat daha fazla yüklendiğinin, ekonomik ömürlerinin çok azaldığının saptanmıştır.
- Yol ağımızda mevcut yol üstyapılarının, geleceğin trafikleri altında hizmet verebilmesi için periyodik üstyapı yenilemeleri ve plan denemi sonunda devlet yollarının tümünün asfalt kaplamalı hale getirileceği, Y.O.G.A.T.T. (Yıllık Ortalama Günlük Ağır Taşıt Trafiği; 500'ün üstünde olan yollarda bitümlü sıcak karışım (asfalt betonu) uygulanacağı" belirtilmiştir.

01.01.2012 tarihi itibariyle ülkemizdeki yol ağı;

SATIŞ CİNSİNE GÖRE YOL AĞI (KM)

01.01.2012 tarihi itibariyle

	Asfalt Betonu	Sathi Kaplama	Parke	Stabilize	Toprak	Diğer Yollar	TOPLAM
Otoyol	2 119	-	-	-	-	-	2 119
Devlet Yolları	9 869	21 032	74	114	47	236	31 372
İl Yolları	1 692	26 880	138	963	674	1 211	31 558
TOPLAM	13 680	47 912	212	1 077	721	1 447	65 049

BÖLÜNÜŞ YOLLAR
01.01.2012

Otoyollar	2 119
Devlet Yolu	17 033
İl Yolu	1 121
Toplam	20 273

Bu yol ağının 61.592 km. lik kısmı asfalt kaplamalı (asfalt betonu+sathi kaplama), geri kalanı diğer tür kaplamalı, toprak veya geçit vermeyen yoldur.

- Ülkemizde **karayollarında, bitümlü** kaplamalar, özellikle 1950 yılından beri uygulandığı için bir bilgi birikimi olmuş, yeterince kalifiye eleman yetişmiştir. Büyük kısmı ekonomik ömrünü doldurmuş olmakla beraber, asfalt kaplama yapım ve bakımında kullanılacak makine parkı da mevcuttur.
- Diğer taraftan, ülkemizin içinde bulunduğu ekonomik koşullar, yeni yol yapmaktan ziyade, halen mevcut yol ağımızı korumağa ve fiziki standartlarını iyileştirerek geleceğin trafiğine cevap verecek hale getirmeye imkan vermektedir.

- Mevcut yolların takviyesi ve kademeli inşaat yöntemi genellikle esnek üstyapı uygulamasında olabilir.
- Karayollarımızda beton yol uygulamasına yer verilmemesi yukarıda belirtilen nedenler karşısında uygun görünmekle beraber,
- **Tamamen** yerli kaynakları kullanan, gelişmiş ve aynı zamanda enerji açısından ekonomik beton yol teknolojisinin **dikkate** alınmamasının, bu konuda ön hazırlıklar yapılmamasının hata olacağı, büyük bir bölümü ekonomik ömrünü doldurmuş olan ülkemiz karayollarında, üstyapı yenileme çalışmalarında, yeni yol, özellikle yeni otoyol yapımında beton yol seçeneğine yer verilmesi gerektiği düşünülmektedir.

- Gelişmiş Avrupa ülkelerinde, enerji ve petrol krizi yaşanan asrımız koşullarında, beton yollara geleceğin ekonomik çözümü gözü ile bakılmaktadır. Amerika Birleşik Devletlerinde otoyolların % 80'i, Almanya, Belçika, İsviçre ve İspanya'da önemli bir bölümü beton yoldur. İngiltere ve Fransa'da da bu konuda ciddi araştırmalar ve büyük uygulamalar yapılmaktadır.
- Sürekli gelişmekte olan beton yol teknolojisinin karayollarımıza girebilmesi için ülkemizde de bu konuda deneyimli elemanların yetiştirilmesi, bilgi birikiminin sağlanması gibi ilk adımlar atılmalı ve uygulaması yaygınlaştırılmalıdır.

- Ülkemizde beton yol uygulamalarını uygun kılan koşullar:
- Esnek üstyapıların servis ömrünü kısaltan, sık sık tamir ve takviye edilmesine yol açan, gerek hacim gerekse ağırlık olarak sürekli artış gösteren trafik,
 - Üstyapı bakım giderlerinin yüksek olması ve daha az bakım masrafı gerektiren yol yapım tekniklerine ihtiyaç duyulması,
 - **Çimento** üretme olanakları,
 - Petrol üretimi açısından dışa bağımlılık,
 - Mevsimler arasında büyük sıcaklık farkları bulunması olarak özetlenebilir.

GENEL DEĞERLENDİRME

Bu inceleme sonunda ulařılan sonuçlar üç madde halinde özetlenebilir:

GENEL DEĞERLENDİRME

- Teknik parametrelere göre seçim yapılırsa, taşıma gücü **zayıf** taban zemini, büyük hacimli **trafik**, yüksek artış oranı, yüksek ağır taşıt miktarı, yüksek sıcaklık halinde rijit **üstyapılar**, büyük trafik hacmi, düşük **yıllık artış** oranı ve takviye çalışmalarında esnek **üstyapılar** uygun görünmektedir.
- Ekonomik **parametrelere** göre **üstyapı** seçimi yapılırsa, bitümlü malzeme azlığı, yüksek kaliteli agrega eksikliği, hidrolik bağlayıcı bulunması ve enerji azlığı halinde rijit **üstyapılar**, yol yatırım kaynağının sınırlı olması halinde esnek **üstyapılar** uygun **olmaktadır**.

- **Karayollarımızda** yalnızca esnek üstyapı **uygulanması rijit üstyapıya** yer verilmemesi hatalıdır.

GENEL DEĞERLENDİRME

- Ülkemizde beton yol teknolojisindeki gelişmelerden **yararlanılmalı, özellikle üstyapının temel** ve kaplama tabakalarının değiştirilmesinin gerektiği **bakım** çalışmalarında, yeni yol ve otoyol yapılması durumunda rijit üstyapı seçeneği mutlak surette dikkate alınmalıdır.
- Ayrıca, iklim koşulları nedeniyle bitümlü **kaplama** uygulamasında başarısızlığa **uğranılan bölgelerimizde** rijit üstyapı sorunun çözülmesini mümkün kılmaktadır.

- Ancak her yeni tekniğın sunulmasında, her düzeyden personelin en iyi ve yoğun şekilde eğitimi ve

GENEL DEĞERLENDİRME

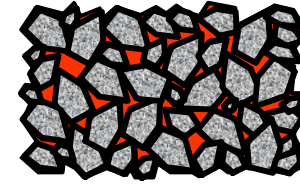
- İlgili bütün bölümler (yönetim, müteahhitler, laboratuvarlar ve endüstri) arasındaki koordinasyonu ve bilgi alışverişini sağlayan bir politikanın varlığı şarttır.
- Beton kaplama tekniğinin seçimi bir kalite politikası seçimi demektir.

ASFALT BETONU VE KULLANILAN MALZEMELER

AGREGA VE BİTÜMLÜ BAĞLAYICI

Asfalt Betonu nedir?

agrega...
...bitüm(asfalt çimentosu)
ile kaplanması...
...ve sıkıştırılması

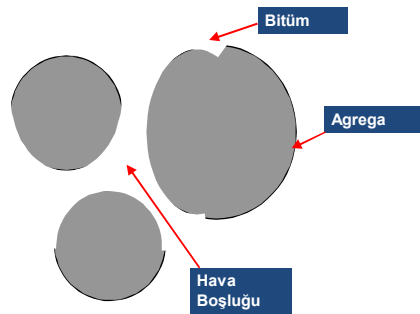


...bunlara ilaveten agregalar arasındaki hava boşluklarından oluşan bir yapıdır.

Asfalt Betonu Karışımlar

Sıkıştırılmış bir karışımda üç temel öge mevcuttur...

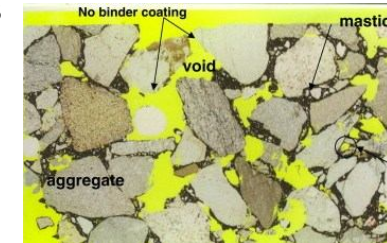
1. Agregalar Particiles
2. Bitüm (AC)
3. Hava Boşluğu



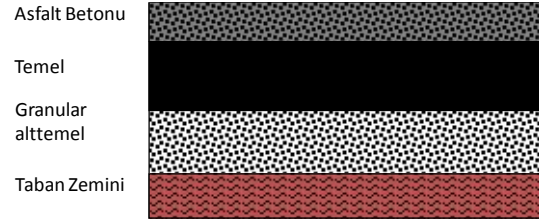
Asfalt Betonu Karışımlar

▪ Sıkışmış bir asfalt betonu karışım yaklaşık olarak;

- Ağırlıkça %95 agregalar, %5 bitüm
- Hacimce %75 agregalar, %20 bitüm
- İdeal olarak, %3-5 hava boşluğu



Pavement Section



asfalt kaplamaların fizik ve mekanik özellikleri

- Stabilite
- Fleksibilite (Esneklik)
- Dayanıklılık
- Kaymaya Karşı Direnç
- İşlenebilirlik
- Geçirimsizlik

Stabilite

- **Stabilite**, taşıtlardan gelen sürekli dinamik yükler, uzun süreli statik yükler ile hızlanan veya yavaşlayan tekerlek etkileri altında oluşan basınç, çekme, kesme kuvveti (makaslama) ve sökülmeğe karşı bitümlü kaplamanın gösterdiği dirençtir.
- Stabilite yetersizliği yolda çökme, ondülasyon ve akmaların oluşmasına yol açar.
- Üstyapı projelendirilmesi açısından bitümlü karışımın en önemli özelliği «stabilite» dir.
 - Yüksek viskoziteli bağlayıcı (bitüm)
 - Kırılmış agrega (içsel kilitleme)

Fleksibilite (Esneklik)

- Yolun alt tabakasındaki çökmelerden, bitümlü kaplama tabakalarına geçecek genel deformasyona bitümlü tabakaların çatlamadan karşı koyabilme yeteneğidir. *Fleksibilite yetersizliği yol yüzeyinde çatlamalara yol açar.*
- Mineral fillerin ve asfalt çimentosunun oranı, asfalt çimentosunun kıvamı, düktilitesi ve sıcaklığa karşı duyarlılığı fleksibiliteye tesir etmektedir.
- Kararlı ve esnek bir bitümlü karışım elde edebilmek için yazın kıvamını koruyabilen, kışın ise kırılğan hale gelmeyen ve yorulmaya karşı dayanıklı bir bağlayıcı gereklidir.
 - Düşük viskoziteli bağlayıcı (bitüm)
 - Yüksek bağlayıcı oranı

Dayanıklılık (Durabilite)

- Bitümlü kaplamanın dayanıklılığı *trafik, su, hava ve sıcaklık değişikliklerinin etkilerine karşı gösterdiği dirençtir.*
- Karışımın aşınmaya karşı direnci doğal olarak agreganın aşınma özelliğine bağlıdır. Aşınma tabakalarında *daha sert agrega kullanılarak daha yüksek bir dayanıklılık* sağlanabilir.
- Dayanıklılığa etkiyen diğer önemli faktör nemdir. Mevcut nem halinde karışımın *soyulmaya karşı direnci* agreganın asfalt absorpsiyonu ile ilgilidir.
- Şişmeye karşı direnç de agreganın şişme karakteristiklerine bağlıdır.

Dayanıklılık

- Asfaltın oksitlenmeye karşı direncinde, asfaltın yaşlanma karakteristikleri ve bitümlü karışımdaki boşluk oranı önemli rol oynar.
- Oksitlenme aynı zamanda kaplamanın kırılmaya karşı direncine de etkir. Çünkü oksitlenme sırasında penetrasyonun düşmesi ile kaplama daha kırılğan hal alır.
- Bu nedenle, kırılmaların artmasına sebep olan asfaltın oksitlenmesini en alt düzeyde tutmak için bitümlü karışımın boşluk yüzdesinin belirli sınırlar içinde kalması sağlanmalıdır.

Kaymaya Karşı Direnç

- Bitümlü kaplama yüzeyinin sürtünme ile vasıtaların güvenli bir şekilde durmasını ve hareket etmesini sağlaması, kaplamanın kaymaya karşı olan direncine bağlıdır.
- Bu özellik kaplamanın yüzey dokusu kadar beton asfalt karışımdaki asfalt çimentosu oranı ve boşluk oranı ile ilgilidir.
- Yumuşak agregalar fazla aşındıkları için düz bir yüzey oluştururlar. Diğer taraftan, karışımdaki aşırı bitüm miktarı veya yetersiz boşluk oranı trafiğin oluşturduğu sıkıştırma tesiriyle veya sıcak havalarda agregaların genleşmeleri sonunda, asfalt yol yüzeyine çıkar ve kaygan bir yol yüzeyi meydana gelir.

Kaymaya Karşı Direnç

- Bu hale "kaplamanın terlemesi" denir. Bu sakıncanın ortaya çıkmaması için beton asfalt karışımı homogen olmalı, üretim ve kullanma sırasında segregasyona (ayrışarak aynı cins ve boyuttaki malzemenin bir araya gelmesi) uğramamalıdır.
- Diğer taraftan karışımda gevrek agrega bulunmamalıdır. Çünkü gevrek malzeme tekerlek etkisiyle cilâlı hale gelir. Cilalanma da kayma direnci bakımından büyük sorunlar ortaya çıkarır.

İşlenebilirlik

- İşlenebilirlik, malzemeyi istenilen kıvamda, istenilen üniformlukta, sıkıştırma ile kolayca yerleştirebilmektir.
- Bu özellik, agrega granülometrisi, asfalt çimentosu oranı, en büyük dane boyutu, danelerin şekli ve agreganın yüzey dokusu ile çok yakından ilgilidir.
- 10 nolu elek altındaki agreganın şekli bitümlü karışımın özellikleri üzerinde gözle görülür şekilde etkilidir.

İşlenebilirlik

- Köşeli danelere sahip veya kırmataş parçaları içeren kumlar stabiliteyi yükseltirken, yuvarlak daneli kumlar işlenebilirliği arttırlar.
- Bazı hallerde iyi derecelenmiş karışım ve yeterli silindirme olduğu halde bağlayıcı azlığı sebebiyle istenilen yoğunluk elde edilememektedir. Bu durum asfalt çimentosu oranının bitümlü karışımın işlenebilirliğindeki rolünü açık olarak ortaya koyar.

Geçirimsizlik

- Bitümlü karışımdan oluşmuş kaplama tabakasının alt tabakalara su geçirmeyecek derecede geçirimsiz olması gerekir.

Esnek Üstyapılarda Bozulmalar

Bozulmaya Yol Açan Etkenler

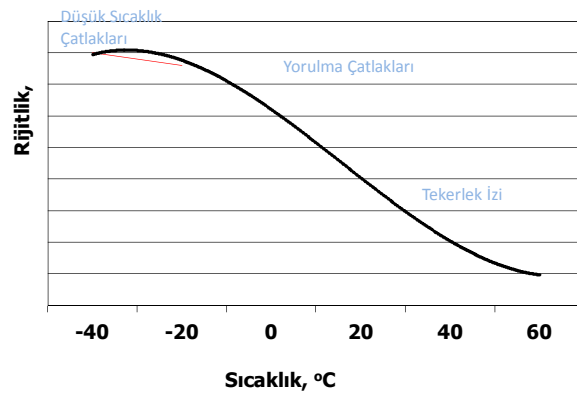
Yol esnek üstyapısında, çeşitli nedenlerle meydana gelen bozulmaların etkenleri, aşağıda ana başlıklar altında sınıflandırılıp belirtilmiştir.

- **Tasarım Hataları**
- **Yapım Hataları**
- **Bakım Hataları**
- **Çevre ve İklim Şartları**
- **Trafik Etkileri**

ESNEK YOL ÜSTYAPISINDA OLUŞAN BOZULMA TÜRLERİ

1. **Şekil Değişiklikler (Kalıcı deformasyon- Tekerlek İzi**
2. **Yorulma Çatlakları**
3. **Düşük sıcaklık çatlakları**
4. **Çukurlar**
5. **Çok Yönlü Bozulmalar**

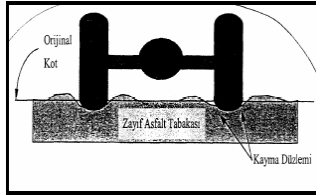
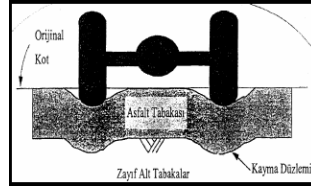
Asfalt Kaplama Bozulmaları



Tekerlek izinde oturma (kalıcı deformasyon)

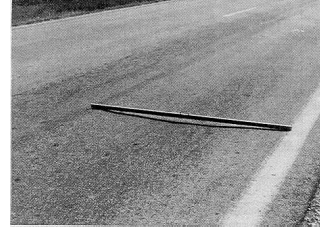
- Asfalt karışım tasarımcılarını en çok ilgilendiren ana tekerlek izi tipi, asfalt tabakaları içinde meydana gelen deformasyondur.
- Tekerlek izi, asfalt karışımların tekrarlı ağır yüklere karşı koyacak yeterli kayma mukavemetine sahip olmaması nedeniyle oluşur.
- Tekerlek izi oluşumu kalıcı deformasyonun en yaygın şeklidir.

- Birinci durumda, asfalt kaplama tabakası altındaki temele (veya alt temele veya tabii zemine) çok fazla tekrarlı yüklerin uygulanması tekerlek izine sebep olur.



- İkincisi, asfalt tabakaları içinde meydana gelen deformasyondur. Tekerlek izi, asfalt karışımların tekrarlı ağır yüklere karşı koyacak yeterli kayma mukavemetine sahip olmaması nedeniyle oluşur.

Rutting



Çatlaklar:

- I. Yorulma çatlakları
- II. Termal (enine) çatlaklar
- III. Kenar çatlakları
- IV. Boyuna çatlaklar
- V. Blok (harita) çatlakları
- VI. Yansıma çatlakları

Yorulma çatlakları

- ❑ Yorulma çatlama, asfalt kaplamalara uygulanan yüklerden dolayı, çatlak oluşumuna sebebiyet verecek şekilde kaplamanın gerilme dayanımının aşılması ile meydana gelir.
- ❑ Yorulma çatlağı oluşumunun ilk işareti, trafik yönünde aralıklı olarak, boyuna tekerlek izi çatlaklarının meydana gelmesidir.
- ❑ Yorulma çatlama, ilk çatlakların birleşmesi ve haliyle daha fazla çatlağın oluşumuna sebep olması nedeniyle tedricen artan bir bozulma türüdür.

Yorulma çatlakları

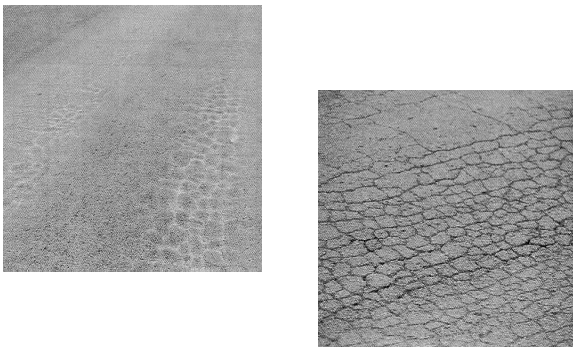


Yorulma çatlakları

- ❑ Yorulma çatlamaının bir ileri safhası, çatlak bölgesinin timsah derisine benzetilmesinden dolayı, timsah sırtı çatlağı diye adlandırılır.



Alligator Cracking



Termal (enine) çatlaklar

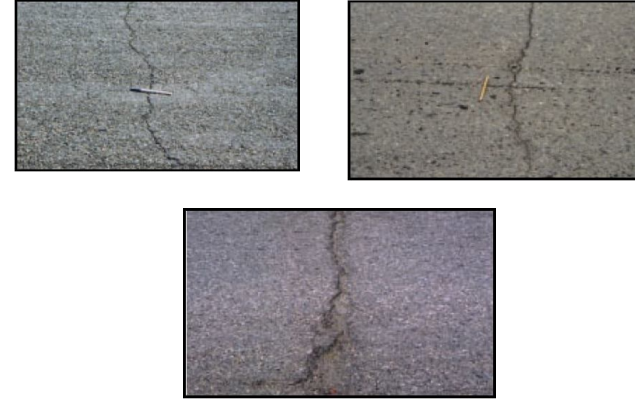
- ❑ Düşük sıcaklık çatlamaı trafik yüklerinin değil, kötü çevre koşullarının sebep olduğu bir bozulma tipidir.
- ❑ Bunlar, belirli aralıklarla trafik yönüne dik olarak meydana gelen, enine çatlaklardır.



Termal (enine) çatlaklar

- ❑ Düşük sıcaklık çatlakları, asfalt kaplama tabakasının soğuk havada büzülmesi sonucu oluşurlar.
- ❑ Kaplama büzüldüğünde kaplama içinde çekme gerilmeleri oluşur. Kaplama boyunca bazı noktalarda çekme gerilmesi çekme dayanımını aşar ve asfalt kaplama çatlakları oluşur.
- ❑ Düşük sıcaklık çatlakları tekil düşük sıcaklıktan meydana gelir ve düşük sıcaklıkların tekrarlanmasıyla artar.

Termal (enine) çatlaklar



Boyuna çatlaklar

- ❑ Boyuna çatlaklar iki şerit arasında ya da kaplama ile banket birleşim yerlerinde, yol eksenine paralel olarak görülen bozulmalardır.
- ❑ Çatlak genişlikleri 6 - 19 mm, yüksek şiddetlere ulaştığında 19 mm' den fazla olabilir.
- ❑ Bozulmanın şiddeti arttıkça malzeme ayrışmaları başlar, ayrışmalar derinleşir ve çatlak sayısında artış gözlenir.

Boyuna çatlaklar

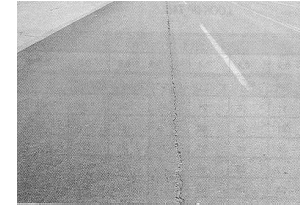
Boyuna çatlakların oluşma nedenleri :

- ✓ Dolgularda yetersiz sıkıştırma nedeniyle oturmalar.
- ✓ Yetersiz drenaj.
- ✓ Dolgunun yanal hareketi.
- ✓ Çevre ve iklim şartları (don etkisi, nem değişikliği vb.).
- ✓ Üstyapının taşıma gücünün yetersiz oluşu ve bunun trafik yükü ile birleşmesi sonucu oluşan oturmalar.
- ✓ Boyuna ek yerlerinin uygun inşa edilmeyişi.

Boyuna çatlaklar



Longitudinal Cracking



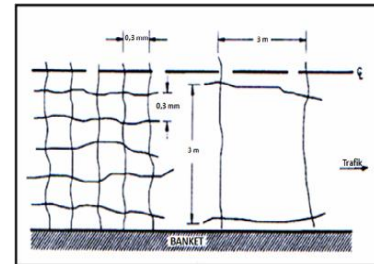
Blok (harita) çatlaklar

- ❑ Boyuna ve enine çatlakların birbirleriyle birleşerek harita şeklinde görüldüğü bozulma türüdür.
- ❑ Bunlar da 6 - 19 mm ya da 19 mm 'den daha fazla genişliğe ulaşabilirler.
- ❑ Çatlak şekli birden fazla çatlak veya çatlak sistemiyle çevrelenen bloğun ayrılıp kopması şeklindedir.
- ❑ Bozulmanın ileri aşamalarında blok çatlaklar timsah sırtı desenine dönüşmeye başlamıştır.

Blok (harita) çatlaklar

Blok (harita) çatlaklarının oluşma sebepleri:

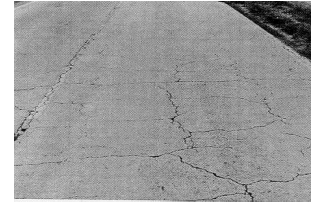
- ✓ Şişme ve büzülme etkisi.
- ✓ Don etkisi.
- ✓ Asfalt kaplamanın yaşlanmasından dolayı sertleşmesi ve kırılmasıdır .



Blok (harita) çatlaklar



Block Cracking & Edge Cracking

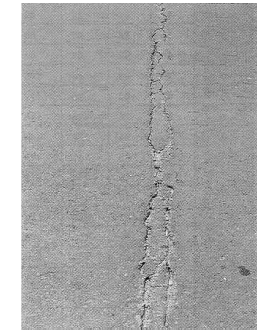
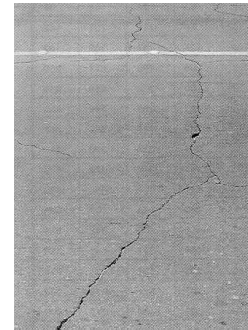


Yansıma çatlakları

- ❑ Asfalt takviye tabakası üzerindeki çatlaklar olup, altta kalmış olan esas kaplamada daha önce bulunan çatlakların takviye tabakasına yansımasıyla meydana gelen bozulma türüdür.
- ❑ Bu çatlaklar boyuna, enine, diyagonal veya blok şeklinde olabilirler.



Transverse Cracking



Ayrışma, sökülme ve soyulma

- Yol yüzeyinde agrega eksikliği, bazı lokal çukurlar ve kopmalar şeklinde oluşan bozulma şeklidir.

Soyulma, ayrışma ve sökülmelerin oluşum nedenleri:

- Su ve trafik etkisi.
- Bitümlü sıcak karışım içinde kil toprakları veya kille kaplı agrega taneciklerinin bulunması.
- Zayıf sıkıştırma.
- Yüksek boşluk yüzdesi (özellikle soğuk hava koşullarında yapılan kaplamalarda su ve tuzlar tabakalar arasına sızar, donma ve erime olayları sırasında asfaltın bozulmasına neden olur).

Ayrışma, sökülme ve soyulma

- Yetersiz bitüm yüzdesi.
- Yaşlanma nedeniyle oluşan asfalt sertleşmesi.
- Uygun olmayan yapım teknikleri ve ekipman kullanımı.
- Donma-çözülme olaylarının tekrarlanması ile absorpsiyonu ve kırılabilirliği yüksek agregaların kullanıldığı karışımlarda ayrışma meydana gelmesi.

Raveling in HMAc



Çukurlar

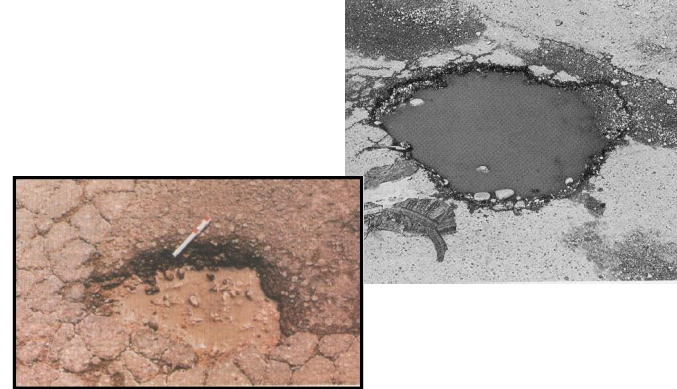
- Yetersiz (kalitesiz) yapım, aşırı dingil yükleri, mevsimsel hava koşulları nedenlerine bağlı olarak yüzey üzerinde derinliği 5 ile 10 cm arasında ya da daha fazla, çapı 10 ile 30 cm arasında ya da daha fazla boyutlu oluşan oyuklardır.
- Bu bozulmalar yine diğer bozulma türlerinde olduğu gibi sürüş konforunu düşürmekte özellikle de sürüş güvenliği açısından tehlike arz etmektedir.

Çukurlar

Çukurların muhtemel oluşma nedenleri :

- ✓ Diğer bozulmaların etkileri (soyulma, segregasyon, çatlaklar vb.).
- ✓ Yanlış yapım teknikleri ve düşük kalite kontrolü.
- ✓ Kaplamada düşük kaliteli agrega kullanımı
- ✓ Üstyapı kalınlıklarının yetersiz oluşu.

Pothole



Bitümlü bağlayıcının terlemesi (kusma)

- ❑ Bitümlü bağlayıcının terlemesi (kusması) kaplama üzerinde, özellikle tekerlek izlerinde asfaltın kaplama yüzeyine çıkması olayıdır.
- ❑ Bu kesimlerde sıcak mevsimde yer yer tekerlek profil izleri de görülmektedir.

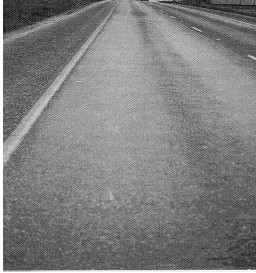
Bitüm terlemesinin oluşma nedenleri:

- ❑ Yapım sırasında aşırı dozda bitüm kullanılması.
- ❑ Özellikle sıcak havalarda trafik etkisiyle bu fazla bitümün agrega üzerine çıkması.
- ❑ Terlemiş yüzey üzerine herhangi bir tedbir almadan yeniden yüzeysel kaplama yapımı

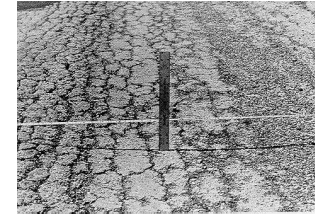
Bitümlü bağlayıcının terlemesi (kusma)



Bleeding



Failures



AGREGA

Aggregates in Composites

Agrega miktarı:

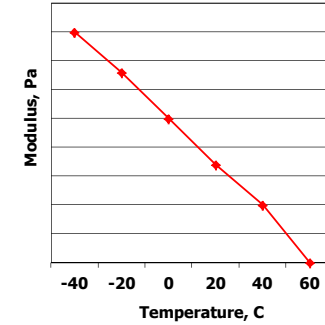
- Hacimce 60-70% (Beton kaplamalarda)
- Hacimce 80-90% of Asfalt kaplamalarda)

Aggregates in Pavement

- Yüzey Tabakaları (Aşınma, binder)
- Temel
- Alttemel
- İyi bir adezyon için kuru ve temiz agregaya gereklidir (tozsuz, nemsiz)
- Asfalt betonunun uzun dönemli özelliklerinin iyileştirilmesi için önemli olan içsel sürtünme açısını oluşturacak kilitlenmeyi sağlayabilmelidir.
- Köşeli agregaya 50-80% oranında en az iki yüzü kırılmış

Asfalt Kaplamada Agreganın Önemi

- Asfalt çimentosu 60 °C üzerindeki sıcaklıklarda dayanımını kaybeder.
- Sıcak havalarda kaplamanın stabilitesi agregalar arasındaki içsel sürtünme açısına bağlıdır.



Definitions

- Agregaya:
 - Kırılmış taş, cüruf, şist, çakıl, kum gibi mineral bileşime sahip granüler mazzemeler
- Kaba Agregaya:
 - 4.75mm (#4) elek üzerinde kalan malzeme



- ◆ İnce Agregaya:
 - 4.75mm (#4) elekten geçen malzeme

- ◆ Filler:
 - 0.075mm (#200) elekten geçen malzeme

Temel Jeoloji

- Ana kaya
 - Volkanik (eriyen malzemelerin sertleşmesi)
 - Tortul (taşınan malzemelerin sıkışması)
 - Başkalaşım (kayaçların basınç ve sıcaklık altında değişime uğraması)
- Örtü tabakaları
 - Ana kayayı örten tabakalar
 - Aşınmış kayalar
 - Çakıl, kum, silt, kil

Mineraller & Agregata

- Silisli agregata
 - İyi bir dayanım ve sertlik
 - Şist, kil ve siltli malzemeden kaçınılmalı
- Kumtaşı
 - Değişken dayanım ve durabilite (boşluk, su emme)
- Silisli Şist
 - Yoğun, dayanıklı agregata
 - Çoğu tipi alkali reaktivite
- Kireçtaşı + Dolomit
 - Silikat agregalardan daha düşük modüllü (yumuşak)
 - Boşluk ve su emme değişken
 - agregata kaynağı açısından zengin

Agregate Üretimi

- Doğal (mineral) Agregata
 - Kırma Taş
 - Çakıl
- Diğer Agregata Kaynakları
 - Geri-dönüşüm beton agregata
 - Cüruf ve kalıp kumu

Doğal (mineral) Agregata

- Kırma Taş:
 - Taş ocakları



- ◆ **Çakıl:**
 - Dere yatakları

Diğer Aggregate Kaynakları:

- Geri-dönüşüm beton agregatası:
 - Kaplama ve diğer kaynaklar



- ◆ **Cüruf or Kalıp kumu:**
 - Endüstriyel atık alanları

Types of Aggregate

- Normal-ağırlıklı (ASTM C33)
 - Çakıl
 - Kırmataş
 - Doğal kum
 - Hacim özgül ağırlığı = 2.40 - 2.90
 - Hafif Agregalar (ASTM C330)
 - Ponzataşı
 - Genleşmiş şist ve ya kil
 - Kullanım: filler or düşük modüllü uygulamalar

Agregate Tipleri

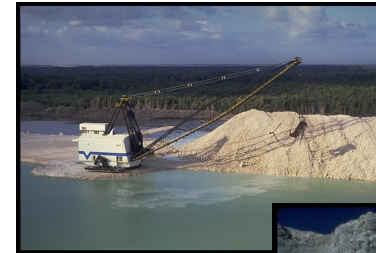
- Ağır agregalar (ASTM C637)
 - Çelikhane Cürufu
 - Maden Cevherleri
 - Hacim özgül ağırlığı = 3.5-5.2
 - Kullanım : balast & radyasyon duvarları (kalkanları)

Agrega İşlenmesi



- Çıkarma ve Kazı İşlemi
- Taşıma
 - Kıрма
 - birincil
 - ikincil
- Eleme and Depolama
 - Gradasyon
- Numune alma ve Deneyler

Çıkarma ve Kazı



Arazi kaynakları

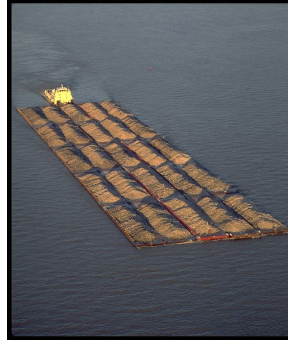
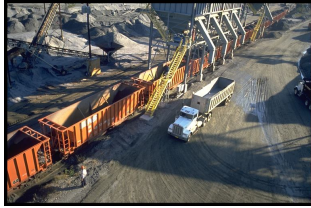
- Taş Ocakları
- Kovalı yükleyiciler

Sualtı kaynakları

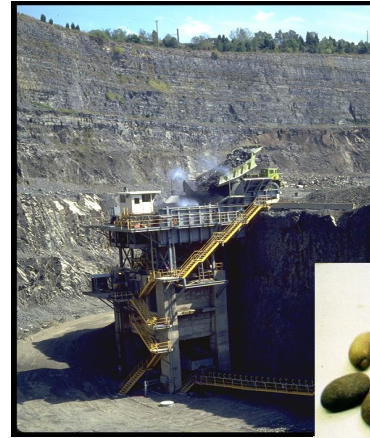
- Nehir & Göller
- Kismen daha temiz



Taşıma



Kırma



Eleme & Depolama



- Kısa düşü yüksekliği
- Hareketi minimize etmek
- Yiğınları ayırmak

- Segregasyon ve kirliliği önlemek

- İyi bir yiğın
- üniform gradasyon



Numune alma & Deneyle

- Numune almak neden önemlidir?

Numune alma



Yığından numune alma



Yürüyen banttın numune alma

Agrega Özellikleri
BSK

- Şekil (Köşelilik)
- Boyut (max. dane, dağılımı)
- Dokusu (pürüzlülük, boşluk)
- Özgül Ağırlık
- Su emme
- Sağlamlık
- Donma-çözünme dayanımı
- Yabancı madde
- Birim ağırlık
 - Sıkışmış
 - Gevşek

BITÜMLÜ KAPLAMALARDA KULLANILAN AGREGALARIN ÖZELLİKLERİ

- **Maksimum Dane Boyutu ve Gradasyonu** : Maksimum dane boyutu ve gradasyonu kullanılacağı tabakaya göre belirlenir.

- **Dane Şekli** : Agreganın dane şekli, işlenebilirliği, sıkışabilirliği ve stabiliteyi etkiler Köşeli, kırılmış danelerin kullanımı tercih edilir.



- **Temiz Olup Olmaması** : Agregalar bitki atıkları, yumuşak malzemeler, kil toprakları ve yabancı madde içermemelidir.

- **Danelerin Yüzey Yapısı** : Bitümlü karışımlarda yük taşıma kapasitesini etkiler. Çok pürüzlü yüzeylere sahip agregalar kayma gerilmelerine karşı yüksek direnç gösterirler.



- **Gözeneklilik** : Karışımında, absorpsiyonu ve bitüm yüzdesini etkiler. Karışım agregalarında, agrega-bitüm adezyonunu sağlamak için bir miktar gözeneklilik gerekir.



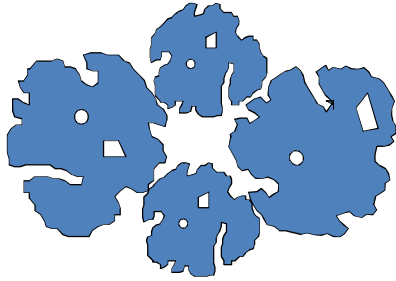
- **Sağlamlık** : Bitümlü kaplamada kullanılacak agregaları, kırılmaya, degradasyona (ince malzemeye dönüşme) su ve don etkisiyle ayırmaya karşı dayanıklı olmalıdır.

- **Bitümlü Kaplanabilme (Soyulmaya Karşı Dayanım)** : Bitümlü kaplamalarda kullanılan agregalar bitüm

ile kaplandıklarında, su etkisi ile soyulma (asfaltın agrega yüzeyinden ayrılması) göstermemelidir. Soyulma dayanımı düşük agregalar bitüme özel katkı maddeleri ilave edilerek kullanılabilir.

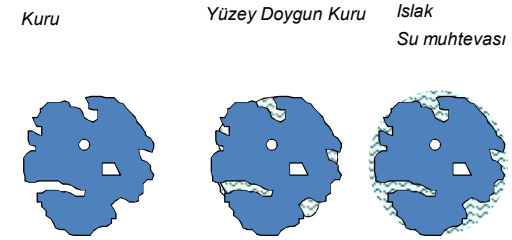
Agrega Hacimsel Özellikleri

- Boşluklar (içsel, yüzeysel, daneler arası)



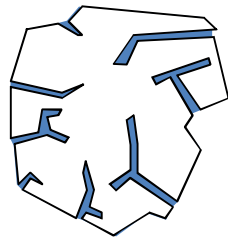
Nem Koşulları

- Kuru
- Absorbsiyon (su emme),
- Su Muhtevası



Absorbsiyon (Su emme)

- Absorbsiyon doymun yüzey kuru durumdaki nem oranı
- Su muhtevası geçirgen boşlukların su ile dolu olduğu durum



$$Abs, \% = (W_{SSD} - W_{OD}) / W_{OD} \times 100\%$$

- Su emme (Absorbsiyon)

$$Abs.\% = \frac{W_{ssd} - W_{od}}{W_{od}} \times 100$$

- Su Muhtevası (Moisture Content)

$$MC, \% = \frac{W_{mc} - W_{od}}{W_{od}} \times 100$$

Özgül ağırlık, G

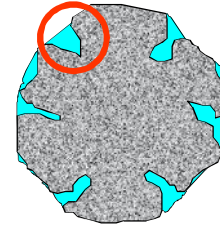
- Bir cismin kütle/hacim oranının aynı sıcaklıktaki suyun kütle/hacim'ine oranıdır.

$$\frac{\text{Kütle katı}}{\text{Hacim}}$$

$$\frac{\text{Kütle Su}}{\text{Hacim}}$$

Hacim Özgül ağırlık, Kuru

Surface Voids

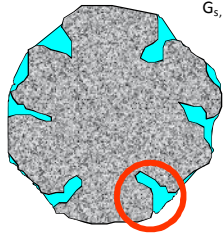


$G_{sb} =$

$$\frac{\text{Kütle, kuru agrega}}{\text{Agrega hacmi + yüzey boş.}}$$

Hacim Özgül ağırlık, Doymun Yüzey Kuru

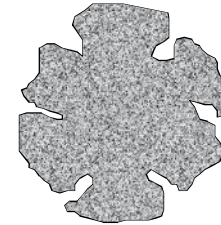
$$G_{s,ssd} = \frac{\text{Kütle, kuru agrega+ su kütle}}{\text{Agrega hacmi + yüzey boş.}}$$

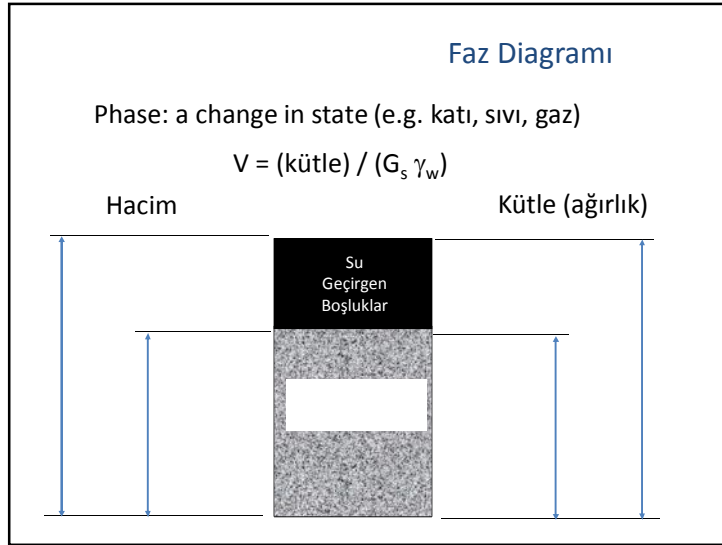


Yüzey Boşlukları

Hacim Özgül Ağırlık, Zahiri

$$G_{sa} = \frac{\text{Kütle, kuru agrega}}{\text{Agrega hacmi}}$$





Özgül Ağırlık ve Absorbsiyon Deneyi

8) Agreganın özgül ağırlığı, o agreganın birim hacimdeki ağırlığının, aynı hacimde ve 25 °C'deki suyun ağırlığına oranıdır. Danenin, hacim tanımlamasına bağlı olarak, üç tane özgül ağırlık türü vardır.

- ❑ Zahiri Özgül Ağırlık (G_{sa}): Belirli bir sıcaklıkta agreganın geçirimsiz boşluklarını içeren birim hacminin havadaki ağırlığının, aynı sıcaklıkta ve aynı hacimdeki havası alınmış destile suyun ağırlığına oranıdır.

Özgül Ağırlık ve Absorbsiyon Deneyi

- ❑ Hacim Özgül Ağırlığı (G_{sb}): Belirli bir sıcaklıkta agreganın geçirgen olan ve olmayan boşluklarını içeren birim hacminin havadaki ağırlığının, aynı sıcaklık ve hacminin havadaki ağırlığının, aynı sıcaklıkta ve aynı hacimdeki havası alınmış destile suyun ağırlığına oranıdır.

Specific Gravity Tests for Aggregates

- Two tests are needed
 - Coarse aggregate (retained on the 4.75 mm sieve)
 - Fine aggregate (passing the 4.75 mm sieve)
 - Filler (passing the 0.075 mm sieve)

Coarse Aggregate Specific Gravity

ASTM C127

- Dry aggregate
- Soak in water for 24 hours
- Decant water
- Use pre-dampened towel to get SSD condition
- Determine mass of SSD aggregate in bucket
- Determine mass under water
- Dry to constant mass
- Determine oven dry mass

Coarse Aggregate Specific Gravity



Coarse Aggregate Specific Gravity



Coarse Aggregate Specific Gravity

Calculations

- $G_{sb} = A / (B - C)$
 - A = mass oven dry
 - B = mass SSD
 - C = mass under water
- $G_{s,SSD} = B / (B - C)$
- $G_{sa} = A / (A - C)$
- Water absorption capacity, %
 - Absorption % = $[(B - A) / A] * 100$

Fine Aggregate Specific Gravity

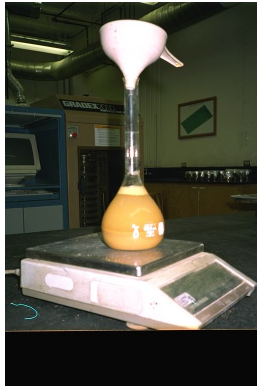
- ASTM C128
 - Dry aggregate
 - Soak in water for 24 hours
 - Spread out and dry to SSD
 - Add 500 g of SSD aggregate to pycnometer of known volume
 - Pre-filled with some water
 - Add more water and agitate until air bubble have been removed

Fine Aggregate Specific Gravity

- Fill to line and determine the mass of the pycnometer, aggregate and water
- Empty aggregate into pan and dry to constant mass
- Determine oven dry mass

Fine Aggregate Specific Gravity*Fine Aggregate Specific Gravity*

Fine Aggregate Specific Gravity

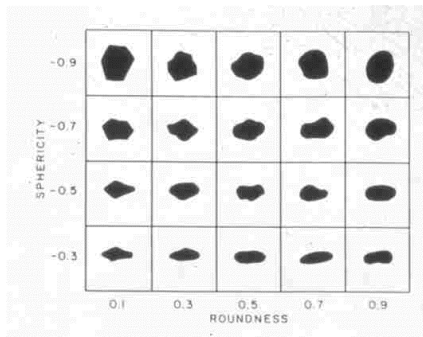


Fine Aggregate Specific Gravity

Calculations

- $G_{sb} = A / (B + S - C)$
 - A = mass oven dry
 - B = mass of pycnometer filled with water
 - C = mass pycnometer, SSD aggregate and water
 - S = mass SSD aggregate
- $G_{s,SSD} = S / (B + S - C)$
- $G_{sa} = A / (B + A - C)$
- Water absorption capacity, %
 - Absorption % = $[(S - A) / A] * 100$

Particle Shape



Percent Crushed Fragments in Gravels

- Quarried materials always 100% crushed
- Min. values depended upon traffic level and layer
- Defined as % mass with one or more fractured faces



0% Crushed 100% with 2 or More
Crushed Faces

Coarse Aggregate Angularity Criteria

Traffic Millions of ESALs	Depth from Surface	
	< 100 mm	> 100 mm
< 0.3	55/--	--/--
< 1	65/--	--/--
< 3	75/--	50/--
< 10	85/80	60/--
< 30	95/90	80/75
< 100	100/100	95/90
≥ 100	100/100	100/100

First number denotes % with one or more fractured faces
Second number denotes % with two or more fractured faces

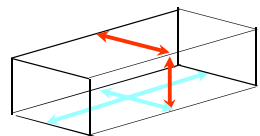
4) Yassılık İndeksi Deneyi (BS 812)

Kalınlığı, nominal boyutunun 0,6'sından daha küçük olan agregada danelerinin yassı olarak tanımlanmasına dayanan bir metoddur. Agregada numunelerinin yassılık indeksi, belirli açıklıkları olan bir şablon kullanarak ayrılan yassı danelerin ağırlığının, toplam numune ağırlığına oranının yüzdesi olarak ifade edilir.

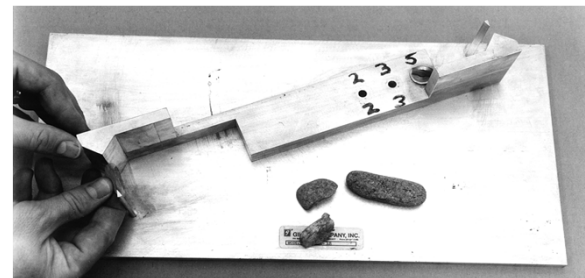


Flat and Elongated Particles

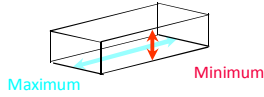
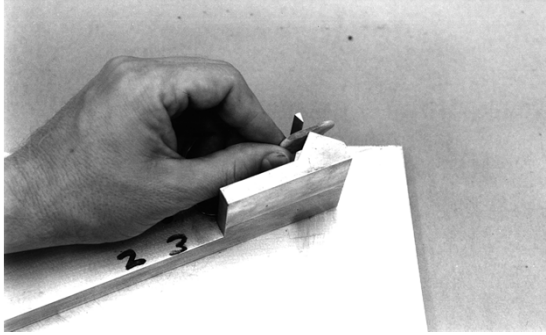
- ASTM D4791
 - Flat
 - Elongated
 - Total flat and elongated
- Superpave
 - Flat and Elongated
 - Maximum to minimum dimension
 - 5:1
 - 3:1
 - 2:1



Flat and Elongated Particles



Flat and Elongated Particles

Flat and Elongated Criteria

Traffic Millions of ESALs	Maximum, Percent
< 0.3	--
< 1	--
< 3	10
< 10	10
< 30	10
< 100	10
∞ 100	10

Fine Aggregate Angularity

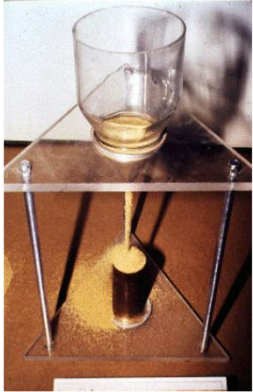
(Uncompacted Void Content of Fine Aggregate)

- * Fine aggregate at a specified gradation is allowed to flow freely into a 100 cm³ cylinder.
- * The more angular the aggregate, the higher the void content

Fine Aggregate Angularity

Natural sands:
typically < 45

Manufactured sands:
typically > 42



Clay Lumps and Friable Particles ASTM C 142

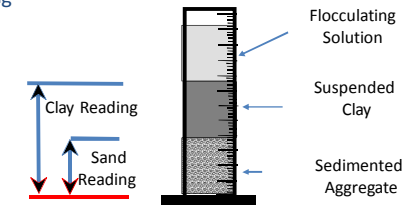
Dries a given mass of agg., then soaks for 24 hr., and each particle is rubbed. A washed sieve is then performed over several screens, reported as the aggregate dried, and the percent loss is the % clay or friable particles.

Clay Content (Sand Equivalent Test)

* ASHTO T176, ASTM D2419

- Used to estimate the relative proportions of fine agg. and clay-like or plastic fines and dust.

$$SE = \frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} * 100$$



Clay Content Criteria

Traffic Millions of ESALs	Sand Equivalent Minimum, Percent
< 0.3	40
< 1	40
< 3	40
< 10	45
< 30	45
< 100	50
∞ 100	50

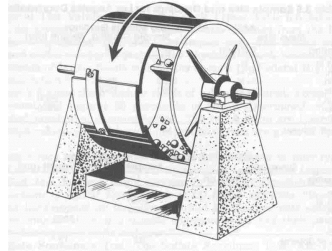
Dayanıklılık

* Los Angeles Aşınma Deneyi (AASHTO T96, ASTM C131):

- Bu deneyde dane boyutu 75 mm'den küçük olan iri agregaların Los Angeles aşınma makinesi ile aşınmaya karşı mukavemeti bulunur.
- Deneyde içi boş, iki ucu kapalı bir silindir şeklinde olan makine içerisine agrega ile birlikte metal aşındırıcı küreler konularak, makine belirli bir hızla, belirli bir devirde çalıştırılır.
- Sonuçta, metal kürelerin üzerine düşmesi sonucu aşınan malzemenin deney başında alınan malzemeye göre ağırlıkça yüzdesi aşınma kaybı olarak verilir.

Los Angeles Abrasion Resistance

- ASTM C131
- Special gradation of material is used
- 445g spheres added
- 500 revolutions
- Sieve and wash to determine material greater than No. 12 sieve.



$$\% \text{ Loss} = \frac{W_{>\text{No.12 sieve after test}}}{W_{\text{Original sample}}}$$

L. A. Abrasion Resistance



Typical results of losses between 10 and 40%.
40% is the max. limit

- Approx. 60% loss for soft limestones and sandstones
- Approx. 10% loss for extremely hard igneous rocks

Hava Tesirlerine Karşı Dayanım Deneyi (Donma Deneyi) (AASHTO T104)

- Bu deney, uzun zaman hava tesirleri altında kalan agregaların donma ve çözölmeye karşı mukavemetlerinin ölçölmesinde kullanılan çabuklaştırılmış bir deneydir. Deneyde Na₂SO₄ ve MgSO₄ çözeltileri kullanılabilir.
- Deney 4.75 mm üzerinde kalan agregaya, 5 donma-çözölme periyodu olarak uygulanır ve bu işlemler sonunda oluşşan kayıp yüzdesi hesaplanır. Agregaya üzerinde oluşturulan etki, doğğada olan yaklaşık 500 donma ve çözölme olayına denktir.

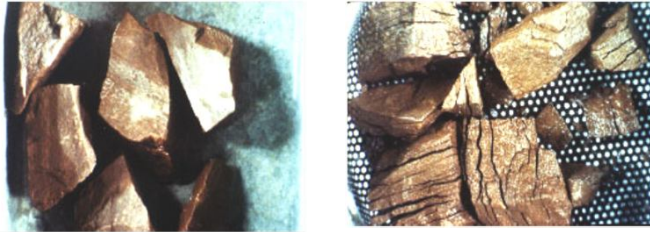
Soundness Testing

- Estimates resistance to weathering.
- Simulates freeze/thaw action by successively
- Na or Mg sulfate saturated solutions are used to test aggregate friability
- 5 cycles of saturation and drying
- Sulfates hydrate and expand to fracture weak planes
- ASTM C88
 - Specific gradations
 - Loss is determined by mass
 - 12% max loss w/ Na
 - 18% max loss w/ Mg
- Precision is very poor

Soundness Testing



Soundness Testing

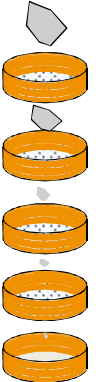


AGREGA ÖZELLİKLERİ	AGREGA DENEYLERİ	KTŞ LİMLERİ				
		ASIRMA	ONDER	İTİMEL	SUKAPIM	TMA
GRADASYON, D_{maks}	Elek Analizi	3/4"	1"	1 1/2"	1"-3/8"	1/2" 3/8"
SAĞLAMLIK,	Aşınma kaybı (Los Angeles) maks %	30	35	35	35	25
	Na_2SO_4 Donma kaybı maks %	10	12	12	12	8
BİTÜMLE KAPLANABİLME	Soyulma Mukavemeti, min %	50	50	50	50	60
	Vialit Yapışma, maks %	-	-	-	12	-
DANELERİN YÜZEY YAPISI	Cırlanma Değeri, %	50	-	-	50	50
DANE ŞEKLİ	Kırınıklık, min %	100	100	100	80	100
	Yassılık İndeksi, maks %	30	35	35	30	25
GÖZENKLİLİK	Su Absorpsiyonu, maks %	2,0	2,5	2,5	-	2,0
TEMİZ OLUP OLMAMASI	Kil Topakları ve Ufalanabilir Dane, maks %	0,5	1,0	1,0	0,5	bulunmayacak
	Organik Madde ,renk skalası	Bulunmayacak	0-1	0-1	-	0-1
	Organik Madde Miktarı,%	0-1	0,5	0,5	-	0-1




Elek Analizi Deneyi(ASTM C136)

Elek Analizi Deneyi(ASTM C136)



Elek Açıklığı	
mm	Inch
37.5	1 1/2
25.0	1
19.1	3/4
12.7	1/2
9.52	3/8
4.75	No.4
2.00	No.10
0.42	No.40
0.177	No.80
0.075	No.200

Normal Maksimum Boyut (mm, inç)	Deney Numunesi Ağırlığı (mm, inç)
4.75 (No.4)	0.50
9.5 (3/8)	1
12.5 (1/2)	2
19.0 (3/4)	5
25.0 (1)	10
37.5 (1 1/2)	15



Aggregate Gradation

*** Considerations:**

- Max. size < 1/2 AC lift thickness
- Larger max size
 - Increases strength
 - Improves skid resistance
 - Increases volume and surface area of agg. which decreases required AC content
 - Improves rut resistance
 - Increases problem with segregation of particles
- Smaller max size
 - Reduces segregation
 - Reduces road noise
 - Decreases tire wear

Definitions

- * Coarse Aggregate**
 - Retained on 4.75 mm (No. 4) ASTM D692
 - Retained on 2.38 mm (No. 8) Asphalt Institute
 - Retained on 2.00 mm (No. 10) HMA Book
- * Fine Aggregate.**
 - Passing 4.75 mm (No. 4) ASTM D1073
 - Passing 2.38 mm (No. 8) Asphalt Institute
- * Mineral Filler**
 - At least 70% Pass. 0.075 mm ASTM D242

Steps in Sieve Analysis

- **Part 1 - Washed sieve analysis**
 - Dry aggregate and determine mass
 - Wash and decant water through 0.075 mm sieve until water is clear
 - Dry aggregate to a constant mass

Washed Sieve



Steps in Sieve Analysis

Part 2 - Mechanical sieve analysis-

- Place dry aggregate in standard stack of sieves
- Place sieve stack in mechanical shaker
- Determine mass of aggregate retained on each sieve

Mechanical Sieve



Individual Sieve



Stack of Sieves

Mechanical Sieve

Stack in Mechanical Shaker



Gradations - Computation

Sieve	Mass Retained	Cumulative	
		Mass Retained	% Retained % Passing
9.5	0.0		
4.75	6.5		
2.36	127.4		
1.18	103.4		
0.60	72.8		
0.30	64.2		
0.15	60.0		
0.075	83.0		
Pan	22.4		

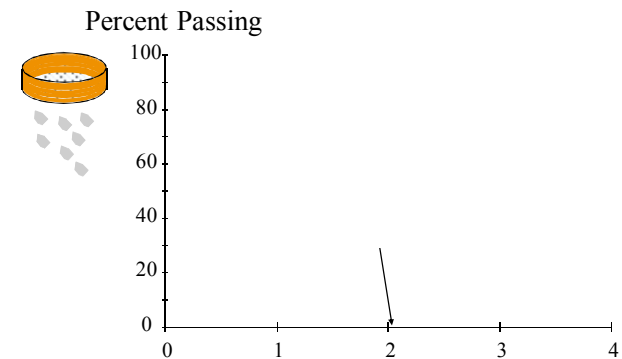
$$\% \text{ Retained} = \frac{\text{Cum. Wt Retained}}{\text{Original Dry Wt.}} * 100$$

$$\% \text{ Passing} = \left[1 - \frac{\text{Cum. Wt Retained}}{\text{Original Dry Wt.}} \right] * 100$$

Gradations - Computation

Sieve	Mass Retained	Cumulative		
		Mass Retained	% Retained	% Passing
9.5	0.0	0.0	0.0	100.0
4.75	6.5	6.5	1.2	98.9
2.36	127.4	133.9	24.8	75.2
1.18	103.4	237.3	44.0	56.0
0.60	72.8	310.1	57.5	42.6
0.30	64.2	374.3	69.4	30.6
0.15	60.0	434.3	80.5	19.5
0.075	83.0	517.3	95.8	4.2
Pan	22.4	539.7	100.0	0.0

0.45 Power Grading Chart



Aggregate Size Definitions

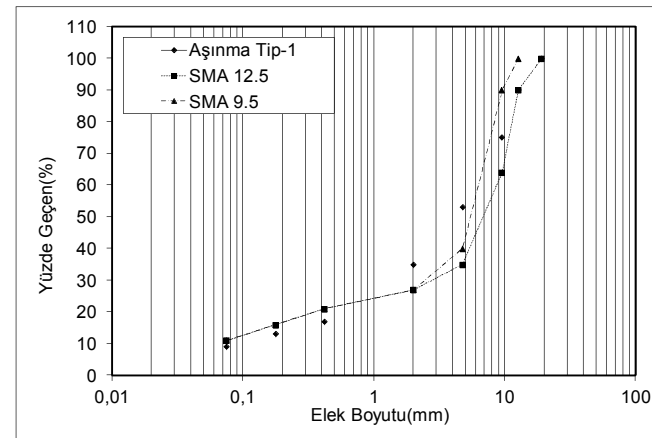
100		100
100		99
90		89
72	• Nominal Maximum Aggregate Size	72
65	– one size larger than the first sieve to	65
48	retain more than 10%	48
36		36
22	• Maximum Aggregate Size	22
15	– one size larger than nominal maximum	15
9	size	9
4		4

Tablo-407-1 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
0.180 mm (No. 80)	5 - 14
0.075 mm (No. 200)	2 - 7

Tablo-407-2 Aşınma Tabakası İçin Gradasyon Limitleri

Elek Boyu	TİP-1	TİP-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
0.180 mm (No. 80)	6 - 15	8 - 16
0.075 mm (No. 200)	4 - 10	4 - 10



Blending Stockpiles

- Basic formula for combining stockpiles to achieve a target gradation is:

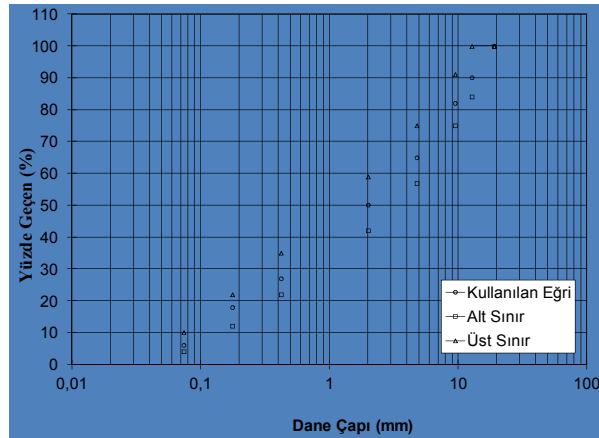
$$p = Aa + Bb + Cc + \dots$$

where:

p = percent of material passing given sieve size
 A, B, C, ... = percent passing given sieve for each agg.
 a, b, c, ... = decimal fraction of A, B, C, ... to be used

- Elde mevcut olan 3/4" –3/8", 3/8" – No. 10 ve No 4 – 0 boyutlarındaki 3 tip malzemenin elek analizleri yapılarak bu malzemelerden sırasıyla %10, %25 ve %65 oranında alınarak karışım gradasyonu elde edilmiştir.

Elek No	Elek Üstünde Kalan (g)			Yüzde Geçen (%)			Agreganın Harmanlanması			Sonuç
	1" – No. 4	3/4" – No. 10	No. 4 – 0	1" – No. 4	3/4" – No. 10	No. 4 – 0	1" – No. 4	3/4" – No. 10	No. 4 – 0	
1"	–	–	–	100	100	100	100×0.10+100×0.25	+100×0.65		100
3/4"	298	–	–	94	100	100	94×0.10	+100×0.25	+100×0.65	99.4
1/2"	2102	700	–	52	86	100	52×0.10	+86×0.25	+100×0.65	91.7
3/8"	2301	1137	–	6	77	100	6×0.10	+77×0.25	+100×0.65	84.9
No.4	299	3770	–	–	2	100	0×0.10	+2×0.25	+100×0.65	65.5



Bitümlü Karışımların Gradasyonlara Göre İsimlendirilmesi

- Açık gradasyonlu karışımlar;** ince agrega oranı çok az, boşluk yüzdesi fazladır.
- Kesikli gradasyonlu karışımlar;** malzeme, belirli elek aralarında fazla, belli elek aralıklarında hiç ya da çok azdır. Bu tür karışımlar pürüzlü bir yüzey oluştururlar.
- Yoğun gradasyonlu karışımlar;** agrega gradasyonu düşük boşluk verecek şekilde süreklilik gösterir. Yüzey pürüzlülüğü azdır.
- Harç tipi karışımlar;** ince malzeme oranı fazla ve kaba malzeme ince malzeme-bitüm karışımı içinde dağılmış haldedir. Bu karışımlarda boşluk oranı az, pürüzlülük azdır.

Bitümlü Karışımlar İçin

Types of Gradations

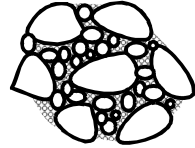
* Uniformly graded

- Few points of contact
- Poor interlock (shape dependent)
- High permeability



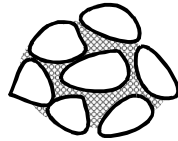
* Well graded

- Good interlock
- Low permeability



* Gap graded

- Only limited sizes
- Good interlock
- Low permeability



Deney sonunda tüm agrega tanelerinin soyulmamış yüzeylerinin bütün yüzeye oranı, soyulmaya karşı dayanıklılık olarak verilir.



Soyulma Mukavemeti Deneyi (KTŞ Kısım 403 Ek-A)

Soyulma deneyinde, su ve sıcaklık etkisiyle agrega bitüm adezyonundaki azalma belirlenir. Soyulma miktarı, kullanılan agrega cinsine (kalker, bazalt, gibi) ve bitümlü bağlayıcı tipine bağlıdır. Soyulma mukavemeti düşük agregalarda, kullanılacak asfalt çimentosuna katkı maddeleri deneyle belirlenen oranda katılarak, soyulma mukavemeti artırılır.

Aynı agrega ile menşei farklı, fakat aynı bitüm sınıfında (Örneği; 50/70 pen) yer alan bitümlü bağlayıcı ile deney yapıldığında dahi soyulma miktarı değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle, uygulama sırasında şantiyeye gelen her parti bitümlü bağlayıcı ile soyulma deneyi yapılmalı ve soyulma mukavemeti artırıcı katkı maddesi gerekip gerekmediği ve gerekli ise oranı doğru olarak belirlenmelidir.

Cıalanma Değeri Deneyi: (TS EN 1097-8)

Bu deney, agreganın, trafik altında sürtünme ile aşındırıldığında ne dereceye kadar cıalanacağı belirlenmek amacıyla yapılır. Laboratuvarında yol yüzeyine benzer koşullar oluşturularak, agreganın cıalanma değeri tayin edilir. Deneyde 10 mm'lik BS eleğinde geçip 10-14 mm'lik yassılık eleğinde kalan agrega kullanılır. Bu agregalardan briketler hazırlanarak, cıalandırma makinesinde hızlandırılmış aşınmaya maruz bırakılır. Daha sonra sürtünme aleti ile cıalanma değeri ölçülür.

Sert ve pürüzlü agregalarda, (bazalt, granit, v.b) cıalanma değeri yüksektir. Çok sert olmayan ve pürüzlülüğü az olan agregalarda (kalker gibi) cıalanma değeri düşüktür. Cıalanma değeri yüksek agregalar ile yapılan kaplamanın pürüzlülüğü ve buna bağlı olarak kaymaya karşı direnci fazladır. Ancak kaymaya karşı direnç gradasyona ve karışım tipine de bağlıdır.



6) Vialit Yöntemi İle Yapışma Deneyi (KTŞ Kısım 403 Ek-B)

Bu deney sathi kaplama mıcıru olarak kullanılacak agregata ile bitümlü bağlayıcı arasındaki yapışmanın, suyun etkisi ile azalmasını görel olarak değerlendirilmesi amacı ile geliştirilmiş bir deneydir.



Cihazlar:

Çelik Deney Levhaları : 200 x 200 x 3 mm boyutlarında düz çelik levha.

Mekanik Mıcır Serici: Metal bir tabla üzerine, 9 cm yükseklikte oturtulmuş 100 bölmeli bir kafes sistemi ile bu kafesin altındaki oyuklara yerleştirilip çıkarılabilen hareketli metal levhadan oluşmuştur.

Silindir: Lastik bandajlı laboratuvar silindiridir.

Deney Cihazı: Üç ayar vidası ile yatay duruma ayarlanabilen, taban üzerinde deney levhalarının oturtulacağı üç sivri çubuk ile dört köşebent ve çelik bilyelerin 50 cm yükseklikten serbest düşüşünü sağlayacak dikey bir borudan oluşmuştur.

Çelik Bilye: 500 ± 5 gr ağırlığında ve 50 mm çapında.

