

Alparçelioplu, 2

SERİ
SERIE **B**

CİLT
TOME **XXIV**

SAYI
FASCICULE **I**

1974

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ORMAN FAKÜLTESİ
DERGİSİ

REVUE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES FORESTIÈRES
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



ORMANLARDA TOPRAK YOLLARIN STABİLİZE EDİLMESİ

Yazan :

Prof. Dr. Faik TAVŞANOĞLU

GİRİŞ

Son zamanlarda toprak yollar üzerine, yapımının süratli, ekonomik aynı zamanda yeteri kadar dayanıklı olduğu gerekçesiyle bu yollar usul ve tekniğine uygun olarak stabilize edilmektedir. Stabilize edilen yolların bakımlarının gereği gibi sağlanması ve bunlar üzerindeki nakliyatın lâstik tekerlekli taşıtlarla yapılması halinde taş ya da beton kaplamalı yollar kadar dayanıklı olduğu anlaşılmıştır.

Ormanlarda toprak yolların stabilize edilmesinde kullanılan malzeme, yol boyunca varolan toprağa (yolun toprağına) karıştırılan malzeme olup bu malzeme ya yolun iki tarafında ve yakınında bulunan ve yola kadar kolaylıkla getirilebilen, yerine göre çakıl, kum v.s. gibi dane büyüklüğü bakımından iyi sıralanmış topraklar; ya da kil ve balçık gibi bağlayıcı topraklar; veya kireç, çimento, katran ve bitüm gibi yüksek değerde bağlayıcı maddeler (stabilizatorlar) dir. Bu malzeme ya da, maddeler yolun toprağına karıştırıldıktan sonra, gerektiği kadar sıkıştırılmak suretiyle yol stabil duruma getirilir. Bu suretle stabilize edilen toprak tabakası hem trafiğin dinamik etkisine ve hem de yağmurun, güneşin etkisine karşı dayanıklı duruma gelmektedir.

Karıştırılan ve gereği kadar sıkıştırılan toprakların yarılmaya ve çatlamağa karşı direnci daneli malzemede (çakıl, kum v.s.) daneler arasındaki sürtünmeye; oysa bağlayıcı topraklarda (kil, balçık) toprağın su muhtevasına bağlı olarak daneler arasındaki karşılıklı çekim kuvveti ile (Koheziyon) sıkı bir biçimde ilgilidir. İşte birbiriyle karıştırılması gereken çakıl, kum v.s. gibi iri daneli topraklarla kil ve balçık gibi ince daneli topraklar birbiriyle optimal bir oranda karıştırıldığı takdirde sürtünme direnci ve kohesiyon birbirini tamamlamaktadır.

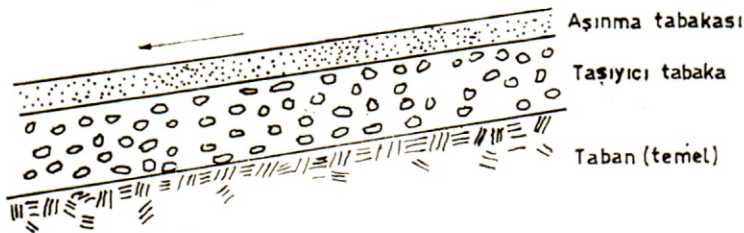
Bu açıklamalardan, bağlayıcı olmayan toprakların taşıma yeteneğinin dayandığı sürtünme direncinin uygun bir dane büyüklüğü sı-

ralanması ile sağlanabileceği anlaşılmaktadır. Zira ancak bu takdirde büyük danelerin arasındaki boşlukları daha küçük olan daneler doldurmakta ve bu sayede aralıksız ve sıkı (kompakt) bir tabaka meydana gelmektedir.

Köşeli ve kenarlı daneler birbiriyle yuvarlak olanlardan daha iyi kaynaşırlar.

Dane büyüklüğü sıralanması bakımından uygun strüktüdeki bir toprak, buna bir kil bağlayıcının ilâvesiyle daha da düzeltilebilir. Bunun için kil bağlayıcının, mineral daneleri hafifce çevrelemesi yeterli olmaktadır. Burada kil bağlayıcının hacim olarak payı en fazla % 5 dir. Uygun bir biçimde hazırlanan karışım, toprağın nemi optimal oranda olduğu zaman sıkıştırılmalıdır. Taşıyıcı tek tabakanın sıkıştırılmış olarak kalınlığı 12 cm'yi geçmemelidir. Söz konusu tabakanın daha kalın olması gerektiği yerlerde ilk tabakanın üzerine ikinci bir tabaka getirilerek sıkıştırılması gerekmektedir. Sıkıştırılmış bir tabakanın içindeki en iri danenin büyüklüğü genellikle 50 mm yi geçmemelidir. Yapım sırasında toprağın su muhtevası kontrol edilmelidir. Donlardan etkilenen kil ve balçık gibi ince daneli topraklar, donma sırasında çevrelerindeki suyu kendilerine doğru çekmekte ve don süresince bunların içinde buz mercikleri oluşmaktadır ki bu mercıklar de alttaki tabakalardan su çekmeğe devam etmektedir. Oysa donma ve bunu izleyen çözülme sonucunda toprak taşıma yeteneğini kayıp etmektedir. Bu sebeple yollar boyunca özellikle donun etkili olduğu ıslak mesafeler itina ile drene edilmelidir. Kışa doğru donların başlamasıyla yollar üzerinde ağır yüklerin taşınmasına son verilmelidir.

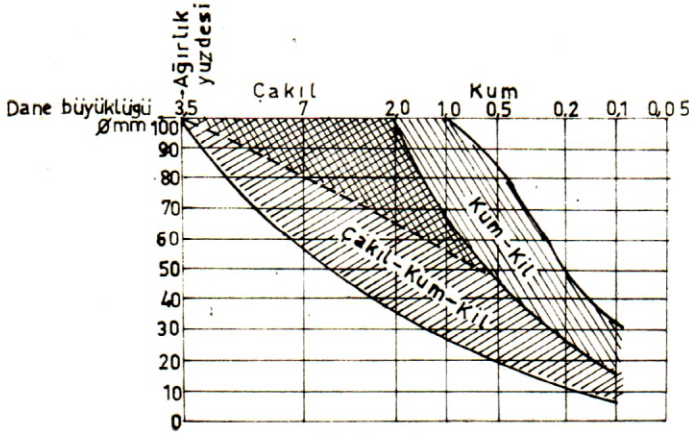
Toprak yolun stabilize edilmesi sırasında en üstteki tabakayı teşkil eden malzemeye (üstteki aşınma tabakası) bir miktar bağlayıcı malzeme ilâve etmelidir (Resim 1) . Bununla beraber, örneğin kil bağlayıcının payı % 3 - 6 yi geçmemelidir. Kil bağlayıcının payı yol boyunca söz konusu olan mesafelerin nemli (gölge altında) ya da kuru



TABANI (TEMEL) VE YOL ÜSTÜNÜ OLUŞTURAN TABAKALAR

olmasına göre değişmektedir. Genellikle dane büyüklüğü iyi sıralanmış 0-8 (12 mm) olan malzeme kullanılmaktadır. Bu yollarda makineli bakım şarttır.

Toprağın sıkıştırılmasında başarılı olabilmek için, önce bir laboratuvarında toprağı; önemli olan faktörler bakımından muayene etmek ve uygulamada bu mayene sonuçlarına bağlı kalmak şarttır. Kaba daneli topraklarda dane büyüklüğü birleşimi, toprağın normlanmış bir elekten geçirilerek analizinin yapılması suretiyle tayin edilir. Kaba daneli topraklar, danelerin çaplarına göre: kaba çakıl ve taşlar (60 mm), çakıl ve çakılımsı topraklar (20-60 mm) ve kum 0.06-2.0 mm) olarak ayırt edilir. Dane dağılım eğrisi, dane büyüklükleri apsis olarak ve logaritmik bir ölçekle¹⁾; çeşitli büyüklükteki danelerin % deki oranları ise ordinat olarak fakat lineer bir ölçekle işaretlenmek suretiyle elde edilir (Resim 2) .



Resim 2

1) Logaritmik ölçek: Topraklarda dane dağılımını göstermek üzere hazırlanan grafiklerde, grafiğin uygun bir boyutta olması ve fazla yer kaplamaması için, toprak içindeki dane büyüklük gruplarının ağırlık payları yüzde (%) olarak ve birbirinden 10'ar 10'ar farketmek üzere lineer bir ölçekle ordinat ekseninde; bu grublardaki dane büyüklükleri (mm) ise logaritmik bir ölçekle absis ekseninde işaret edilmektedir. Şöyle ki :

Grafikte absis ekseninde boyunca sıralanmış olan 0,05, 0,1, 0,2, 0,5, 1, 2, 7, 35 değerleri grublardaki dane büyüklüklerini (mm), bu eksen üzerindeki absis uzunlukları ise bu değerlerin logaritmalarının farklarıdır. Yani :

- $\log 0,1 - \log 0,05 = \log 2 = 0,301102$ grafikte 7 mm ile gösterilmiştir.
- $\log 0,2 - \log 0,1 = \log 2 = 0,301102$ grafikte 7 mm ile gösterilmiştir.
- $\log 0,5 - \log 0,2 = \log 2,5 = 0,39794$ grafikte 9 mm ile gösterilmiştir.
- $\log 1 - \log 0,5 = \log 2 = 0,301102$ grafikte 7 mm ile gösterilmiştir.
- $\log 2 - \log 1 = \log 2 = 0,301102$ grafikte 7 mm ile gösterilmiştir.
- $\log 7 - \log 2 = \log 3,5 = 0,54407$ gramikte 12 mm ile gösterilmiştir.
- $\log 35 - \log 7 = \log 5 = 0,69896$ grafikte 66 mm ile gösterilmiştir.

İnce daneli topraklarda dane dağılımı, *çamur analizi* ile tayin edilir ki, bu analiz bu topraklarda dane dağılımını çok ince daneli (0.002-0.06) ve kil (0.002 mm) olarak vermektedir.

Proctor-Denemesi toprağın, en iyi bir biçimde sıkıştırılması için, ihtiva etmesi gereken su miktarını vermektedir. Yapı yerinde, toprağın optimal su muhtevası çok kez CM-Aleti ile tayin edilmektedir.

Bu arada ayrıca bir toprağın, ya da bir toprak karışımının plastisitesinin de tayini gerekmektedir. *Plastisite sayısı, akma ve yuvarlama sınırları* arasındaki farktır. *Akma sınırı akıcı ve plastik durumu; yuvarlama sınırı plastik ve yarı katı durumu sınırlamaktadır.* Bir toprağın plastisitesi, içindeki kil yapıştırıcının miktarına bağlıdır. Toprak ne kadar yapışkan olursa, plastisitesi de o kadar yüksek demektir.

Kuru durumdaki toprağın yoğunluğunun belirlenmesinde birim hacimdeki toprağın ağırlığı önemli olup bu yoğunluk söz konusu topraktan *alınan örneğin ağırlığı* ile *hacmi arasındaki* ilişkidir.

Toprağın organik madde muhtevası, onun yol inşaatında kullanılıp kullanılmayacağını göstermektedir. Bu muayenede en az 30 kg. toprak kullanılmalıdır.

Yolun taşıma yeteneği, tesbit edilen koşullara göre plat yükleme denemesi ile tayin edilir. Bu denemede demir bir plâka hidrolik basınç ile toprağa bastırılarak toprağın bu basınçla yüklenmesi ve oturması ölçülmektedir.

I — TOPRAK YOLLARIN MEKANİK OLARAK STABİLİZESİ

Yolun toprağının doğal olarak uygun bir biçimde sıralanmış malzemenin (kum ve çakıldan) oluşması halinde, bu toprak, başka birşey karıştırmadan doğrudan doğruya sıkıştırılarak stabilize edilebilir.

Yol, yolun dışından getirilecek malzeme ile stabilize edilecekse, önce bu yolun tabanı ya pulluk ve tırmıkla ya da greyderle hafifce gevşetilir ve bunun üzerine stabilize malzemesi serildikten sonra karıştırılır.

Greyderin toprağı karıştırması şöyle olmaktadır: Greyderin oldukça uzun olan bıçağının alt kenarı ile gevşetilen toprak, bıçağı, yukarı tırmanmakta ve bıçağın eğik durumda olmasından dolayı, bıçak boyunca spiraller halinde aşağıya doğru kaymaktadır. Bu sayede toprak tabakaları ileriye doğru aktarılmakta ve karışım kolaylıkla olmaktadır.

dır. Daha iyi bir karıştırma büyük tırmıklarla sağlanmaktadır. Bu tırmıklar toprağı 2 m genişliğinde ve 45 cm derinliğinde karıştırmaktadır.

Toprağın iyice karışması sağlandıktan sonra sıkıştırılmasına başlanır. Sıkıştırma ile, toprak içinde stabilizasyon tekniği bakımından bulunması arzu edilmeyen boşluklar, mümkün olduğu kadar ekonomik bir biçimde giderilmeye çalışılır. Bu maksatla bilinen sıkıştırma gereçleri kullanılmaktadır ki, bunlar belli toprak tiplerine ve toprağın nem muhtevasına göre az-çok değişik olmaktadır.

Toprak yollarda suların usulünde akıtılması yolun varlığı ve sürekliliği bakımından büyük önem taşımaktadır. Yol kaplamasının direnci, bağlayıcı malzemenin kil olduğu yerlerde, toprağın su muhtevasının artmasıyla zayıflamaktadır. Bu nedenle yolun enkesiti suları iyi akıtabilecek biçimde olmalıdır. Toprak yollarda enine eğim enaz % 6 oranında olmalıdır.

Bakımı iyi olmayan bir toprak yol oldukça kısa bir zaman sonra hemen tamamiyle bozularak kullanılmaz bir duruma gelmektedir. İşte bu yollarda makine ile yapılan bir bakım, yolu bütün yıl yararlanılabilir bir duruma getirmektedir. Bu bakımdan yolun üstünde meydana gelmiş çığırların ve çukurlukların ve öbür bozuklukların doldurularak düzeltilmesi için yolun üstünden yağışlı değil fakat nemli havalarda birkaç kez greyder geçirmek gerekmektedir. *Kuru havalarda yolun üstünden greyder geçirmek katiiyen doğru değildir.*

Yol boyunca hendek, menfez v.s. gibi suları akıtmağa yarayan yapıların iyi ve çalışır durumda tutulması lâzımdır. Yolun üstünde donlardan zarar görmüş yerlerin de düzeltilmesi gerekir. Aşınmış olan yol kaplamasının onarımında *yolun üstünde meydana gelmiş toz ve toprağın çukurluk ve çığırların doldurulmasında kullanılması da asla caiz değildir.* Bu maksatla taze karıştırılmış ve dane büyüklüğü bakımından iyi sıralanmış ve uygun bir duruma getirilmiş malzeme kullanılmalıdır. Ayrıca yol üstünü düzgün ve iyi bir durumda tutmak için sonbaharda özel tedbirler almak gerekmektedir. Zira, yukarda da belirtildiği gibi, yolun varlığı ve sürekliliği önemli oranda bu tedbirlerin alınmasına bağlıdır. Kışa doğru yılın ilk karının düşmesiyle beraber yolun düzeltilmesine ve profile edilmesine son verilmelidir. Zayıf dirençli toprak yolların dayanıklılığını arttırmak için, nakliyatta lâstik tekerlekli taşıtlar kullanılmalıdır. Zira lâstik tekerlekler daha geniş ve elâstik olduğu için yaptıkları basınç da daha az ve daha yumuşaktır.

Düz arazideki doldurular üzerinde yolun üstü zeminden enaz 30-40 cm yüksek olmalıdır. Zeminin kum ve kumlu balçıktan oluştuğu yerlerde bu yükseklik en az 50-60 cm olmalıdır.

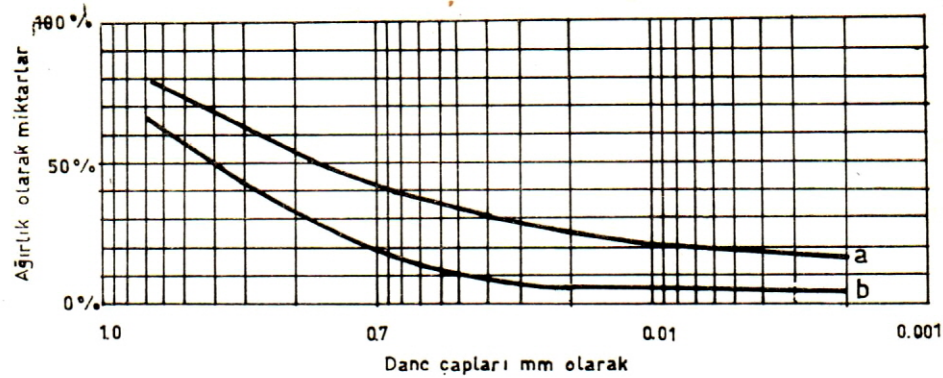
Yan ve daha az önemli yollar için, hiç şüphesiz daha ucuz olan usuller sözkonusu olabilir ki, bu da yol üstünün yavaş yavaş iyileştirilmesi suretiyledir. *Yolun toprağının saf balçıktan ya da saf kumdan oluşması halinde istenilen durum meydana gelinceye kadar yola yavaş yavaş kum dolayısıyla balçık atılır.*

Çoğu kez önce yolun üstü gerektiği kadar düzeltilerek, bir yağmurdan sonra balçıklı topraklarda yola 3-5 cm kalınlığında kum *ya da kumlu topraklarda 2-3 cm kalınlığında balçıklı toprak serilir ve en iyisi nemli havalarda sıkışmaya terkedilir. İlk tabaka iyice sıkıştıktan sonra bunun üzerine ikinci ve hatta üçüncü tabaka getirilebilir.* Böylece zamanla iyi bir toprak yol kaplaması elde edilir.

USA Breau of Public Roads kil-kum bağlantılı yollarda kullanılan toprağın dane büyüklüğü bakımından birleşimini aşağıda görüldüğü gibi vermektedir:

Dane çapı	Ağırlık olarak miktarlar (%)	
	1. Kalite	2. Kalite
0,05 mm	67 - 80 (40 - 60)	60 - 70 (40 - 60)
0,05 - 0,005 mm	0 - 15	10 - 20
0,0005 mm	9 - 18	15 - 25

Genellikle killi kum topraklarda dane dağılımı, Resim 2 de görüldüğü gibi, a ve b eğrileri arasında kalmaktadır. Yol üstünün, kamyon trafiğine göre daha dirençli olmasının gerektiği at arabaları trafiğinde toprakta dane büyüklüğü bakımından a eğrisine uyan bir dağılım tercih edilmelidir (Resim 3) .



KİL-KUMLA STABİLİZE EDİLEN YOLLARDA UYGUN OLAN DANE DAĞILIMI

Resim 3

Toprağın dane birleşiminin doğal olarak uygun olduğu yerlerde, bu toprağı doğrudan doğruya stabilize etmek mümkündür (Topsoil roads). Bunun böyle olmadığı yerlerde, kil-kum kaplamanın yapılmasında aşağıdaki gibi hareket edilir: doğal olarak varolan toprak bir pullukla sürülür. Sonra karıştırılacak malzeme sürülmüş zemin üzerine serilerek toprakla karıştırılır. Uygun olan karışımın elde edilmesinden sonra, bağıntıyı çabuklaştırmak için sulanır. Karıştırmayı izleyecek olan sıkıştırma ise trafige bırakılır. Yolun üstünden silindir geçirilmez; fakat yol üstünün iki ay süre ile düzeltilmesine devam edilir.

Bağlantının iyi olmadığı zeminlerde (kumlu zeminler) yolun zemini sürülmez. Bu zeminlerde yolun üstüne bağlayıcı malzeme serildikten sonra nemlendirilir ve tapanlanır.

Bu gibi kil-kum bağlantılı yollarda yıllık aşınma payı, yoldan hergün 400-600 kamyon ve arabanın geçmesi halinde yaklaşık olarak 13-25 mm arasındadır.

II — TOPRAK YOLLARIN KİREÇLE STABİLİZESİ

Toprak yolların kireçle stabilizesi, yol boyunca varolup oturmuş, ya da başka bir yerden taşınarak yola serilmiş toprağın optimal su muhtevasıyla birlikte kireçle karıştırmak ve sıkıştırmak suretiyledir.

Bu usulle yolun üst taşıyıcı tabakaları stabilize edilebildiği gibi, bu tabakaların altındaki taban da (Temel) ıslâh edilebilir. Bunun dışında, stabilizeye doğrudan doğruya elverişli olmayan topraklar (ufa-

lanması ve karıştırılması zor olan topraklar ya da fazla bağlayıcı madde isteği olan topraklar) *hidrolik*, ya da *bitümlü bağlayıcılarla* sıkıştırılmaya elverişli hale getirilebilir. Kirecin içindeki serbest kalsiyum oksit (CaO) ve magnezyum oksit (MgO), bağlayıcı topraklardaki kil minerallerin reaksiyon yolu ile süratle ufalanmasına yardım etmektedir. Bu usulle toprak strüktürü değiştirilebilmekte, toprak daha kolay ufalanmakta ve kırıştırılabilmektedir. Kireç katkı, trafiğin etkisiyle bağlayıcı maddelerin aşağıdan yukarıya doğru çıkmasını engellemektedir. Toprağın çok ince ve ince dane muhtevası azalmaktadır. Toprağa, yüksekce su muhtevası ile bile, kireç karıştırılmakta ve sıkıştırılabilmektedir. Sıkıştırılmış tabakalarda kapillarite zayıflamaktadır. *Ka-barma* ve *büzülme* önemli oranda azalmakta ve donmağa karşı emniyet yükselmektedir.

Bunun dışında belli kil mineralleri ve aktif silis asitleri gibi su-landırıcı faktörlerin varlığıyla uzun bir zaman alan hidrolik sıkışma meydana gelmektedir. Bu maddelerin hiç, ya da yeteri kadar bulunmaması halinde, bunların yerine toprağa kireç, trass, granüle yüksek fırın cürufu, ya da benzeri malzeme verilebilir.

İnce kirecin kullanılması sırasında işçiler özel gözlüklerle ve toz geçirmez elbiselerle korunmalıdır. İnce kireç, kirecin kalk hidrata dönüşmesi sonucunda toprağın su muhtevasını azaltmaktadır. Kirecin sönmesi sırasında meydana gelen sıcaklık buharlaşmayı arttırmaktadır.

Fabrikasyonla elde edilen kalk hidrat ince kuru ve toz halindeki sönmüş kireçtir. Bu madde toprağın su muhtevasını azaltmakta, fakat ince kirecin elverişli bağlayıcı etkisine sahip bulunmaktadır. Proctor'a göre bu madde, toprağın su muhtevasının sıkıştırma için optimal miktara yakın olması halinde kullanılmaktadır. Dane büyüklüğü iyi sıralanmış ve yapıştırıcısı olmayan ya da zayıf yapıştırıcısı olan ve veznen % 35 den daha az miktarda bağlayıcı kısımlar ihtiva eden çakıl, kum, hidrolik kireçle stabilize edilebilir. Bu madde toprak daneleri arasında hariç gibi bir rol oynamaktadır.

Dane sıralanması iyi olmayan kum, Moor ve torf stabilize için elverişli değildir. Yapılan kaplamanın kalınlığı 12-20 cm dir. Kireçle stabilize edilmiş üstteki taşıyıcı tabakaları korumak üzere, yolun üstüne *aşınma tabakası* denilen bir tabaka getirilmelidir. Bu tabaka, altındaki tabakaları trafiğin etkisiyle aşınmaktan korumakta ve bu tabakaların havalanmasını engellemeden yolun üstüne gelen suları akıtmağa yaramaktadır. Toprak yollarda en iyi bir kaplama dane büyüklüğü iyi sıralanmış bir kum tabakasıdır.

Bir toprak yolun kireçle stabilize edilmesinde kullanılan alet, gereç ve makineler ise şunlardır:

Yolun temel zeminini düzeltmek için: (buldozer, greyder) ;

Toprağı karıştırmak için çeşitli tiplerdeki *karıştırıcılar*;

Karıştırılmış toprağı *profile etmek için gerekli makineler* (greyderler);

Toprağı sıkıştırmak için lüzumlu makineler (lâstik tekerlekli silindirler);

Kurak havalarda lüzumlu suyun taşınması ve dağıtımı için su tankları;

Toprağın fiziksel özelliklerini tayin etmek ve inşaat işlerini kontrol etmek için bir *laboratuvar* ve *şantiye*.

Toprağa katılması gereken kirecin miktarı, toprak muayene yerlerinde daha önce yapılacak denemelerle tayin dilir. Dozajı belirleme araçları bulunmadığı takdirde bu maksatla gübre ya da mıcır saçanlardan faydalanılabilir.

Bir yolun kireçle stabilizesi için pratik olarak aşağıdaki tarzda hareket edilir;

Kireçle dolu torbalar yola kadar getirilerek yolun üzerine dağıtılır. Torbalar yırtıldıktan sonra kireç *tırmıklarla* ya da bir *tapanla* yol üzerine yayılır. Karıştırma işi, kireç ve toprak karışımının her noktada mütecanis bir renk almasına kadar sürer. Dar yollarda karıştırma için küçük tırmıklar yeterli olmaktadır.

Kireçle stabilize toprağın optimal su muhtevasını tesbit etmek için CM-aletinden faydalanılabilir ki, bu alet Karpit-Metodu ile toprağın su muhtevasını tayin etmeğe yaramaktadır.

Toprağın su muhtevasının tayininde, Proctor yoğunluğu, elverişli olan değer altında kaldığı takdirde eksik kalan su, toprağı kireç karıştırmadan önce yada sonra verilmelidir.

Üstteki taşıyıcı tabakalar için % 3-7 oranında ince kireç ya da kalk hidrattan oluşan bir ilâve yeterli olmaktadır. Çok ağır ve yüksek plâstisiteli toprakların stabilizesi için toprağa veznen % 5-9 oranındaki bir kireç katkı ile sonuç alınamazsa bu toprağın kireçle stabilizesi mümkün değildir demektedir. Yol boyunca yolun temel zemininin ıslâhı için çok kez veznen % 2-3 kısım kireç yeterli olmakta ve hidrolik ki-

reçten ise daha fazla katmak gerekmektedir. İnce kireç ya da hidrolik kirecin karıştırılmasından sonra, toprağın hemen düzeltilmesi ve sıkıştırılması ve sertleşme başlayıncaya kadar bu işlerin bitirilmesi gerekmektedir. Toprağın optimal su muhtevası sıkıştırmadan önce kontrol edilmeli ve sıkıştırma bitinceye kadar bu kontrol sürdürülmelidir.

Toprağın su muhtevasının fazla olması sıkıştırmayı engellemekte, buna karşı toprağın su muhtevasının az olması daha fazla bir sıkıştırmayı gerektirmektedir.

Yetersiz bir sıkışma, toprağın taşıma yeteneğini ve hava değişikliklerine karşı direncini azaltmaktadır.

Kireçle stabilize edilen toprak tabakaları, sıkıştırmanın sona ermesinden sonra 7 gün süre ile kurumaktan korunmalıdır. Bu maksatla stabilize edilmiş tabakaların üstüne hemen aşınma tabakasının getirilmesi, ya da stabilize edilen tabakaların bir su arabası ile ara sıra sulanarak nemli tutulması suretiyle bu tabakaların çabuk kuruması önlenmelidir.

Kireçle stabilize edilen yolların üzerinden geçirilen bir taşıtın tekerleklerinin yolda iz bırakmadığı anlaşıldıktan sonra, yol trafiğe açılır. İnce kireçle, ya da kireç hidratla stabilize edilen yolların üzerinden, sıkıştırmanın sona ermesinden sonra hafif ve lâstik tekerlekli taşıtlar geçirmelidir.

Yolun stabilize edilmesi sırasında, toprağa sürekli olarak bağlayıcı malzeme verilmesi, iyi bir karışım için öngörülen tabaka kalınlığının ve optimal su miktarının korunması, yeterli bir sıkışma derecesine ulaşılması için, yol üstünün düzgün tutulması ve sürekli olarak kontrol edilmesi gerekmektedir.

III — TOPRAK YOLLARIN ÇİMENTO İLE STABİLİZE EDİLMESİ

Toprak yolların çimento ile stabilizesinde her normdaki çimento kullanılabilir. Bu maksatla çimento dolu torbalar yola kadar getirildikten sonra yolun üzerine dağıtılır. Kullanılacak suyun çok kirli olması lâzımdır. Dar yollarda çimento tırmıkla ya da çapa ile yola serildikten sonra karıştırılır ve bu arada toprağa yavaş yavaş su verilir. Yolun profile edilmesi çok kez greyderle, toprağın sıkıştırılması lâstik tekerlekli silindirle, ya da tokmaklarla olmaktadır. Toprağa karıştırılan çimento toprak kısımlarını birbirine o suretle bağlar ki, çimentonun sertleşmesinden sonra adeta taş gibi sert bir tabaka meydana ge-

lır. Bu tabaka, kaplamanın tabanı üzerinde 15-17 cm kalınlığında geniş taşıyıcı bir tabakadır. Bu sayede trafiğin ağırlığı eşit olarak bu tabakanın her tarafına dağılmaktadır. Ancak tabanın daha önce iyi sıkıştırılmış ve drene edilmiş olması lâzımdır.

Laboratuvar denemeleri ile, stabilize edilecek toprak tabakasının kalınlığına göre gerekli olan çimento miktarı kg/m^3 olarak ve optimal su miktarı % olarak tayin edilir. Çimento ile stabilize için en iyi olarak çakıl-kum topraklar uygundur. Bu topraklar sadece 80-120 kg/m^3 çimentoya ihtiyaç göstermektedir. Çimento ile stabilize edilmiş çakıl-kumdan oluşan taşıyıcı tabakaların, dane büyüklüğü iyi sıralanmış olduğu takdirde basınç direnci 120 kg/cm^2 ye kadar yükseltilebilir.

Kum ve balçıklı-kum da çimento ile iyi stabilize edilebilmektedir. Hatta, bu topraklar % 20 oranında yıkanabilir kısımları ihtiva etse bile kolaylıkla karıştırılabilmekte ve 120-160 kg/m^3 oranında çimento istemektedir. İnce ve mütecanis daneli olanlar 120-200 kg/m^3 çimento istemektedir. Bu topraklar çimento ile iyi stabilize edilmektedir. Yağlı balçık ve kil gibi iyi ufalanmayan topraklar çok miktarda çimento istemektedir. Ayrıca bu toprakların, özel karıştırıcılarla birçok kez gidip gelmek suretiyle iyice karıştırılması gerekmektedir. Bu toprakların stabilizesinde başarı 1/5 - 1/3 oranında düşüktür. İyi ufalanabilen topraklar 120 - 200 kg/m^3 , ya da daha fazla çimento isterler. Torf ve ümüs gibi organik maddeler ihtiva eden topraklar çimento ile stabilize için elverişli değildir. Zira böyle topraklarda çimentonun hidrasyonu gecikmekte, ya da tamamiyle engellemektedir. Bazı şıklarda bu topraklar, bunlara veznen 0,6 - % 1 oranında katılacak kalsiyum kloritle neutralize edilebilir.

Stabilize edilecek toprak yollarda, yoğun trafikten ötürü taşıyıcı tabakanın kalınlığının 20 cm yi aşmasının gerektiği yerlerde, her tabakanın kalınlığı 10 cm. den az olmamak şartıyla, birbiri üstüne birkaç tabaka getirilebilir. Bu takdirde alttaki tabakada daha az çimento kullanılabilir. Çatlakların meydana gelmemesi için, bazen, sıkıştırmadan hemen sonra, stabilize edilen tabakada bıçakla 5 cm derinliğinde yarıklar açılır. Silindirlemenin tekrar edilmesinden sonra bu yarıklar yüzeysel olarak kapanır. Fakat tabakanın sertleşmesinden sonra bu yarıklar tekrar belirerek tabakanın bütün derinliğince ilerlerler.

Az miktarda çimento ile yol kaplamasının tabanı da ıslâh edilebilir.

Çimento ile stabilize bütün iş safhaları sırasıyla ve iyi bir biçimde birbirini izlemelidir. Zira bilindiği gibi, çimento birkaç saat içinde sertleşmektedir. Bu sebeple bir defada 600 m den daha uzun bir

yol kısmı çimentolanmamalıdır. Her çalışma gününün sonunda yolun eksenine dik yönde bir derz bırakmalıdır.

Çimento ile stabilize edilmiş taşıyıcı üst toprak tabakaları ayrı bir *aşınma tabakasıyla*, orman yollarında örneğin 3,5 cm kalınlığında bitümlü bir tabaka ile kaplanmalıdır. Bu tabaka suyun buharlaşmasını bir süre (14 gün kadar) engellemektedir. İlk günler bu işin yapılması için elverişli olmaktadır. Özellikle kuvvetli kurutucu rüzgârların esdiği zamanlarda ve fazla güneşli günlerde bu işin yapılması gecikmemelidir. Yolun üzerinde, trafiğe bu 14 günlük süre geçtikten sonra izin verilmelidir.

Çimento ile toprağın stabilize edilmesi için önce toprağın bir laboratuvar muayenesi gerekmektedir. Bu muayenede, örnek olarak alınan toprak kısmına karıştırılması gereken en az çimento miktarı tayin edilir. Bu muayenenin yapılması sırasında karıştırmada meydana gelen kimyasal ve fiziksel olaylara, sıkıştırmadan sonra toprak ve çimento karışmasında kayıtlı edilen olaylara ve özellikle optimal su miktarına dikkat edilmelidir. Genellikle son safhada buharlaşma ile kayıp olup giden suyun yerini tutmak üzere toprağa az miktarda su verilmesi gerekmektedir. Zira topraktaki suyun yetersiz olması halinde, sıkıştırılmış tabakanın sulanması suretiyle bir denge sağlanması ihtimali artık pek zayıflamaktadır.

IV — TOPRAK YOLLARIN BITÜMLÜ BAĞLAYICILARLA STABİLİZE EDİLMESİ

Toprak yolların bitümlü bağlayıcılarla stabilizesinde nisbeten az miktarda bitümlü bağlayıcı (katran ya da bitüm) uygun durumdaki toprağa karıştırılır. Bu sayede taşıma yeteneği iyi olan ve sudan etkilenemeyen bir tabaka elde edilir. Genellikle bu tabakalar yolun taşıyıcı üst tabakalarıdır. Bununla beraber yolun tabanı da bitümlü maddelerle islâh edilebilir. En az % 20 oranında kum ihtiva eden çakıllı topraklar, kumlu topraklar, ince daneli topraklar ve yapışkan topraklar bitümlü maddelerle stabilize edilebilir. İnce daneli toprakların içinde dane büyüklüğü 0,06 olan kısım % 60 dan fazla olmamalıdır.

Bağlayıcı madde olarak *yol katranı*, *soğuk katran*, *soğuk bitüm* ve *kesme bitüm* kullanılabilir. Bu maddeler kohezyon gücü olmayan daneli topraklarda daneleri birbirine yapıştırırlar. Bu maddeler aynı zamanda % 35 den fazla ince toprak ve kil ihtiva eden topraklarda toprağın zararlı biçimde su çekmesini önlerler.

Yol katranı 100-120°C de ısıtılır. Spesiyal-Kesme bitüm 80°C ye kadar ısıtılır.

Kaba daneli ya da dane büyüklüğü iyi sıralanmamış topraklarda genellikle bitüm kullanılmaktadır. Pek ince daneli topraklarda katran kullanılmaktadır.

Sıcak yöntemin uygulanmasında kullanılan mineral maddeler tamamıyla kuru ve tozsuz olmalıdır. Bu yollar sıkıştırmadan sonra hemen trafiğe açılabilir.

Soğuk yöntemde toprak nemli olarak işlenebilir. Özel bir kurutma tertibatı mevcut değildir. Uzun olmayan yol kısımları da bu yöntemle stabilize edilebilir. Yolun üst tabakalarının taşıma yeteneği bitümün yağ kısmı buharlaştıktan sonra yavaş yavaş artar.

Bağlayıcı topraklarda toprağın gevşetilmesi ve düzeltilmesi zorluğu ve bu toprakların hava etkilerine karşı hassasiyeti stabilize çalışmalarını güçleştirmektedir. Yağmurlar esnasında topraktaki suyun fazlaşması yüzünden çalışmalara ara vermek icap edebilir. Bu durumda toprağa kireç vermek suretiyle toprak tava getirilebilir. Bağlayıcı olmayan topraklarda kireç dolgu malzemesi olarak vazife görmektedir.

Bitümlü maddelerle stabilize değişik iki yapım yöntemi ayırt edilmektedir: Bunlardan ilki yapım yerinde karıştırma (Mixed in-place) ve ikincisi merkezi yöntem (mixed in-plant) . Birinci usulde toprak bitümlü yapı yerinde uygun bir aletle karıştırılarak sıkıştırılır. İkinci ve çoğu yerlerde uygulanan usulde ise toprak (kum, çakıl ile birlikte kum ya da mıcır bir katkı) merkezi olarak kurulan tesislerde çok kez ısıtılır ve sıcak en bağlayıcı ile karıştırılır. Karıştırılan bu malzeme kamyonla yapım yerine götürülür ve orada yolun üzerine serildikten sonra sıkıştırılır. Sıcak karışımın kullanılması merkezi karıştırma tesisinin çevresinde 50 km lik bir alan içinde kalmalıdır. Spesiyal kesme bitümlerinin yardımı ile ve spesiyal bitüm emilziyonlarıyla bu karışım işlenebilir ve taşınabilir. Bu usulde stabilize edilecek tabakanın kalınlığı 7,5 cm i geçmemelidir. Bu sebeple merkezi karıştırma usulünde, taşıma kabiliyeti zayıf zeminlerde birbirinin üstüne iki ya da daha fazla sayıda tabaka getirilmelidir.

V -- SİYAH KAPLAMA BİÇİMLERİ, YOLLARIN YAĞLANMASI

Siyah ya da bitümlü kaplama ile, bağlayıcı malzeme olarak bitüm, ya da katran kullanılmak suretiyle yapılan kaplama anlaşılmaktadır. Stabilize edilmiş toprak ya da Makadam yollar v.s. sıkıştırmadan sonra

da aralıklar ihtiva ederler ki, bu aralıklardan yola sular nüfuz eder. Bu nedenle yol üstünün ayrıca bitüm gibi bir madde ile muamele edilmesi gerekmektedir ki ancak bu sayede yol üstü suyu geçirmez ve dirençli bir duruma gelmektedir. Yol üstünün bitümlü bağlayıcılarla muamele edilmesi suretiyle, yolun en üst tabakaları birbirine iyice yapışır ki, bu sayede motorlu taşıtların tekerleklerinin yaptıkları *emme ve itmenin etkisiyle* yol kaplaması daha az gevşer ve yol daha az tozlanır. Bu suretle aynı zamanda kaplamanın dayanıklı olması sağlanır ve nemin ve yol üstünde akan suların yola sızması engellenmiş olur. Bu işlem sayesinde yol üstü düzgünleşir ve taşıtların tekerlekleri ya yol üstünde pek az, ya da hiç iz bırakmaz. Siyah kaplama biçimleri özellikle esasen varolan ve eğimin % 12 ye kadar olan yolların islâh ve bakımlarında uygulanır.

Bitümlü yol kaplamaları mekanik olarak stabilize edilmiş yollarda, kireç ya da çimento ile stabilize edilmiş yolların üstteki taşıyıcı tabakalarında da kullanılmaktadır. Bitümlü bağlayıcılarla stabilize edilmiş yolların taşıyıcı tabakaları da, en üstte bitümlü bir koruma tabakasıyla kaplanmalıdır.

Kullanılan bağlayıcı malzeme sadece mineralleri birbirine yapıştırdığından, kaplamanın dayanıklılığı herşeyden önce yapıda kullanılan taşın ve bizzat yapının kalitesine bağlıdır. Taşlar sert, pürüzlü ve keskin kenarlı ve hava etkilerine dayanıklı olmalı; çamurlu, tozlu ve kirli olmamalıdır.

Siyah kaplamanın yapılması bakımından varolan birçok olanaklar ve yapım biçimleri, bağlayıcı maddenin seçilmesi ve miktarının belirlenmesi yapım sırasında dağıtımı, kullanılacak makineler, işin organizationu v.s. gibi sorunlar bakımından, orman yollarında siyah kaplama yapımının söz konusu olduğu yerlerde, *bu iş bu sahada uzman firmalar vasıtasıyla ya da hiç olmazsa uzman kimselerin idare ve kontrolü altında yapılmalıdır*. Ancak, burada genel olarak şu noktaya işaret etmek yerinde olur ki, orman yollarındaki trafiğin genel yollar üzerindeki kadar yoğun olmaması yüzünden, bu yollarda kaplamanın yapılmasından sonra tekerleklerin basıncıyla yol genişliğince bir sıkışma olamayacağından, daha sıkı bir kaplamaya ihtiyaç vardır. Bu nedenle orman yollarında uygulanan siyah kaplamalar, daha kaplamanın yapım sırasında iyice silindirlenmelidir.

Yolların Yağlanması:

Yolların yağlanması özellikle Makadam-şosalarda (kıрма taşla yapılmış ve taşların arası kumla doldurularak sıkıştırılmış bir kaplama) uygulanmaktadır. Bu sayede yolun tozlanması önlediği gibi, kıрма

taş kaplama daha iyi sıkışmakta ve suyu geçirmez bir duruma gelmektedir. Bu maksatla *asfaltik madeni yağlar*, ya da *katran yağları* kullanılmaktadır.

Yolu yağlamak için önce kuru haldeki yol kaplaması özel fırça ve süpürgelerle fırçalanmak ve süpürülmek suretiyle tozdan v.s. den iyice temizlenir. Sonra yolun üstünde peyda olmuş delikler kalın bir yağ ve kırma taşla doldurularak düzeltilir. Yolun yağlanmasında kullanılacak yağ, küçük çaptaki işlerde yağ ibrikleriyle, ya da yağ fıçlarıyla; büyük işlerde tanklarla getirilerek yolun üstüne akıtılır ve fırça ile yol yüzeyinde her tarafa dağıtılır. Bunun peşinden yola hemen kum serilir. Makadam yollarda, bu kumun dane büyüklüğü 5/12 kadar olmalıdır. Yılda iki kez yağlama için metre kareye 1,2 - 2,0 kg yağ hesap etmek gerekmektedir.

FAYDALANILAN LİTERATÜR

1. Hafner, Franz : 1942. Der Strassenbau die Fahrzeuge und der Verkehr auf Spurfreien Bahnen Verlags Von Georg Fromme und co Wien und Leipzig.
2. Hafner, Franz : 1971. Forstlicher Strassen - und Wegebau Österreichischer Agrarverlag Wien.
3. Winterken, H., Aichhern, W.: 1960. Grundlagen der Bodenstabilisierung im Strassen - und Wegebau im Selbstrverlag der Forschungsgesellschaft, Wien I, Eschenbacstrasse 9.
4. Tavşanoğlu, Faik : 1973. Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınlarından, No.1744/182.