

ESNEK YOL ÜSTYAPI BAKIM ÇALIŞMALARINDA UZMAN SİSTEMLER

Mustafa KARAŞAHİN
Y.Doç.Dr.
S.Demirel Üniversitesi
Isparta,TÜRKİYE

Mesut TIĞDEMİR
Araştırma Görevlisi
S.Demirel Üniversitesi
Isparta,TÜRKİYE

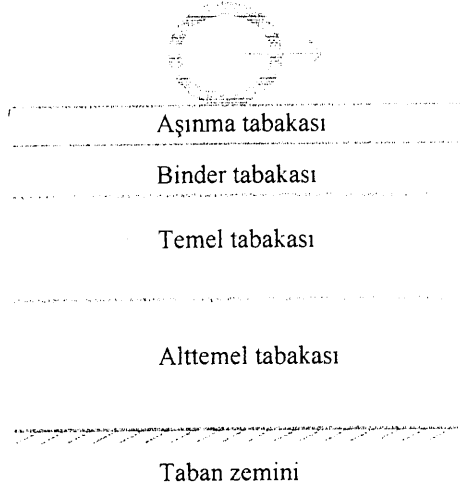
ÖZET

1970 li yıllarda inşa edilen yol üstyapılarının büyük bir kısmının ömrünü tamamlamaya yakın olduğu için, üstyapıların bakım problemi bütün dünyada aktif araştırma konusu olarak güncelliğini korumaktadır. Bakımın daha etkin bir şekilde yapılabilmesi için ilk önce arazide bakım yapılacak yerlerin önceden belirlenerek, bozulma şekli, nedenlerinin bilinmesi gerekir. Bu amaçla, arazide çalışan mühendis ve teknisyenler için YOLBAK adlı bir uzman sistem programı geliştirilmiştir. Bu program, kullanıcıların sağladığı verilere göre yol bozulma şeklini tanımlayıp, bozulma nedenlerini ve tamir şekillerini açıklamaktadır.

1.AMAÇ

1960 lı yıllarda başlayan otomobil üretimindeki artış, buna paralel olarak büyük uzunlukta yol üstyapılarının inşasını zorunlu kılmıştır. Bu üstyapı tipleri esnek, rijit, kompozit, sathi (yüzeysel), stabilize şeklindedir. Trafik hacmi yüksek olan kesimlerde esnek ve rijit üstyapılar kullanılmaktadır. İki üstyapı tipi arasında seçim yapabilmek için ilk yatırım, bakım masrafları, üstyapı ömrü, enerji kullanımı vb. faktörleri dikkate almak gerekir. Bu bildirinin esas konusu olmadığı için ayrıntılı bilgi [1] de bulunabilir. Ancak Karayolları Genel

Müdürlüğü bütün üstyapı inşaatlarını esnek olarak inşa etmeyi tercih etmiştir. Bu nedenle Türkiye açısından esnek üstyapıların bakımı büyük önem taşımaktadır. Esnek üstyapı deyince aklımıza sıkıştırılmış taban zemin üzerine inşa edilen ve dingil yüklerini taban zemininin mukavemetini geçmeyecek şekilde aktaran aşınma tabakası (asfalt betonu), binder tabakası (asfalt betonu), temel tabakası (asfalt betonu veya granüler malzeme) ve alttemel tabakalarından (granüler malzeme) oluşan bir üstyapı tipi akla gelmelidir (Şekil 1).



Şekil 1. Tipik bir esnek üstyapı enkesiti

Esnek üstyapıları, çok nadir durumlarda bir taşıtın üzerinden geçmesi ile bozulmazlar. Ancak tekrarlı taşıt dingil yüklerinin ve iklim koşullarının etkisi ile tedrici olarak bozulurlar. Genellikle esnek üstyapıların ömrü 20 yıl olarak kabul edilir. Ancak belirsizlik durumlarında bu ömür 10 yıla kadar düşürülebilir.

Daha projelendirme sırasında periyodik bakım süreleri belirlenir. Bakım çalışması yapacak teknik personelin yeterli eğitime sahip olması gerekir. Ancak bakım konusunda deneyimli inşaat mühendislerinin sayısı oldukça kısıtlıdır. Yurt sathında olay düşünüldüğünde bazı bölgelerde yeni mezun olmuş inşaat mühendisleri büyük yetkilerle donatılmıştır. Bu nedenle bu kişilerin belli bir deneyim kazanması kaynak israfını önleme yönünden önemli bir konudur. Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) hizmet içi eğitim vererek inşaat mühendislerine bu beceriyi kazandırmaya çalışıyorsa da yeterli olmayacağı aşikardır. Ayrıca Belediye örgütleri de şehir içi yolların bakımını üstlenmiştir. Ancak deneyimli mühendislerin bu kurumlarda

istihdam edilmesi zor olduğu gibi sayıları oldukça az olup, genellikle tecrübesez mühendisler bakım çalışmalarını üstlenmektedir. Gözlemlerimize göre, bozulma tipi ve nedeni ne olursa özellikle belediyelerin uyguladığı bakım yöntemi sürekli aynı olup, bozulma meydana gelen kısmı herhangi bir şekilde kapatmak ve sonra tekrar trafiğe açmaktır. Ancak kısa bir süre sonra yol yine eski konumunu almakta ve yapılan masraflar sokağa atılmaktadır.

Bir konuda her zaman uzman kişileri bulmak hem pahalı hem de bazı zamanlarda mümkün olmayabilir. Bu nedenle uzun seneler bu işte görev yapmış kişilerin deneyimlerinden yararlanarak bir bilgisayar programları geliştirerek, tecrübesez mühendislerin de istifade etmesi sağlanabilir. Bu amaçla geliştirilen programlara "uzman sistemler" adı verilmektedir. Yol bakım problemleri de formüle edilemediğinden ve uzmanların bilgisini gerektirdiğinden uzman sistemler için uygun bir konudur. Bu bağlamda YOLBAK adlı bir uzman sistem programı geliştirilmiş ve yeni bilgiler elde edildiğinde genişletilecektir.

Bu bildiride uzman sistemlerin genel özellikleri ve YOLBAK programının tanıtımı yapılacaktır.

2.UZMAN SİSTEM NEDİR?

Uzman sistemi (US), literatürde değişik isimlerle bulmak mümkündür. Bunlar, expert system, knowledge-based system, knowledge-based expert system' dir. Uzman sistemlerin amacı, formüle edilemeyen ve uzmanlık gerektiren konularda, konuya yabancı kişilere veya konuda tecrübesez kişilere karar vermede yardımcı olmaktır. Uzman sistemler bilgisayar bilimlerinin kolu olan Yapay Zeka (Artificial Intelligent, AI) nın bir alt dalıdır [2]. Yapay Zeka dalının amacı, insan zekasını bilgisayarda simüle etmektir. Yaygın olarak bilinen yapay zeka konuları, yabancı dil tercümesi, dil benzetimi, robotlar ve uzman sistemlerdir.

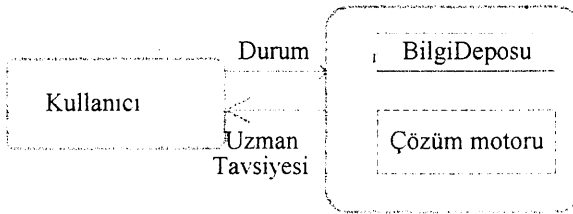
Uzman sistemin kurucularından kabul edilen Stanford Üniversitesi Profesörlerinden Edwards Feigenbaum, uzman sistemi "büyük ölçüde deneyim gerektiren, yeteri kadar zor problemlerin çözümü için bilgi ve çözüm metodunu kullanan akıllı bir bilgisayar programı" olarak tanımlamıştır [3]. Profesör Feigenbaum' un tanımına göre, uzman sistem, bir uzman kişinin karar vermesini benzeten bir bilgisayar programı olarak düşünülebilir.

Diğer bir tanım, "değişik konular üzerinde karar verme, deneyim, yaklaşık hesap, sezgi ve diğer bilgileri kapsayan karşılıklı-kullanılan (interactive) bilgisayar programıdır" [4]. Bu verilen tanımın diğer bilgisayar programlarından fazla bir farkı yoktur. Zira, diğer programlar da karşılıklı-kullanıma, yaklaşık hesaba ve karar vermeye sahip olabilir. Uzman sistemlerin diğer programlardan en büyük farklılığı, karara nasıl vardığını açıklayabilmesi, sembolik işlem yapması, bilgi ve kontrolün ayrı olması, istenilen yerde bilgi alışverişinde bulunabilmesidir [4].

Bir uzman, kendi alanında söz sahibi olan bir kişidir. Yani, uzman bir kişi, kendi alanında her kişide bulunmayan veya bulunması mümkün olmayan özel bilgi ve yeteneklere sahip olan kişidir. Bu özelliğinden dolayı uzman bir kişi, çoğu kişilerin hiç çözemeyeceği problemleri çözebilir veya diğer kişilere göre daha ekonomik çözümler üretebilir. Fakat uzman kişileri istenilen zamanda bulmak zor ve pahalı olduğu için uzman sistemlerin her alanda kullanımı her geçen gün artmaktadır.

3.UZMAN SİSTEM YAPISI

Bir uzman sistem programı, her şeyden önce bir belirli alana (domain) sahip olmalıdır. US' nin sahip olduğu alan ne kadar dar ise hassasiyet derecesi de o kadar fazla olur. Aksi takdirde, varılan sonuçlarda yanlışlar görülebilir. Bir US programı geliştirebilmek için, uzman kişilerden, kitaplardan, magazinlerden ve periyodiklerden yararlanılabilir. En doğru olanı bu kaynakların hepsinin bir araya gelmesidir. Bir US programının nasıl çalıştığı Şekil 2 de gösterilmiştir.



Şekil 2. Tipik bir Uzman Sistem Programı akış diyagramı [3]

Bir US programı oluşturulurken bir bilgi deposu (bilgi bankası) oluşturulur. Bilgi deposunda bir konu ile ilgili bulunması gereken her türlü bilgi bulunmalıdır. Aksi takdirde kullanıcının eksik veya yanlış kararlara ulaşması söz konusu olabilir. Bilgi deposu ayrıca kısıtları da ihtiva eder. Bilgi bankası sürekli değiştirilebilecek şekilde esnek olmalıdır. Zira yeni bilgiler veya değişiklikler olduğunda kolayca yapılabilmelidir.

Çözüm motoru (inference mechanism), kontrol bilgilerini içeren kısımdır. Çözüm motoru problemi genişletmek veya değiştirmek için bilgi deposunu kullanır. Çözüm motoru, bilgi bankasındaki bilgilerle, kullanıcı tarafından verilen bilgileri karşılaştırır ve bir sonuca ulaşır. Varılan kararı kullanıcıya istenirse gerekçeleri ile birlikte açıklar. Ayrıca, kullanıcıya programı kullanabilmek ve sonuçları üzerinde yorum yapabilecek düzeye getirmek için yardımcı bilgiler verilebilir.

4.ESNEK ÜSTYAPI BOZULMA TIPLERİ

Bir esnek üstyapıdan beklenen, proje ömrü boyunca yeterli stabiliteye sahip olması, hava koşullarına karşı dayanıklı olması, alt tabakalardaki oturmalarla karşı esneklik göstermesi, emniyetli olması ve kaygan hale gelmemesidir. Ancak aşağıda belirtilen nedenlerden dolayı esnek üstyapı belirtilen kriterlerin bazılarını yerine getirememektedir.

Esnek üstyapılar ya hatalı karışım hesabı ya da yapım kontrolü eksikliğinden dolayı yapımından kısa bir süre sonra bozulabilir. Bunun yanısıra projelendirme hatası bulunmayan esnek üstyapılar ise gerek iklimin ve gerekse tekrarlı dingil yükleri etkisi ile yavaş yavaş bozulurlar. Burada bozulma tipleri yukarıda açıklandığı gibi projelendirilmesi hatalı bozulmalar ve projesine uygun yapılan yollardaki bozulmalar olmak üzere iki grupta toplanacaktır.

4.1. Proje ve Yapım Hatasından Dolayı Meydana Gelen Bozulmalar

B tür bozulmalar, bitüm miktarının az veya çok oluşuna, alt tabakaların sıkışma derecesine, kullanılan agregaların standartlara uygun olup olmadığına, bitüm cinsinin amaca uygun olarak seçilip seçilmediğine, yapım sırasındaki iklim durumuna bağlı olarak meydana

gelirler. Bu tür bozulmalar kendilerini çatlamalar, çökmeler, kuma ve kayganlık şekillerinde kendilerini gösterirler. Bazı tip bozulmalar nedenleri ile birlikte aşağıda gösterilmiştir.

1. Timsah sırtı çatlaklar: Stabil olamayan bir temel üzerine inşa edilmiş esnek üstyapılarda görülür.
2. Kenar çatlakları: Banketlerin sağladığı yanal destek yetersizliğinden ortaya çıkar.
3. Kaplama ile banketlerin ek yerinde meydana gelen çatlaklar: Banket temelinin islanıp kurumasından oluşur.
4. Kaplamadaki boyuna ek yerlerinde meydana gelen çatlaklar: İki şerit arasındaki bağlantı yetersizliğinden oluşur.
5. Alt tabakadan akseden çatlaklar (yansıma çatlakları): Alt tabakalarda oluşan kırılma veya çökmelerin üst tabakalara yansması sonucu oluşur.
6. Kayma çatlakları: Aşınma tabakası ile binder tabakası arasındaki yapışmanın yetersizliğinden oluşur.
7. Oluklar: Yeterince sıkıştırılmamış asfalt betonu kaplamalarda trafik etkisi ile görülür.
8. Ondüleler: Asfalt betonunun stabilite eksikliğinden ortaya çıkar.
9. Çökmeler: Alt tabaka zayıflığından veya yapım hatasından kaynaklanır.
10. Kabarmalar: Drenaj eksikliğinden kaynaklanır.
11. Küçük çukurlar: Karışımındaki bitüm miktarının azlığından kaynaklanır.
12. Sökülmeler: İyi sıkıştırmama ve soğuk havalarda asfalt betonu yapımı sonucu oluşur.
13. Kuma: Bitüm fazlalığından oluşur.

4.2. Projesine Uygun İnşa Edilen Yollarda Meydana Gelen Bozulmalar

Esnek üstyapılar, ne kadar projesine uygun inşa edilirse edilsin, gerek iklim ve trafik etkisi ile bozulmalar meydana gelecektir. Esnek üstyapıda kullanılan bitüm, visko-elasto-plastik bir malzeme olduğu için sıcaklık değişimlerine karşı hassas bir malzemedir. Sıcak havalarda oldukça yumuşak, soğuk havalarda ise bir çimento betonu kadar katılığa sahip olan bir malzemedir. Bitümün soğuyup gevrek bir malzeme şeklini alması asfalt betonunun daha çabuk çatlamasına (yorulmasına), ayrıca illegal dingil yükleri altında kırılmasına yol açabilir. Buna ilave olarak iklim sürekli aynı kalsa dahi, asfalt betonunun tekrarlı elastik yüklemeler altında yorulmasından dolayı alt kısımlarında başlayan çekme gerilme çatlakları yukarıya

doğru çıkarak görülebilir düzeye gelir. Yorulma kırılmaları timsah sırtı çatlakları andırmakla beraber, bloklar timsah sırtı çatlaklara göre daha küçük alana sahiptir [5].

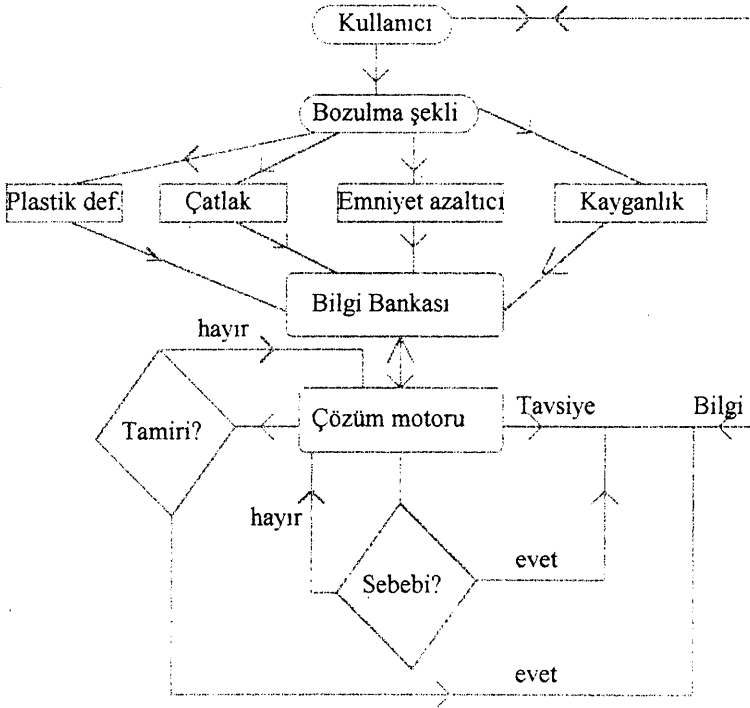
Her bir ağır taşıtın üstyapı üzerinden geçmesi sonucu, yolda elastik deformasyonlar yanında plastik (kalıcı) deformasyonlar da oluşur. Bir taşıtın geçmesinden dolayı oluşan elastik deformasyon kalıcı deformasyona oranla oldukça daha büyük değerler alır. Ancak elastik deformasyonun zamana bağlı olarak değişimi genelde sabit kabul edilebilir; fakat plastik deformasyon, üstyapıdan geçen taşıt sayısına bağlı olarak artar. Çoğu ülkelerde yol üstyapı ömrü seçilirken üstyapıda oluşan kümülatif plastik deformasyon miktarının belli bir limitin üzerinde olması istenmez. Sadece asfalt betonunda oluşan plastik deformasyonun oluşmasında en büyük etken illegal dingil yüklemeleri ve asfalt betonunun sıkışma eksikliğidir. Buna ilave olarak, alt tabakalarda oluşan plastik deformasyon sırası ile bir üstteki tabakayı da etkileyecektir. Dolayısı ile alttaki tabakaların sıkışması, kalınlı ve boşluk suyu basıncı plastik deformasyonu etkileyen faktörler olarak dikkate alınabilir.

5.YOLBAK PROGRAMININ GELİŞTİRİLMESİ

Bu programın geliştirilmesindeki en büyük amaç, esnek üstyapı bakım çalışması yapan fakat bozulma tiplerini isimlendirmekte güçlük çeken, bozulma nedenlerini merak eden ve ayrıca tamir yöntemleri hakkında bilgi edinmek isteyen mühendis ve teknisyenlere hitap etmektedir. Program geliştirmesinde büyük ölçüde KGM tarafından basılan "Asfalt ve Çimento Betonlu Kaplamaların Bakımı" [6] adlı yayından büyük ölçüde istifade edilmiştir. Zira bu kaynaktan bozulma cinsleri, sebebi ve tamir yöntemleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Karayollarında bakım çalışması yapılmadan önce, teknik bir ekibin kilometre belirterek esnek üstyapının durumu ve bozulma cinslerini ayrıntılı olarak belirlemesi gerekir. Bu rapora göre, gerekirse bazı kısımlardan numune alınarak laboratuvar çalışmaları yapılabilir veya FWD (Falling Weight Deflectometer), Benkelman Kirişi kullanılarak yolun elastisite modülü belirlenmeye çalışılır. Örneğin, esnek üstyapının kalan ömrünü tayin etmek için, karot numune alınarak uygun bir test metodu kullanılarak (indirekt çekme, kiriş testi gibi) asfalt betonunun yorulma ömrü belirlenebilir. Plastik deformasyon miktarı arazide direkt olarak bir düzgün profil demir kullanılarak derinlik bir cetvel yardımıyla ölçülebilir.

Plastik ve yorulma kırılmaları dışında meydana gelen bozulmaları isimlendirmek genelde zordur. Bu bir uzmanlık gerektirir. Bu program esas olarak, ilk önce bozulmayı isimlendirmek için kullanıcıya bir takım alternatifler sunar. Kullanıcı bu alternatiflerden birini seçer ve gelecek ikinci penceredeki seçeneklerden birini daha seçer. Bu şekilde bozulmanın ismi belirlenir. Bozulma ismi belirlendikten sonra, işlem kullanıcıya isterse bozulmanın neden meydana geldiği açıklanır. Daha ileriye giderek kullanıcı isterse tamir yöntemleri hakkında da bilgi edinebilir. Ayrıca programı ilk defa kullanacak kişiler için bir yardım dosyası oluşturulmuştur. Kullanıcı istediği zaman bu yardım dosyasının kullanabilir. Ayrıca sorulan soruların nedeni de isterse öğrenebilir. Programın akış özet akış diyagramı aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 3. YOLBAK uzman sistem programının akış diyagramı

6. SONUÇLAR

Geliştirilen YOLBAK adlı yazılımı kullanarak, esnek üstyapı bakımında uzman olmayan bir kişi, yolda meydana gelen bozulmayı kolayca isimlendirebilecektir. Programın kullanımı oldukça kolay olup (user friendly) herhangi bir programlama bilgisi gerektirmemektedir. Program KGM veya Belediye bünyesinde yol bakım çalışmalarında görev alacak inşaat mühendislerinin hizmet içi eğitiminde yararlı olacağı kanaatindeyiz. Ayrıca bilgisayar boyutlarının her geçen gün küçülmesi (Laptop bilgisayarlar), arazide programın kullanılabilmesini ve bakım mühendisinin gerçek yolda meydana gelen bozulmaları belirlemesi, sebeplerini ve tamir yöntemlerini irdeleyerek rapor hazırlamasını kolaylaştıracaktır. Dolayısı ile hem süreden kazanç sağlanacak hem de etkin bir bakım planı hazırlamak mümkün olacaktır. Program istenirse lisans düzeyinde eğitim amaçlı da kullanılabilir.

Program sürekli geliştirilmektedir. Yakın gelecekte, programa resimler tanıtılacaktır. Bu sayede bozulma şekilleri gerçek arazi ile karşılaştırılarak karar verilebilecektir. Bunun yanı sıra, programı kullanan kişiden detaylı bilgiler istenerek, genel bakım planlaması için programı kullanmak mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- 1- AĞAR E ve KARAŞAHİN M, "Karayollarında üstyapı seçimi metodolojisi" I. Balıkesir Mühendislik Sempozyumu, sf. 789-798, Nisan 1988.
- 2- MAHER M L, "Expert system components", Expert Systems for Civil Engineers: Technology and Application, ASCE baskısı, 1987.
- 3- GIARRATONA J, "Expert systems principles and programming", PWS-KENT Publishing Company, Boston, 1989.
- 4- AROCKIASAMY M, "Expert systems applications for structural, transportation, and enviromental engineering", CRC press, 1992.
- 5- ULUÇAYLI M, "Türkiye' de asfalt betonu kaplamalar ve alternatifleri", Doçentlik Tezi, ODTÜ İnşaat Mühendisliği Ulaşım Bilim Dalı, 1975.
- 6- SOYSALER H, "Asfalt ve çimento betonu kaplamaların bakımı", KGM yayını, yayın no: 204 (tercüme), 1972.

EKLER:Bu bölümde YOLBAK programından çıktı örnekleri verilmiştir.

YOLBA GÖRÜLEN ARIZA TİPİ	

Çatlak	
Düşey Plastik Deformasyon	
Sürüş Emniyeti Düşük	
Yüzeyde Agrega Bağı Düşük	

ESC;ÇİVİS	F1;YARDIM

1-Çatlak şekli,kümes teli veya timsah sırtını andırıyor mu?	1
2-Çatlak,boyuna yönde mi ve kenardan ne kadar uzakta?	2
3-Kaplama ile tanket ayrık mı?	3
4-Çatlaklar, boyuna yönde şerit çizgilerine yakın kısımlarda mı?	4
5-Çatlaklar, düzensiz mi(Enine,boyuna veya diyagonal mı?) ?	5
6-Çatlaklar, büyük bloklar halinde ve irtibatlı mı?	6
7-Çatlak, hareket yönünde mi ve hilal şeklini andırıyor mu?	7
8-Çatlak, ilave edilen takviye tabakası ile esas kaplama arasında boyuna yönde mi?	8

TİMSAH SIRTI ÇATLAKLAR	TANIMI
TANIMI	Bunlar bir timsahın sırtına veya kümes teline benzeyen, birçok küçük bloklar teşkil edecek şekilde meydana gelen, birbiri ile irtibatlı çatlaklardır.
SEBEBİ	
TAMİRİ	
ANA MENU	
F1;YARDIM	
YUKARI-ASAGI	
OK TUSLARI İLE MENU	
SEÇİMİ YAPILIR.	
SOLA-SAGA	
OK TUSLARI İLE DE	
SAYFA ATLANIR	

S.D.U.	
MUH.-MİM. FAK.	
İNSAAT MUH.BÖL.	
İSPARTA-1994	

TİMSAH SIRTİ ÇATLAKLAR	SEBEBİ
TANIMI SEBEBİ TAMİRİ ANA MENU	Ekseri hallerde timsah sırtı çatlaklar stabil olmayan bir tabanın veya stabil olmayan temel tabakalarının üzerine inşa edilmiş kaplamalardaki aşırı defleksiyonlar sebebiyle meydana gelirler. Tabanın veya temel tabakalarının stabil olmayan duruma gelmelerinin sebebi ise doygun hale gelmeleridir. Bu tip çatlaklar genellikle geniş bir alan kapsamazlar. Bazı hallerde ise çatlaklar kaplamanın bütün bir kesimine yayılmış olabilir. Böyle bir durumun, kaplamanın taşıma kapasitesinden daha ağır mükerrer yükler sebebiyle meydana gelmiş olması muhtemeldir.
F1;YARDIM YUKARI-ASAGI OK TUSLARI İLE MENU SECİMİ YAPILIR. SOLA-SAGA OK TUSLARI İLE DE SAYFA ATLANIR ----- S.D.U. MUH.-MİM. FAK. İNSAAT MUH.BÖL. İSPARTA-1994	

TİMSAH SIRTİ ÇATLAKLAR	TAMİRİ
TANIMI SEBEBİ TAMİRİ ANA MENU	Timsah sırtı çatlaklar çoğunlukla yol tabanının veya temel tabakalarının doygun hale gelmesi neticesinde meydana geldiklerinden, bunların tamiri ıslak malzemenin değiştirilmesini ve lüzumlu drenaj şebekesinin inşasını da ihtiva eder. Bundan sonra kuvvetli bir yama elde etmek için yamanın bütün derinliği plentmiks asfalt karışımı ile doldurulur. (tek tip malzeme kullanılması sebebiyle yama değişik faaliyetlere lüzum kalmadan yapılabileceği için en ucuz tamir şekli olabilir).Plentmiks asfalt karışımı mevcut değilse, yama yapılacak kesimin temel ve alt temel tabakalarına tekabül eden kısımları granüler malzeme ile herbiri 15 cm den daha kalın olmayan tabakalar halinde, doldurulur ve her tabaka ayrı ayrı sıkıştırılır. Granüler malzemeden müteşekkil bu temel bileşene asterlanılır ve yama yapılır.
F1;YARDIM YUKARI-ASAGI OK TUSLARI İLE MENU SECİMİ YAPILIR. SOLA-SAGA OK TUSLARI İLE DE SAYFA ATLANIR ----- S.D.U. MUH.-MİM. FAK. İNSAAT MUH.BÖL. İSPARTA-1994	Timsah sırtı şeklinde çatlakları ihtiva eden keşin-

