

Havaalanı Onarımları İçin Hızlı Sertleşen Tamir Betonları

Onur Yılmaz

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs 2010

Rapid Hardening Concretes For Rapid Runway Repairing

Onur Yılmaz

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Civil Engineering

May 2010

Havaalanı Onarımları İçin Hızlı Sertleşen Tamir Betonları

Onur Yılmaz

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. İlker Bekir Topçu

Mayıs 2010

ONAY

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Onur YILMAZ'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Havaalanı Onarımları İçin Hızlı Sertleşen Tamir Betonları” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. İlker Bekir TOPÇU

İkinci Danışman : -

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Prof. Dr. İlker Bekir TOPÇU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mehmet CANBAZ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ömer Fatih ESER

Üye : Yrd. Doç. Dr. Abdullah DEMİR

Üye : Yrd. Doç. Dr. Bedri BAKSAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih vesayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

HAVAALANI ONARIMLARI İÇİN HIZLI SERTLEŞEN TAMİR BETONLARI

ONUR YILMAZ

ÖZET

Teknoloji gelişiminin hız kazanmasıyla uzaktan ve havadan savaş uygulamaları artmıştır. Her ülkenin güvenliği için son derece önemli hale gelen savunma kuvvetlerinden hava kuvvetleri, yerdeyken en hassas savunma gücü olmaktadır. Olası bir saldırıda kolayca etkisiz hale getirilebilir ve olumsuz etkilenebilir. Bu çalışmada, hava kuvvetlerini en etkili yavaşlatma ve durdurma taktiği olan, kalkış pistlerinin bombalanması ve bundan sonra, inşaat mühendisliğine düşen görevlerden; savaş anında pist kaplamasının hızlı sertleşen beton kullanılarak hızlı onarımı ve hava kuvvetlerinin savunmaya geçebilmesinde pist onarım stratejisi, yöntemi, malzeme seçimi ve kullanımı araştırılmıştır...

Anahtar Kelimeler: Bombardıman, pist hızlı onarımı, hızlı sertleşen tamir betonları.

RAPID HARDENING CONCRETES FOR RAPID RUNWAY REPAIRING**ONUR YILMAZ****SUMMARY**

With the gaining rate of development of the increasing technology war applications are doing remotely and at about the air. From the defense forces of air forces are becoming too much important for the security of every countries, when they are on the ground they become too vulnerable a defense force. Probability attack they can easily ineffectived and negatively effected. In this study, after the mil.tactic for deceleration and stopping air forces as bombing the runways, researched missions the civil engineering on wartime, are rapid runway repairing on the pavement with using rapid hardening concrete and strategy of repairing, methods, material choosing and using, for provide to start defense the air forces...

Keywords: Bomb attack, rapid runway repair, rapid hardening concretes for repairing.

TEŞEKKÜR

Mesleki çalışmalarında, gerek derslerimde ve gerekse tez çalışmalarında, bana danışmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan danışmanım Prof. Dr. İlker Bekir Topçu'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
 1. GİRİŞ	 1
 2. BOMBARDİMAN SONRASI PİST ÇALIŞMALARI	 4
2.1 Hasar Değerlendirme İşlemleri	4
2.1.1 Bomba çukuru profil değerlendirmesi	7
2.2 Pist Hızlı Onarımı	12
2.2.1 Pist kaplama zedelenmesi hızlı onarım yöntemleri	12
2.2.1.1 Soğuk asfalt yöntemi ile pist hızlı onarımı	13
2.2.2 Bomba çukuru (krater) hızlı onarım yöntemleri	15
2.2.2.1 Kırmataş dolgu yöntemi ile hızlı onarım	16
2.2.2.1.1 Moloz dolgu yöntemi hızlı onarımı	17
2.2.2.1.2 Moloz üstüne balast dolgu yöntemi hızlı onarımı	17
2.2.2.1.3 Balast dolgu yöntemi hızlı onarımı	18
2.2.2.2 Kum – ızgara yöntemi hızlı onarımı	19
2.2.2.3 Taş ve çimento şerbeti yöntemi ile hızlı onarım	20
2.2.2.3.1 Donma sıcaklığının üzerinde taş ve çimento şerbeti yöntemi hızlı onarımı.....	20
2.2.2.3.2 Donma sıcaklığının altında taş ve çimento şerbeti yöntemi hızlı onarımı.....	21
2.2.2.4 Yabancı madde kaplaması döşeme yöntemleri (levha ile)	22
2.2.2.4.1 Katlanır fiberglas levha (FFM) döşeme yöntemi ile hızlı onarım	23
2.2.2.4.2 Fiberglasla güçlendirilmiş plastik levha (FRP) yöntemi ile hızlı onarım	24
2.2.2.4.3 Vidalı fiberglasla güçlendirilmiş plastik levha yöntemi ile hızlı onarım	25
2.2.2.5 Prekast beton döşemesi döşeme yöntemi ile hızlı onarım	26
2.2.2.6 Prekast asfalt blok döşeme yöntemi ile hızlı onarım	26
2.2.2.7 AM – 2 Alüminyum levha döşeme yöntemi ile hızlı onarım	26

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3. PİST HIZLI ONARIMLARI İÇİN HIZLI SERTLEŞEN BETONLAR	28
3.1 Bombardımanda Oluşan Zemin Zedelenmelerinin Pist Hızlı Onarımlarında Kullanılan	
Hızlı Sertleşen Soğuk Karışımlar ile Onarımı	28
3.1.1 Silikal polimer betonu ile onarım yöntemi.....	28
3.1.2 Hızlı sertleşen magnezyum fosfatlı çimento şerbeti ile onarım yöntemi.....	29
3.2 Bombardıman Sırasında Oluşan Bomba Çukurlarının Pist Hızlı Onarımlarında Kullanılan	
Hızlı Sertleşen Soğuk karışımlar ile Onarımı	30
3.2.1 Hızlı sertleşen magnezyum fosfatlı çimentodan elde edilen beton ile onarım	30
3.2.2 Çok erken dayanım kazanan betonla onarım	33
3.2.2.1 Erken dayanım ve sertleşme elde etmek için kullanılan teknikler	35
3.2.3 Polimer beton ile poliüretan başlık yapılarak onarım yöntemi	36
3.3 Pist Betonu Genel Özelliklerinden Bazıları	39
3.3.1 Genel özellikler	39
3.3.2 Yüksek dayanımlı betonlar	40
3.3.2.1 YDB üretiminde kullanılan katkı maddeleri ve suyun özellikleri	42
3.3.2.1.1 Su	43
3.3.2.1.2 Kimyasal katkıları	44
3.3.2.1.2.1 Priz hızlandırıcı katkıları	44
3.3.2.1.2.2 Priz geciktirici katkıları	45
3.3.2.1.2.3 Karışım suyunu azaltıcı katkıları	45
3.3.2.1.2.4 Hava sürükleyici katkıları	46
3.3.2.1.3 Mineral katkıları	47
3.3.2.1.3.1 Uçucu küller	48
3.3.2.1.3.2 Silis dumanı	48
3.3.2.1.3.3 Öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufu	49
3.4 Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemleri	50
3.4.1 CBR yöntemi	50
3.5 Pist Betonu Deneyleri	54
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	58
5. KAYNAKLAR DİZİNİ	60

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Pist hızlı onarım ekibi çalışması	3
2.1 Bomba çukuru, küçük çukur ve patlamayan bomba yer raporu	5
2.2 Bomba çukuru, küçük çukur ve patlamayan bomba yer raporuna dayanılarak pist projesine göre merkezde geliştirilen plan raporları	6
2.3 Bomba çukuru, küçük çukur ve patlamayan bombaların yerine dayanılarak pist projesine göre merkezde geliştirilen son rapor	6
2.4 Bomba çukuru, küçük çukur ve patlamayan bomba yer raporuna dayanılarak pist projesine göre merkezde geliştirilen minimum operasyon şeridi projesi	7
2.5 Pist hasar tipleri	7
2.6 Çukur derinliğinin ölçülmesinde çukurun en derin noktası ve sağlam zemin.....	8
2.7 Çukur genişliğinin tespit edilmesinde görünen çap ve hasar görmemiş zemin	8
2.8 Çukur boyut gözlem yönteminde minimum operasyon şeridinin izdüşümü	9
2.9 Bombardımandan sonra yer yer zeminde oluşan kaplama zedelenmeleri	9
2.10 Bombardımandan sonra pist zemininde oluşan büyük bomba çukuru	10
2.11 Bombardıman sonrası hasar tespit ekibi saha çalışması	10
2.12 Onarım sonrasında pist kullanım alanının ve kurulan sistemlerin görünümü.....	12
2.13 Bombardıman sonrası sıçrayan parçalardan zedelenmiş kaplama	14
2.14 Bombardıman sonrasında zedelenmiş kaplamanın hızlı sertleşen beton ile onarımı	14
2.15 Bombardıman sonrasında zedelenen alanın onarıldıktan sonraki görünümü	15
2.16 Moloz dolgu profili	17
2.17 Moloz üstüne balast dolgu profili	18
2.18 Balast dolgu profili	19
2.19 Kum – ızgara dolgu profili	19
2.20 Kum – ızgara yönteminde yabancı malzeme hasar kaplaması yapımı	20
2.21 Taş ve çimento şerbeti dolgu profili	20
2.22 Taş ve çimento şerbeti dolguda titreşimli silindir uygulaması	21
2.23 Dolgu yöntemlerinde sıkıştırma işlemi istikametleri	22
2.24 Katlanır fiberglas levha (FFM) döşeme yöntemi ile hızlı onarım	23
2.25 Katlanır levha kenar kavrama detayı	23
2.26 Katlanır levha	24

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.27 Levha birleştirme yöntemi	24
2.28 Levha sabitleme yöntemi	25
2.29 Katlanır levha montaj aşamaları	25
2.30 AM – 2 alüminyum levha döşeme yöntemi ile hızlı onarım	27
3.1 Silikal uygulaması	29
3.2 Zedelenmiş zemine şerbet uygulama	30
3.3 Bomba çukuru beton tamir yöntemi	31
3.4 Karışım - I betonu ortalama basınç dayanımı-zaman grafiği	55
3.5 Karışım - II betonu ortalama basınç dayanımı-zaman grafiği	56
3.6 Basınç deneyi	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Minimum operasyon şeridi seçiminde yararlanılan uçak genişlikleri	11
2.2 Minimum operasyon şeridi seçiminde yararlanılan pist onarım süreleri	11
2.3 Uçak ağırlıkları	13
2.4 İyi granülometrilili ve yüksek kaliteli kırmataş özellikleri	16
2.5 Balast malzeme özellikleri	18
2.6 Taş ve çimento şerbeti karışım oranları	21
2.7 Pist hızlı onarım ekipmanları	27
3.1 Beton onarım yöntemleri için pist betonu kaba agrega granülometrisi	32
3.2 Beton onarım yöntemleri için pist betonu ince agrega granülometrisi	32
3.3 Magnezyum fosfat çimentolu beton ile portland çimentolu beton tasarımı.....	33
3.4 Çok erken dayanım kazanan beton (VES) ağırlığa göre tasarım I	34
3.5 Çok erken dayanım kazanan beton (VES) ağırlığa göre tasarım II	34
3.6 Çok erken dayanım kazanan beton (VES) orana göre karışım tasarımları	35
3.7 Yüksek performanslı betonların tanımlanması	36
3.8 PEB mekanik ve fiziksel özellikleri	37
3.9 PEB dayanıklılık özellikleri	38
3.10 Beton sınıflandırması ve özellikleri	42
3.11 Karışım I için basınç dayanım sonuçları	55
3.12 Karışım II için basınç dayanım sonuçları	56
3.13 Karışım I ve II için ortalama basınç dayanım sonuçları	57
3.14 Karışım I ve II için beton özellikleri	57

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
AAR	Alkali agrega reaksiyonu
A.B.D.	Amerika Birleşik Devletleri
CBR	California Bearing Ratio
cm	Santimetre
cm ²	Santimetrekare
C-S-H	Kalsiyumsilikahidrat
ÇYDB	Çok yüksek dayanımlı beton
et al.	Ve diğerleri
gr	Gram
in	inch
kg	Kilogram
kgf	Kilogramforce
KPa	Kilopascal
lb	Libre
log	Logaritma
m	Metre
mm	Milimetre
m ³	Metreküp
MPa	Megapascal
NIST/ACI	National Institute of Standards and Technology/ Amercian Competitiveness Initiative
psi	pound per square inch
s-ç	Su çimento
UYDB	Ultra yüksek dayanımlı beton
vd.	Ve diğerleri
yard ³	Yard ³
YDB	Yüksek dayanımlı beton
°C	Santigrad derece
%	Yüzde

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Savaş sırasında hava kuvvetlerini en etkili yavaşlatma ve durdurma taktiği kalkış pistlerinin bombalanmasıdır. Hava kuvvetlerinin savunmaya geçebilmesi için bu savaş anında pist kaplamasının hızlı onarımı, pist onarım stratejisi, metodu, malzeme seçimi ve kullanımı hayati önem taşımaktadır. Hava kuvvetlerinin adı üstünde çalışma alanı havadadır ve bu kuvvet birimleri savaşa yerde yakalandıklarında teknik ve stratejik olarak oldukça korunmasız ve güçsüz kalmaktadırlar. Savaşa yerde yakalanan bu birimleri etkisiz kılmak ve zarar vermek düşman tarafına göre her açıdan karlıdır. Düşman saldırısı ile pisti zarar gören bir hava kuvveti birimi, savunmaya geçemeyeceği gibi, teknolojinin hız kazanmasıyla daha çok yerden havaya taşınan savaş teknikleri karşısında da savunmakla yükümlü olduğu ülkeyi veya bölgeyi hiçbir şekilde savunamayacak, düşmana karşı bütün silahları, haberleşme birimleri, deniz birimleri, kara birimleri, su kaynakları, enerji kaynakları, sivil ve askeri insanlar, ulaşım araçları ve ulaşım yolları, hastaneleri, sivil ve askeri binaları gibi birçok yerleşke, araç ve insan savunmasız ve düşman hava saldırılarına karşı tam anlamıyla açık hedefe dönüşecektir.

Her ne kadar erken haber veren sistemler ve radar sistemlerine sahip olursa da II. Dünya Savaşı'ndan beri bu konuda pek çok örnek yaşanmıştır. Önceden organizasyon yapılmış ise ve gerekli strateji, yöntem, ekipman, ekip ve kullanılacak olan malzemeler hazır durumdaysa, pist kaplamasının onarımı istenilen en kısa sürede tamamlanır. Bombardımandan sonra zarar görmüş olan pistte yapılan pist hızlı onarımı olarak adlandırılan bu çalışma ile hava kuvvetleri savunma gücünü tekrar kazanacaktır.

Mühendisler II. Dünya Savaşı'ndan itibaren pist hızlı onarım yöntemleri geliştirilmeye başladı. Bu yöntemler sayesinde bombardıman sonucu zarar görmüş olan pistler ya birkaç saat içinde onarılır ya da yeniden yapılabilir. II. Dünya Savaşı sırasında mühendislerin geliştirmiş olduğu ve kullandığı üç yöntem şu şekildedir;

- ⇒ Gözenekli çelik döşeme
- ⇒ Hesse hasır döşeme
- ⇒ Kare gözeli hasır döşemesi

Bu üç yöntem bazen bir arada bir sandviç gibi kullanılarak dezavantajları önlenmeye çalışılmıştır. II. Dünya Savaşı'ndan sonra Soğuk Savaş süreci başlamıştır. Hava kuvvetleri birimleri için deniz aşırı yerleşimler yapılmaya başlanmıştır. Daha gelişmiş daha hızlı ve teknolojik uçakların üretilmeye başlanmasıyla daha düzgün yüzeyli havaalanı pistlerine ihtiyaç duyulmuştur. Böylelikle daha gelişmiş yöntemlerle pist onarımları yapılmaya başlanmıştır (U.S. Department of The Air Force, 1997). Bununla beraber “pist hızlı onarımı” kaynakçada yerini almıştır. “Pist hasar onarımı” terimi de kullanılmaktadır; fakat “pist hızlı onarımı” hızlı onarımla ilgilidir (Anderson, et al., 2002). O zamandan günümüze kadar değişik yöntemler uygulanmıştır. Bomba çukuru onarımı için uygulanan yöntemler aşağıda görüldüğü gibi şöyle sıralayabiliriz:

- ⇒ Kum - ızgara ile hızlı onarım yöntemi
- ⇒ AM-2 Alüminyum levha ile hızlı onarım yöntemi
- ⇒ Fiberglasla güçlendirilmiş plastik levha (FRP) ile hızlı onarım yöntemi
- ⇒ Vidalı fiberglas güçlendirilmiş plastik levha ile hızlı onarım yöntemi
- ⇒ Katlanır fiberglas levha (FFM) ile hızlı onarım yöntemi
- ⇒ Prekast (öndöküm) beton döşeme ile hızlı onarım yöntemi
- ⇒ Prekast (öndöküm) asfalt blok ile hızlı onarım yöntemi
- ⇒ Polimer beton ile poliüretan başlık yapılarak hızlı onarım yöntemi
- ⇒ Kırma taş dolgular (iyi sıkıştırılmış) ile hızlı onarım yöntemi
- ⇒ Çok erken dayanım kazanan betonla (VES) onarım ile hızlı onarım yöntemi
- ⇒ Taş dolgu ve çimento şerbeti (donma sıcaklığının altı ve üstü için iki farklı yol)
- ⇒ Magnezyum fosfat çimentolu beton ile hızlı onarım yöntemi

Zemin zedelenmesi için uygulanan yöntemleri aşağıda şu şekilde sıralayabiliriz:

- ⇒ Soğuk asfalt ile hızlı onarım yöntemi
 - ⇒ Silika polimer betonu ile (doğaya zararlı olduğu nedeniyle tercih edilmez)
 - ⇒ Hızlı sertleşen magnezyum fosfatlı çimento şerbeti ile hızlı onarım yöntemi
- (Anderson et al., Larmie, 2005; Schoonbaert, et al., 2003; U.S. Department of The Air Force, 1997; U.S. Government Department of Defense, 2002 , 2003).

Bombardımandan sonra pist hızlı onarım gereksinimleri hasar özelliklerine göre çeşitlenir. Patlamadan, gömülü şekilde kalan bombaların varlığı da göz önüne alınarak öncelikle pist üzerinde çalışma güvenliği sağlanır. Pist hızlı onarımında pistin en az hasar görmüş ve en az iş ve zaman kaybı gerektiren istikamet, bölge ve doğrultusu

seçilir. “Minimum operasyon şeridi” adı verilen bu güzergah üzerinde pist hızlı onarım işlemleri gerçekleştirilir. Bombardıman sonucu oluşan ve pist kaplamasında meydana gelen hasar, bomba çukuru ve delikler seçilen yöntemle dayanılarak onarılır (Bkz. Şekil 1.1.). Bütün bu onarım çalışmalarının yapıldığı süre içerisinde savaşın ve tehlikenin devam ettiğini düşündüğümüzde, bu çalışmaların 2-4 saat arasında sonlandırılıp onarılan bomba çukurlarının uçak iniş-kalkışlarındaki en düşük basınç dayanımını karşılaması gerekmektedir (Schoonbaert, et al., 2003; U.S. Department of The Air Force, 1997). Bu kısa süre içerisinde yapılması gereken “pist hızlı onarımı” konusunda, daha çok hızlı sertleşme özeliği gösteren beton ile yapılan uygulamalar ele alınacaktır.



Şekil 1.1. Pist hızlı onarım ekibi çalışması (U.S. Department of The Air Force,1997).

Pist hızlı onarımı olabildiğince çabuk tamamlanmalı ve onarılan bomba çukuru veya zemin zedelenmesi en kısa süre içerisinde kullanılabilir duruma gelmelidir. Bunun için onarımda görev alan kişiler ile onarım yöntemi seçimi, onarımın yapıldığı ve hizmete başladığı süre ve dayanım açısından en iyi verimi alabilmek için çok önemlidir.

BÖLÜM 2

BOMBARDIMAN SONRASI PİST ÇALIŞMALARI

2.1 Hasar Değerlendirme İşlemleri

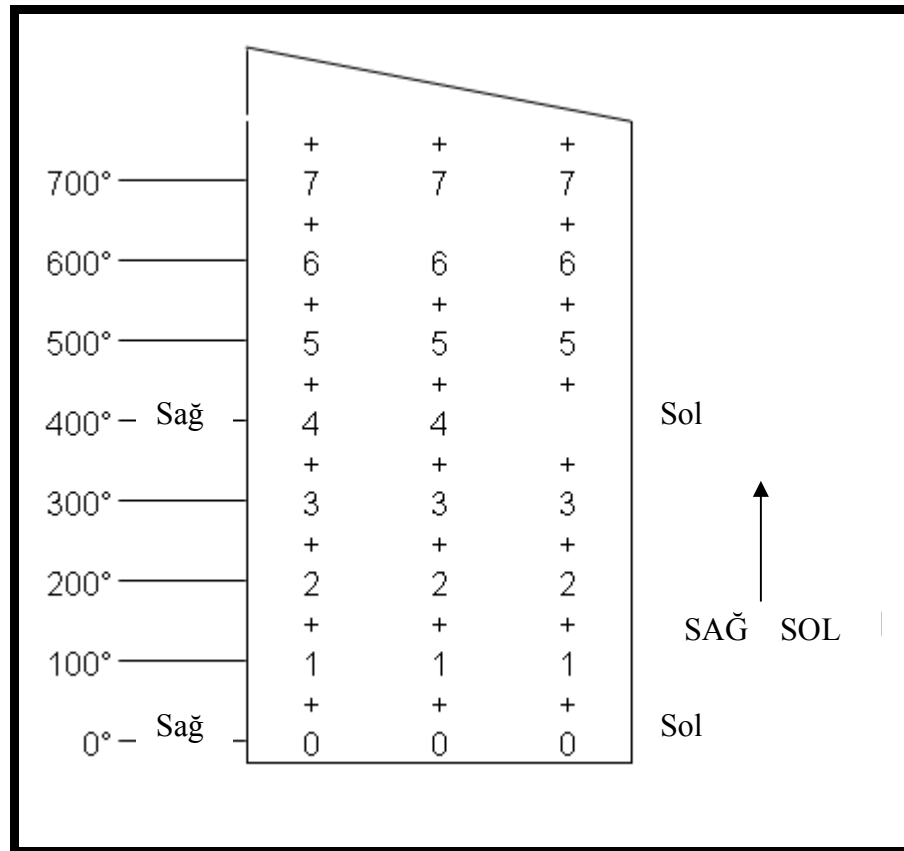
Mühendislik açısından bakıldığında hasar değerlendirme işlemleri iki aşamada yapılır. Birincisi hasarın yerinin ve büyüklüğünün belirlenmesi yani fayda amaçlı, ikincisi ise hasarın onarılmasında görevlendirilmiş ekibin önünü aydınlatan, kolaylık amaçlı çalışmalardır. Bu iki çalışma eş zamanlı olarak yapılır, aynı derecede önemlidir.

Pist hızlı onarımı ve pistin kaplamasının yeniden onarımı bitirilmeden hiçbir karşı savunma yapılamayacağı için, hayati önem taşıyan ilk adımlar; hasarın yeri ve büyüklüğünü belirlemede piste atılan ve patlamadan gömülü olarak kalan bombalar için gerekli güvenlik önlemlerinin alınması ve temizlenmesi, bomba çukurları ve ufak çukurlanma bölgesi tespitinden sonra bu çukurların onarımında en az zaman ve iş gerektiren istikamet ve uçak iniş-kalkış güzergâhı seçilir. Sonra bu güzergah üzerinde bulunan bomba çukurları, şarapnel ve patlama etkisiyle oluşan küçük çukurlar ve daha küçük çukur alanlarının onarım istikameti olan minimum operasyon şeridi belirlenir.

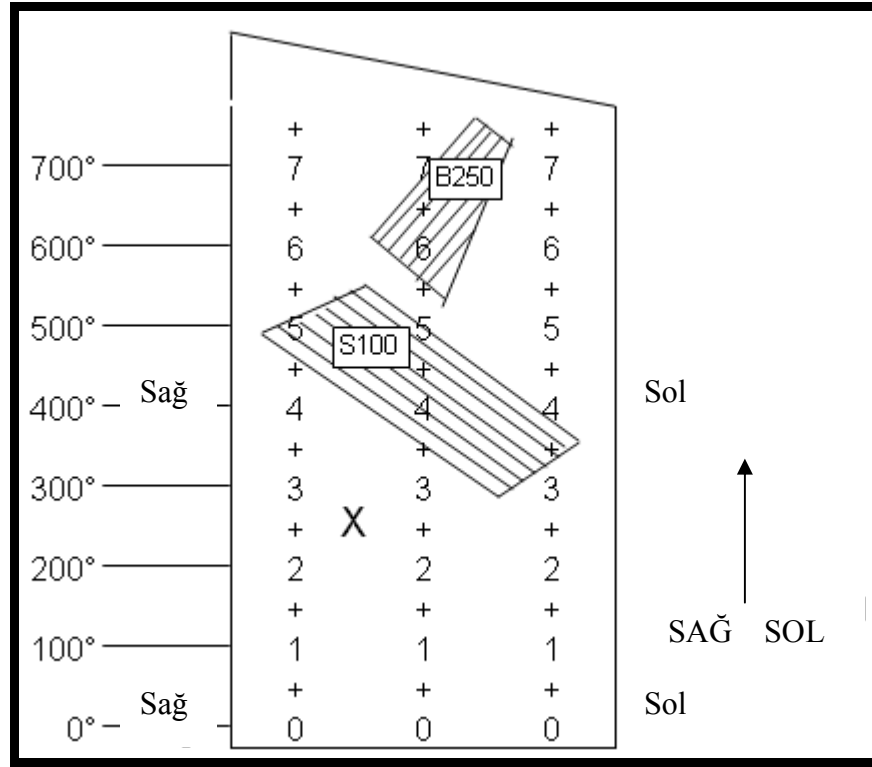
Tüm bu organizasyon çalışma aşamalarında hızlılık ve dikkatlilik hayati öneme sahip olmaktadır. Belirlenmiş olan pist hızlı onarım ekibince yer tanımlanır, pist ve kaplama hasarı belirlenir, patlamamış bombalar ve yerleri tespit edilir ve tüm bulgular üst merkeze rapor edilir. Bu üst merkezdeki yetkin ekipte bulunan inşaat mühendisi, gelen verileri rapor edip değerlendiren, hasar bölgelerini havaalanı projelerinden belirleyip yeni çizimleri oluşturan, minimum operasyon şeridini belirleyen, onarım planını geliştiren ve operasyonu yöneten kişidir. Bu minimum operasyon şeridi seçilirken havaalanındaki diğer binalar, önemli kavşak taksii yolları da göz önüne alınır.

Hayati öneme sahip olan ve üzerinde açık olarak bir kez daha önemle durulması gereken kısım; zaman, işçilik, malzeme ve ekipman gereksinimi en az olan; güvenlik ve uçak iniş - kalkışında (sorti) güzergah, yer ve mesafe kullanımı açısından en elverişli olan onarım alanının, yani minimum operasyon şeridinin belirlenmesidir (Anderson, et al., 2002; Schoonbaert, et al.,2003; U.S. Department of The Air Force, 1997, 2008 a).

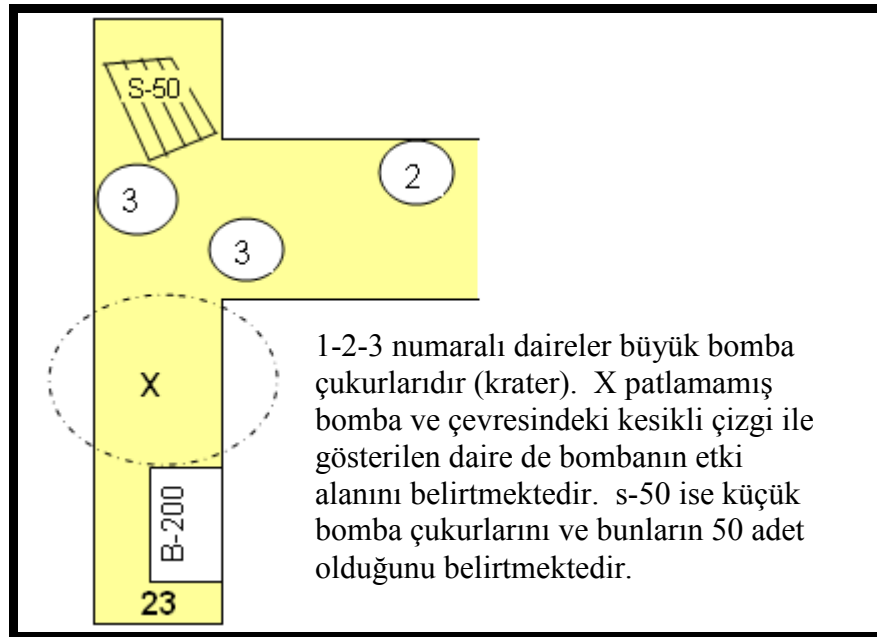
Hasar tespit ekibi bir patlayıcı uzmanından, bir inşaat mühendisi veya teknikerinden, bir raporcu ve makine yönlendiriciden oluşmaktadır. Bu ekipler havaalanı büyüklüğüne veya diğer kurallara göre üç veya daha fazla sayıda olabilmektedirler. Hasar tespit ekipleri tespit ettikleri hasarları (Bkz. Şekil 2.1), yerlerini ve patlamadan gömülü kalmış olan bomba bilgi ve yerlerini merkezdeki diğer kalifiye ekibe, Şekil 2.2- 2.3-2.4'teki gibi bir tablo aracılığıyla rapor ederler. Patlayıcı uzmanı, tehlike oluşturan patlamamış bombaların yerlerini belirleyip bu bombaları etkisiz hale getirir, inşaat mühendisi de bomba çukurların yerlerini, büyüklüklerini ve diğer bozuk zemin yer verilerini raporcuya bildirerek, verilerin merkeze ulaşması sağlanır. Merkezde de bu bilgilere dayanılarak minimum operasyon şeridi belirlenme çalışmaları yapılır (Bkz. Şekil 2.5) (Anderson, et al., 2002; Schoonbaert, et al., 2003; U.S. Department of The Air Force, 1997, 2008 a; U.S. Government Department of Defense Department of The Air Force).



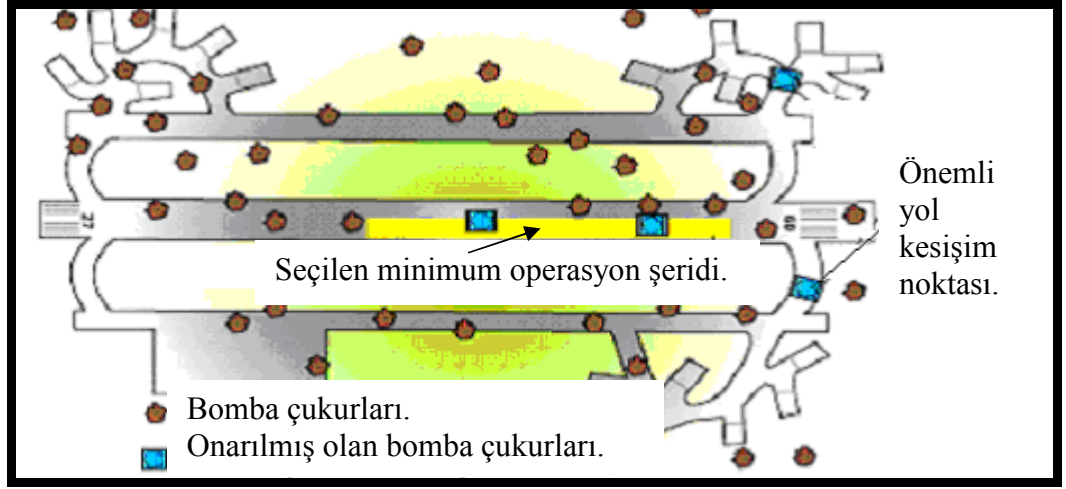
Şekil 2.1. Bomba çukuru, küçük çukur ve patlamayan bomba yer raporu (U.S. Department of The Air Force, 1997).



Şekil 2.2. Bomba çukuru, küçük çukur ve patlamayan bomba yer raporuna dayanılarak pist projesine göre merkezde geliştirilen plan raporları.

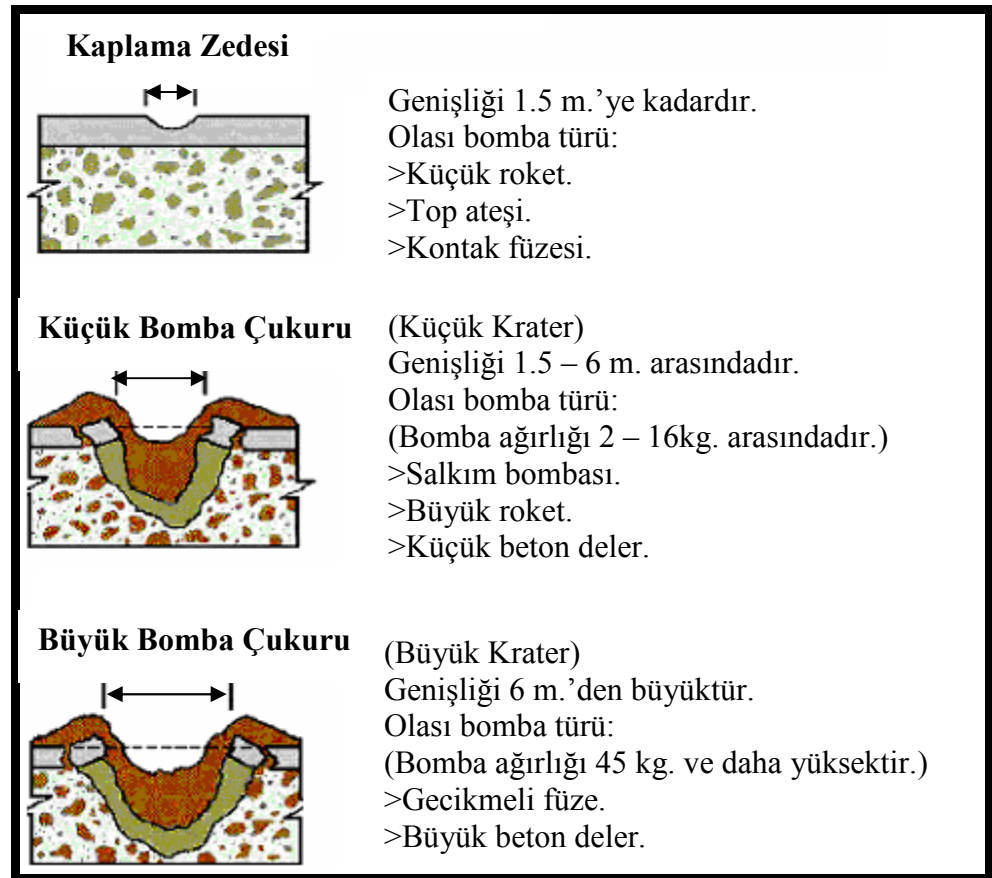


Şekil 2.3. Bomba çukuru, küçük çukur ve patlamayan bombaların yerine dayanılarak pist projesine göre merkezde geliştirilen son rapor (U.S. Department of The Air Force, 2008 a).



Şekil 2.4. Bomba çukuru, küçük çukur ve patlamayan bomba yer raporuna dayanılarak pist projesine göre merkezde geliştirilen minimum operasyon şeridi projesi (U.S. Department of The Air Force, 2008 a).

2.1.1 Bomba çukuru profil değerlendirmesi

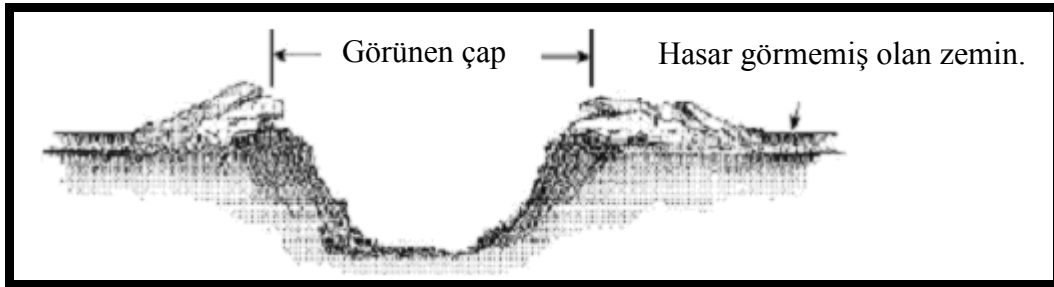


Şekil 2.5. Pist hasar tipleri (U.S. Department of The Air Force, 2008 a).

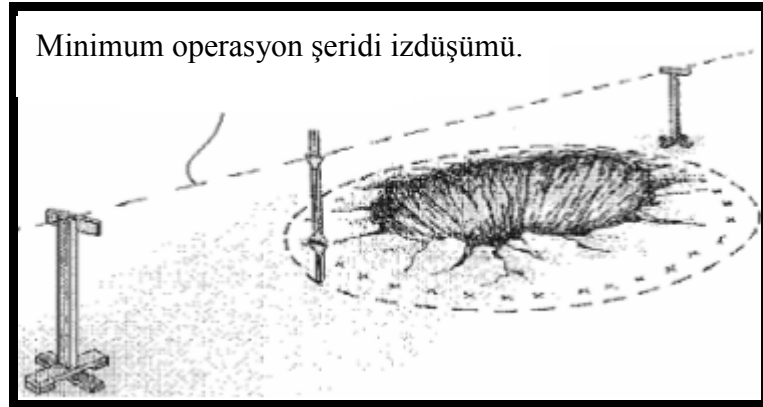
Bomba etkisiyle pist zemininde açılan çukurun boyutlarını ölçmek için, çukurun üst yüzey kenarından karşı üst yüzey kenarına olan çap mesafesi göz önünde tutulur. Bu uzunluk çukurun, minimum operasyon şeridi eksenine paralel olan boyutunun, pist zeminin çukura olan sınırında zarar görmeyen bitiş ucundan, karşıdaki zarar görmeyen zeminin bitiş ucuna olan uzunluğun ölçülmesiyle elde edilir (Bkz. Şekil 2.6., 2.7., 2.8.) (U.S. Government Department of Defense, 2003; U.S. Government Department of Defense Department of The Air Force, 2007). Çukur derinliği ise, zarar görmüş yüzeyin altında kalan en uzak noktadan, zarar görmeyen zemine olan düşey uzaklıktır.



Şekil 2.6. Çukur derinliğinin ölçülmesinde çukurun en derin noktası ve sağlam zemin (U.S. Department of The Air Force, 2008 a).



Şekil 2.7. Çukur genişliğinin tespit edilmesinde görünen çap ve hasar görmemiş zemin (U.S. Department of The Air Force, 2008 a).



Şekil 2.8. Çukur boyut gözlem yönteminde minimum operasyon şeridinin izdüşümü (U.S. Department of The Air Force, 1997).

Çukurlar görünen onarım çaplarına göre sınıflandırılırlar. Eğer pist zemin hasarı yukarıda anlatılan yöntemlere göre ölçüldüğünde, 1.5 m. çapından az ise hasar “zemin zedelenmesi” veya “satın kaplama zedelenmesi” olarak isimlendirilir (Bkz. Şekil 2.9.). Pist zemin hasarı klasik silahlar ile yapılmış ise, bunun sonucunda pist zemininde oluşan çukur çevresinde zeminin patlamasından kaynaklanan moloz yığını oluşur ve görünen çap da 1.5 m.’den büyük 6 m.’den küçük ise bu çukur “küçük bomba çukuru” olarak isimlendirilir (Bkz. Şekil 2.10.). Pist zeminindeki hasar klasik silahlar tarafından yapılmışsa, bunun sonucunda derin bir çukur oluşturulmuş ve görünen çap da 6 m.’den büyükse bu da “büyük bomba çukuru” olarak isimlendirilir (Schoonbaert, et al., 2003).

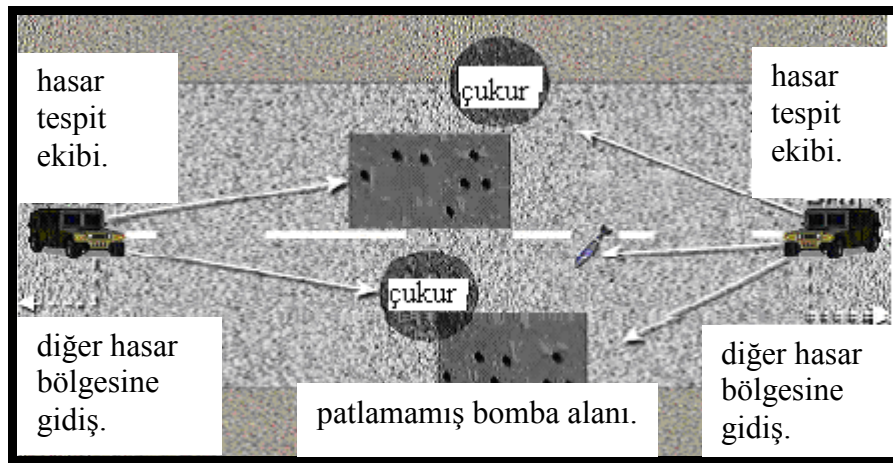


Şekil 2.9. Bombardımandan sonra yer yer zeminde oluşan kaplama zedelenmeleri (U.S. Department of The Air Force, 2008 a).



Şekil 2.10. Bombardımandan sonra pist zemininde oluşan büyük bomba çukuru (U.S. Department of The Air Force, 2008 a).

Bölüm 1’ de bahsedilen pist hızlı onarım yöntemlerinden biri, güvenlik önlemleri alınıp, gerekli saha çalışması yapıp (Bkz. Şekil 2.11.), sorti yapacak uçağın boyutlarına (Bkz. Çizelge 2.1. ve Çizelge 2.2.), iniş kalkış ağırlık ve basınçlarına (Bkz. Çizelge 2.3.), hava sıcaklığına ve zaman faktörüne bağlı kalınarak seçilir, minimum operasyon şeridi tayin edildikten sonra pistin savunmaya yönelik kullanımı için onarılma aşamasına geçilir (U.S. Department of The Air Force, 2008 a).



Şekil 2.11. Bombardıman sonrası hasar tespit ekibi saha çalışması (U.S. Department of The Air Force, 2008 a).

Çizelge 2.1. Minimum operasyon şeridi seçiminde yararlanılan uçak genişlikleri
(U.S. Department of The Air Force, 2008 a).

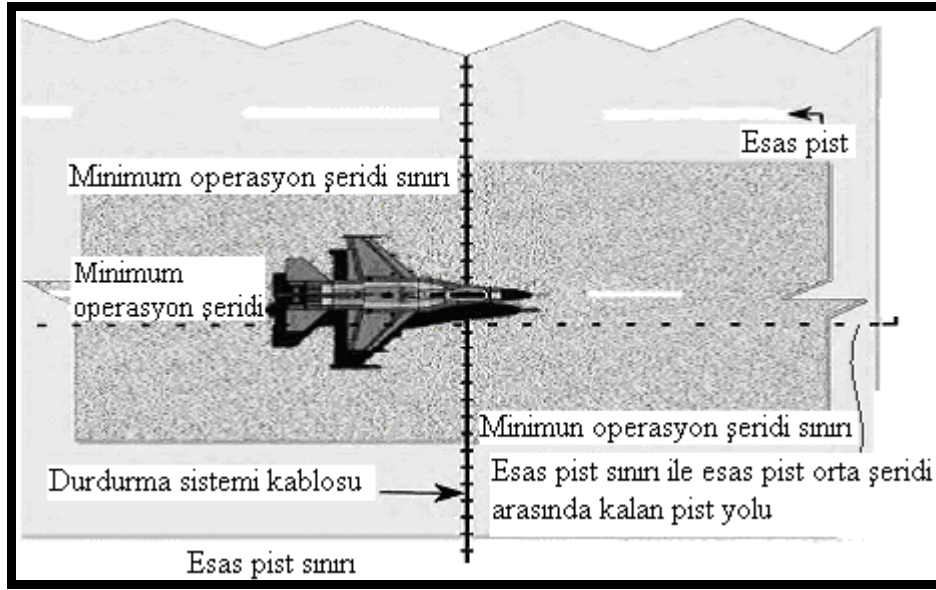
Uçak Tipi	Onarım Alanı Genişliği (Metre)
F -15/16/22, A-10/7	8
C-130	9
C-17	15
C-5, KC-10, B-747	18
KC-135	23

Çizelge 2.2. Minimum operasyon şeridi seçiminde yararlanılan pist onarım süreleri
(U.S. Department of The Air Force, 1997).

Görünen Çukur Çapı (metre)	Onarım Süresi (dakika)	İkinci Çukur İçin Ek Onarım Süresi (dakika)	İki Çukur İçin Toplam Onarım Süresi (dakika)
1.5 - 6	65	35	100
> 6	155	65	220

Hasar değerlendirme işlemleri, pist projesi üzerindeki çalışmalardan sonra karar verme, planlanma, yönetim ve onarım uygulama aşamalarını şu şekilde özetleyebiliriz:

- ⇒ Bomba hasarı belirlenmesi
- ⇒ Patlamamış ve gömülü kalmış bombaların etkisiz hale getirilip temizlenmesi
- ⇒ Sahadan gelen verilerin pist projelerine göre değerlendirilip uygulanması
- ⇒ Minimum operasyon şeridi belirlenmesi
- ⇒ Onarım yöntemi seçilmesi
- ⇒ Pist hızlı onarımı yapılması
- ⇒ Pist işaret ve çizgi uygulamaları
- ⇒ Mobil uçak durdurma sistemi kurulumu (Bkz. Şekil 2.12.)
- ⇒ Pist acil aydınlatma sistemi kurulumu (U.S. Department of The Air Force, 1997, 2008 a; U.S. Government Department of Defense Department of The Air Force, 2001).



Şekil 2.12. Onarım sonrasında pist kullanım alanının ve kurulan sistemlerin görünümü (U.S. Department of The Air Force, 2008 a).

2.2 Pist Hızlı Onarımı

2.2.1 Pist kaplama zedelenmesi hızlı onarım yöntemleri

Bombardımda pist kaplamasının zedelenmesidir ve etki kaplama altına kadar ulaşmaz. Daha çok küçük çaplı top etkisiyle, patlama etkisiyle etrafa saçılan bomba parçalarıyla ve patlama etkisiyle oluşur (Bkz. Şekil 2.13.). Hasarlı yerin çapı 1.5 m.'yi geçmeyen zedelenmeler bu sınıfadırlar. Zedelenmelerin onarım yöntemleri şöyledir:

- ⇒ Silika polimer betonu ile (doğaya zararlı olduğu nedeniyle tercih edilmez)
- ⇒ Soğuk asfalt ile onarım
- ⇒ Hızlı sertleşen magnezyum fosfat çimentolu beton ile onarım (Bkz. Şekil 2.14.)
- ⇒ Hızlı sertleşen Portland çimentolu beton ile onarım (U.S. Department of The Air Force, 1997; Schoonbaert, et al., 2003). Beton içerikli onarım yöntemleri üçüncü bölümde onarım şekilleri, tipleri ve özellikleriyle daha kapsamlı olarak araştırılmıştır.

Gerekli olan ekipmanlar şunlardır:

- ⇒ Mobil telsiz
- ⇒ Beş ton taşıma kapasiteli damperli kamyon

- ⇒ Koruyucu maskeler (betonda kullanılan çimentolar kimyasal katkılı olduğu için)
- ⇒ Çizelge 2.7'deki gibi; beton mikseri, serme ve perdah için kullanılan aletler
- ⇒ Kompaktör ve kaya matkabı (U.S. Department of The Air Force, 1997).

Çizelge 2.3. Uçak ağırlıkları (U.S. Department of The Air Force, 2008a).

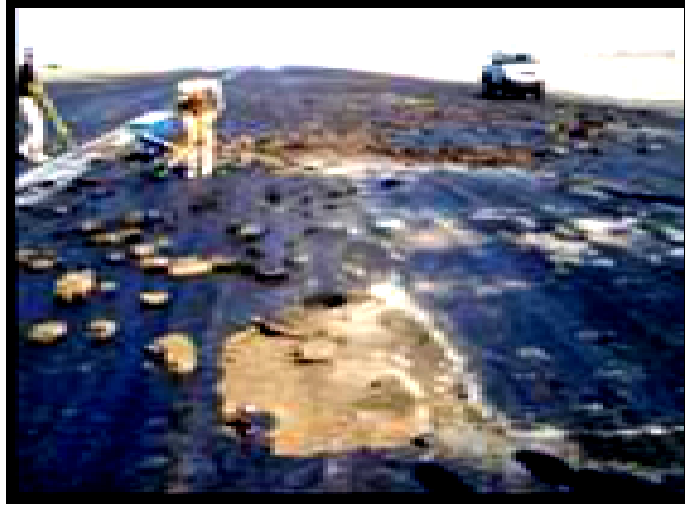
Uçak Ağırlık Tablosu	
Uçak Tipi	Tasarımda Kullanılan Uçak Dingil Ağırlıkları kg (lb)
C-141	70,300 (155,000)
C-130	38,100 (84,000)
C-5	86,180 (190,000)
C-17	117,934 (260,000)
P-3	30,845 (68,000)
F-14 / F-16	13,600 (30,000)
F-14 ve F-16 için dizayn basıncı 1.65 MPa (240 psi).	

Çizelge 2.3.'te verilen F-14 ve F-16 için 13,600 kg.'lik dingil ağırlıklarıyla beraber tasarım için alınması gereken lastik basınçları da verilmiştir. Buradan pound / inch² = psi değerini verdiğine göre F-14 ve F-16 için verilen 1.65 MPa'lık değer diğer uçaklar için ağırlıklarının oranıyla doğru orantılıdır. C-17 için hesap: $260000 / 30000 = 8.67$ ve $240 \times 8.67 = 2080$ psi yani 14.34 MPa'dır (U.S. Government Department of Defense Department of The Air Force, 2001; U.S. Department of The Air Force, 2008a)

2.2.1.1 Soğuk asfalt yöntemi ile pist hızlı onarımı

Bu yöntem savaş olmayan zamanlarda pisti onarmak için seçilebilen bir yöntem ve 60 cm. uzunluk, 15 cm. derinlikteki küçük zedelenmelerde uygulanır. Öncelikle moloz ve su birikintisi çalışılacak zeminden uzaklaştırılır. Soğuk karışım ile hasar görmemiş zemini beraber çalıştırmak için, mümkünse hasarlı bölge kompresörlü bir

kurutucu ile kurutulur. Soğuk karışımı sahada karıştırmak için bir adet küçük karıştırıcı ve serilen malzemeyi sıkıştırmak için yüzey kompaktörü gereklidir. İleriki aşamada ise vibratörlü silindirle tekrardan sıkıştırılmalıdır. Onarılan zemin 5 cm.'lik tabakalar halinde sıkıştırılmalıdır (U.S. Government Department of Defense, 2003).



Şekil 2.13. Bombardıman sonrası sıçrayan parçalardan zedelenmiş kaplama (U.S. Government Department of Defense, 2003).



Şekil 2.14. Bombardımandan sonra zedelenmiş zeminin hızlı sertleşen betonla onarımı. (U.S. Government Department of Defense, 2003).



Şekil 2.15. Bombardıman sonrasında zedelenen alanın onarıldıktan sonraki görünümü (U.S. Government Department of Defense, 2003).

2.2.2 Bomba çukuru (krater) hızlı onarım yöntemleri

Bombardımandan sonra bomba etkisiyle oluşan ve daha önce detaylı olarak bahsedilen çapı 1.5-6 m. arasında kalan çukurlar “küçük bomba çukuru”, çapı 6 m.’den büyük olan çukurlar “büyük bomba çukuru” olarak adlandırılır. Bu çukurların hızlı onarımının yapılabilmesi için, daha önce bahsedilen güvenlik önlemi ve diğer çalışmalardan ayrı olarak teknik çalışma aşamasında, ilk önce bomba etkisinden dolayı saçılan moloz yığınının, şarapnel parçalarının ve var ise çukur içine dolmuş suyun oradan uzaklaştırılması gerçekleştirilir. Sonra onarım yöntemleri şu şartlara göre seçilir:

- ⇒ Uçak tipi ve ağırlığı
- ⇒ Zaman faktörü
- ⇒ En büyük onarım büyüklüğü
- ⇒ Pist kaplama ve zemin malzemesi
- ⇒ Kolay elde edilebilecek onarım malzemesi tipi (Schoonbaert, 2003; U.S. Department of The Air Force, 2008 a; U.S. Government Department of Defense, 2002).

2.2.2.1 Kırma taş dolgu yöntemi ile hızlı onarım

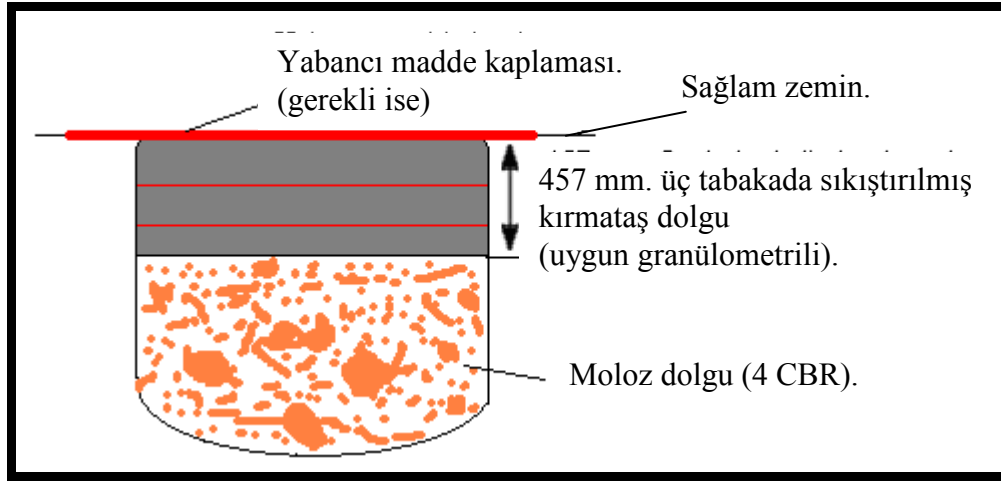
Üç tip onarım şekli vardır. Bu üç yöntem kırma taş, balast malzeme ve moloz içeriklidir. Bomba çukuru çevresi, çukur onarım çalışmalarında bir sorun yaratmaması için, çukur kenarından her yöne 9.1 m. genişliğinde pist özelliklerine bağlı olarak, dozer veya ekskavatör ile temizlenir. Bu moloz minimum operasyon şeridinden 9.0 m. uzağa ve 90 cm.'i aşmayan yükseklikte kümelenir. Dolgu malzemesi en küçük 4 CBR dayanımını sağlamalı yani iyi sıkıştırılarak serilmelidir. Aksi halde çeşitli sorunlara yol açabilir. Jet uçaklarının kullanacağı pistlerde 152 mm.'lik üstte kalan kırma taşın maksimum agrega dane boyutu 25 mm.'yi aşmaz. 152 mm.'lik kırmataş dolguları 5 tonluk tek tamburlu titreşimli silindirle 4 geçiş yapılarak veya 10 tonluk aynı özellikli silindirle 2 geçiş yapılarak serilir. 452 mm.'lik kırmataş dolguları 5 tonluk yine aynı özellikli silindirle 12 geçiş yapılarak, 10 tonluk silindirle 6 geçiş yapılarak sıkıştırılır. Sıkışmış kırmataş dolgu en düşük 25 CBR'yi sağlamalıdır (C-17-130, jetler için) (U.S. Government Department of Defense, 2003; U.S. Department of The Air Force, 2008 a).

Çizelge 2.4. İyi granülometrilili ve yüksek kaliteli kırmataş özellikleri
(U.S. Government Department of Defense, 2003).

Elek Numaraları	No.1	No.2	No.3
76 mm (3 in.)	-	-	-
64 mm (2.5 in.)	-	-	-
50 mm (2 in.)	100	-	-
37.5 mm (1.5 in.)	70-100	100	-
25 mm (1 in.)	45-80	60-100	100
19.1 mm (3/4 in.)	-	-	-
12.5 mm (1/2 in.)	30-60	30-65	40-70
4.75 mm (No.4)	20-50	20-50	20-50
2.0 mm (No.10)	15-40	15-40	15-40
0.425 mm (No.40)	5-25	5-25	5-25
0.075 mm (No.200)	0-8	0-8	0-8

2.2.2.1.1 Moloz dolgu yöntemi hızlı onarımı

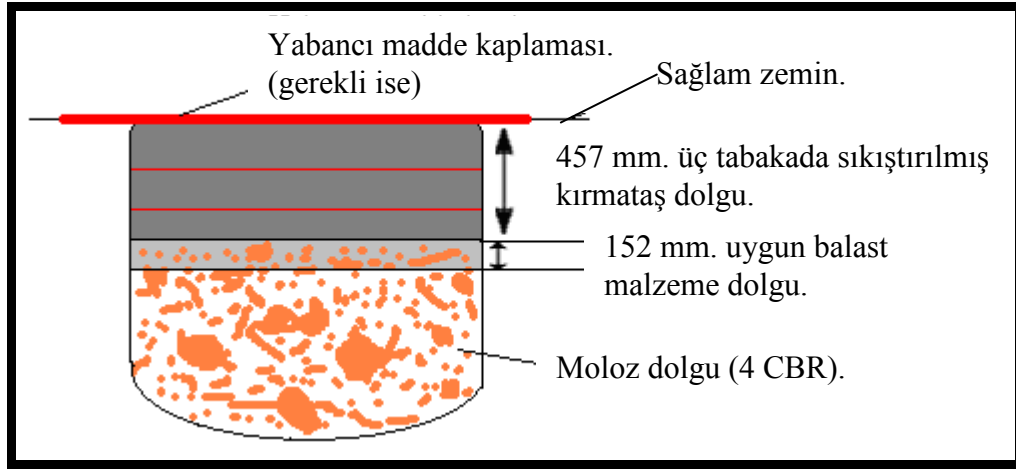
Bomba çukurundan fışkıran moloz geri kullanım için çok uygunsa, bomba çukuru bu malzemeyle sağlam yüzeyden 457 mm. aşağıya kadar doldurulup, geri kalan kısım (457 mm.) uygun granülometrilili kırma taş (Bkz. Çizelge 2.3., 2.16) ile doldurulup her 152 mm.'de bir yeteri kadar sıkıştırılır. Sıkıştırma kompaktör ile yapılır (U.S. Government Department of Defense, 2003; U.S. Department of The Air Force, 2008 a).



Şekil 2.16. Moloz dolgu profili (U.S. Government Department of Defense, 2003).

2.2.2.1.2 Moloz üstüne balast dolgu yöntemi hızlı onarımı

Bomba çukurundan fışkıran moloz geri kullanım için temiz ve çok uygunsa, bomba çukuru bu malzemeyle sağlam yüzeyden 609 mm. aşağıya kadar doldurulup, geri kalan kısmın 152 mm.'si uygun balast malzeme (Bkz. Çizelge 2.4) ile ve geri kalan 457 mm.'si de uygun granülometrilili kırmataş (Bkz. Çizelge 2.3., 2.17.) ile doldurulur. Sıkıştırma 152 mm.'de bir uygun kompaktör kullanılarak, yeteri kadar yapılır (U.S. Government Department of Defense, 2003; U.S. Department of The Air Force, 2008 a).



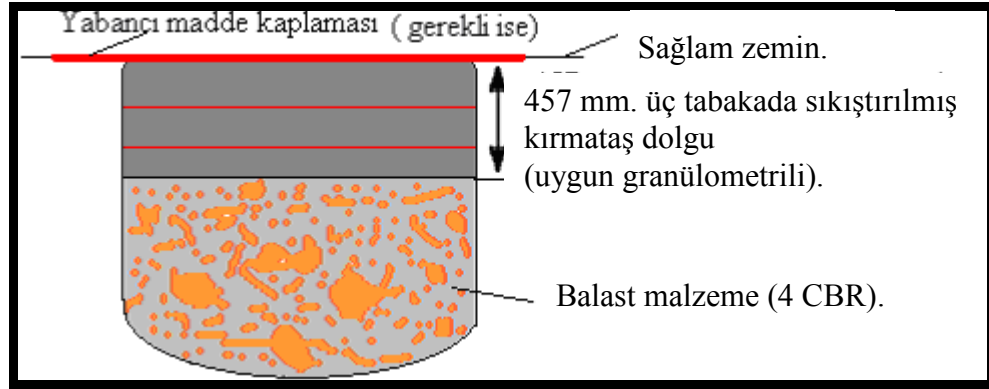
Şekil 2.17. Moloz üstüne balast dolgu profili
(U.S. Government Department of Defense, 2003).

Çizelge 2.5. Balast malzeme özellikleri (U.S. Government Department of Defense, 2003)

Elek Numaraları	% Geçen (Ağırlık)
76 mm (3 in.)	100
64 mm- 12.5 mm (2-1/2 in.)	90-100
50 mm (2 in.)	35-100
25 mm-12.5mm (1-1/2 in.)	0-70
25 mm (1 in.)	0-15
0.075 mm (No.200)	0-10
12.5 mm (1/2 in.)	0-5

2.2.2.1.3 Balast dolgu yöntemi hızlı onarımı

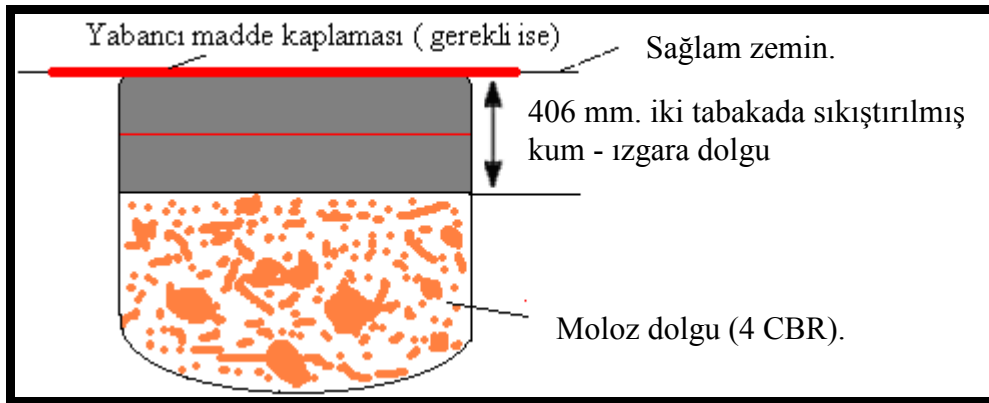
Bomba etkisiyle oluşan moloz malzeme geri kullanım için uygun değilse, yani taşıma kapasitesi yoksa ve oluşan bomba çukurunun içinde su bulunuyorsa; bomba çukuru bu malzemeyle sağlam yüzeyden 457 mm. aşağıya kadar doldurulup, geri kalan kısım (457 mm.) uygun granülometreli kırma taş (Bkz. Çizelge 2.3., 2.18.) ile doldurulup sıkıştırılır. Sıkıştırma 152 mm.'de bir kompaktörle yeteri kadar yapılır (U.S. Government Department of Defense, 2003; U.S. Department of The Air Force, 2008 a).



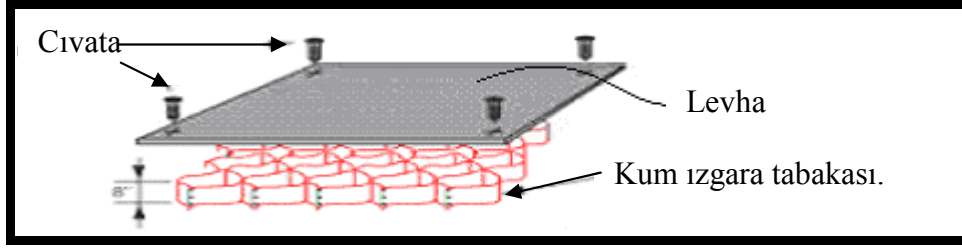
Şekil 2.18. Balast dolgu profili (U.S. Government Department of Defense, 2003).

2.2.2.2 Kum – ızgara yöntemi ile hızlı onarım

Bomba çukur kenarları temizlenir, içinde su bulunuyorsa boşaltılır ve bomba çukurundan fişkıran moloz geri kullanım için çok uygunsa, bomba çukuru bu malzemeye sağlam yüzeyden 406 mm. aşağıya kadar doldurulup, üstte kalan 406 mm.'lik boşluğa kum dolgu yapılır. Moloz ve kum malzemeler kohezyonsuz malzeme olmalıdır. Yabancı madde kaplaması gerekli ise; çukur kare kenarlı olarak ayarlanır, kare kenarlı kesit 15 x 15 m boyutlarında olur ve “yabancı madde hasarı” kaplaması bu kum dolgunun üzerine yapılır (Bkz. Şekil 2.19., 2.20.). Kum sıkıştığında 25 CBR değerini vermelidir. Kum iki tabaka halinde serilir ve ızgara adını bu şekilde serilmesinden almıştır. Sıkıştırma da 203 mm.'de bir yapılır (U.S. Government Department of Defense, 2002, 2003; U.S. Department of The Air Force, 2008 a).



Şekil 2.19. Kum – ızgara dolgu profili (U.S. Government of Defense, 2003).

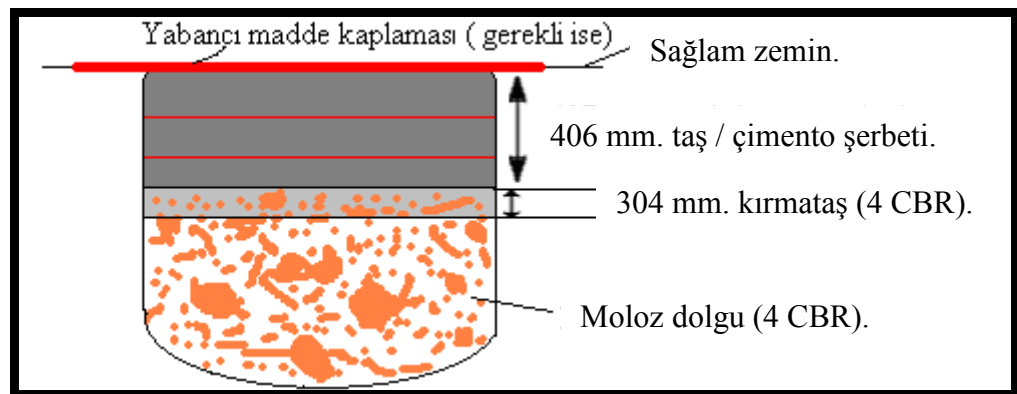


Şekil 2.20. Kum – ızgara yönteminde yabancı malzeme hasar kaplaması yapımı.

2.2.2.3 Taş ve çimento şerbeti yöntemi ile hızlı onarım

2.2.2.3.1 Donma sıcaklığının üzerinde taş ve çimento şerbeti yöntemi hızlı onarımı

Bomba çukurundan fıskıran moloz geri kullanım için çok uygunsa, bomba çukuru bu malzemeyle sağlam yüzeyden 710 mm. aşağıya kadar doldurulup, üzerine 304 mm. kırmataş da, 152 mm.'lik tabakada bir serilir her tabakada ve 5 tonluk tek tamburlu titreşimli silindirle 4 geçiş yapılarak veya 10 tonluk aynı özellikli silindirle 2 geçiş yapılarak, 25 CBR mukavemet verecek şekilde sıkıştırılır. Bomba çukuruna 203 mm. kalınlığında çimento şerbeti karışımı (Bkz. Çizelge 2.6.) ile doldurulduktan sonra, bu şerbet karışımına kalsiyumklorid priz hızlandırıcı olarak eklenir, 406 mm.'lik taş ve çimento şerbeti karışımını tamamlamak için geri kalan 203 mm.'lik taş dolgu da tamamlanır. Titreşimli silindirin onarım yüzeyi üzerinde yürümesiyle altta kalan çimento şerbeti taş dolgu arasından süzülerek yukarı yüzeye doğru çıkar (Bkz. Şekil 2.21. ve Bkz. Şekil 2.22.) (U.S. Government Department of Defense, 2002).



Şekil 2.21. Taş ve çimento şerbeti dolgu profili (U.S. Government of Defense, 2003).



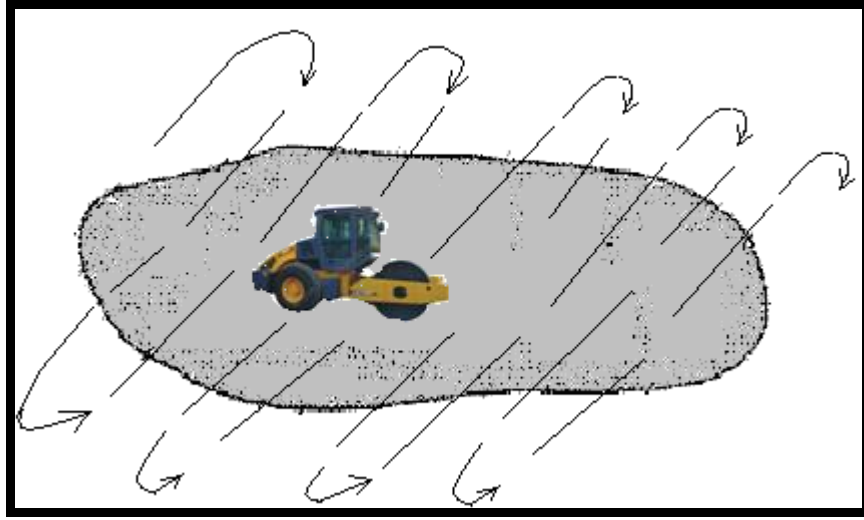
Şekil 2.22. Taş ve çimento şerbeti dolguda titreşimli silindir uygulaması
(American Concrete Pavement Association, 2006).

Çizelge 2.6. Taş ve çimento şerbeti karışım oranları
(U.S. Government Department of Defense, 2002).

Şerbet Karışımı	Ağırlık (%)	Katkı Maddesi Ağırlığı (kg/dm ³)
Portland Çimentosu	67.8	764095.9
Kalsiyum-Klorid (Hızlandırıcı)	1	11315.4
Sürtünme Geciktirici	0.2	2217.2
Su	31	348331

2.2.2.3.2 Donma sıcaklığının altında taş ve çimento şerbeti yöntemi hızlı onarımı

“Donma sıcaklığının üzerinde taş ve çimento şerbeti yöntemi hızlı onarımı” ile aynı işlemler yapılır ancak farklı olarak sıcaklık donma sıcaklığının altına düştüğünde, bazı çimento şerbet karışımının donmaması ve priz süresinin gecikmemesi için bazı işlemler yapılır. Kalsiyumklorid maddesi priz hızlandırıcı olarak normalden üç kat fazlası eklenir, agrega bir çadıra yığılıp ısıtılır. Sonra karışım suyu da belli bir dereceye kadar ısıtılıp, karışım elde edilir (U.S. Government Department of Defense, 2002).



Şekil 2.23. Dolgu yöntemlerinde sıkıştırma işlemi istikametleri
(U.S. Department of The Air Force,1997).

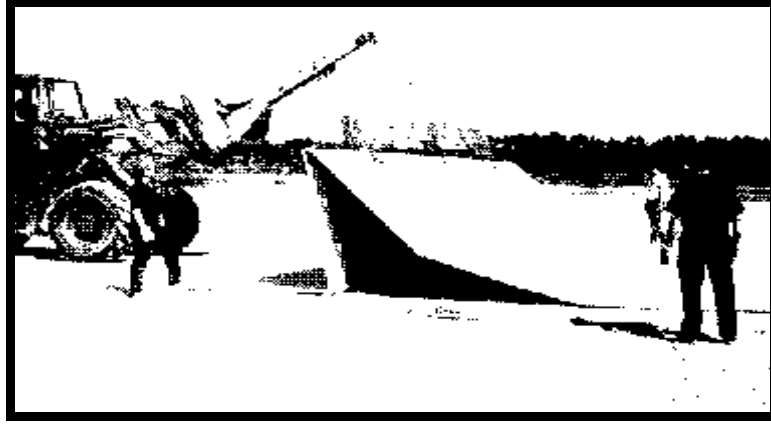
2.2.2.4 Yabancı madde kaplaması döşeme yöntemleri (levha ile)

Fiberglasla güçlendirilmiş plastik levha özelliklerini sıralarsak; en büyük boyutlu olanı $5.49 \times 2.01 \times 0.0127$ m., iki-sağ yarım panelli olanı $2.62 \times 2.01 \times 0.0127$ m., iki-sol yarım panelli olanı $2.83 \times 2.01 \times 0.0127$ m. boyutlarındadır. Birleştirilmiş boyutları 8.11×8.11 m. birleştirme ve ankraj delik aralıkları 63.5 mm aralıklıdır. Beton ankraj vidası iki tiptedir; birincisi, 177.8 mm. uzunluk ve 15.9 mm kalınlıklı olan, ikincisi 152.4 mm. uzunluk ve 19.1mm. kalınlıklıdır. Asfalt ankraj vidaları ise büyük çivi tipinde olup 241.3 mm uzunluk ve 19.1 mm. kalınlıklıdır. Döner tip çekiçle monte edilir. Ankraj vida delikleri önceden açılıp paneller yerleştirildikten sonra vidalar takılır. Katlanır fiberglas levha (Bkz. Şekil 2.25.) özelliklerini sıralarsak; standart levha ağırlığı 1360 kg. olup 9 adet fiberglas panelden oluşur. Boyutları $1.83 \times 9.14 \times 0.0127$ m.'dir. Bu sistem birbirine bağlanan panellerden oluşur. Birleşik boyutu 7.32×9.14 m.'dir.

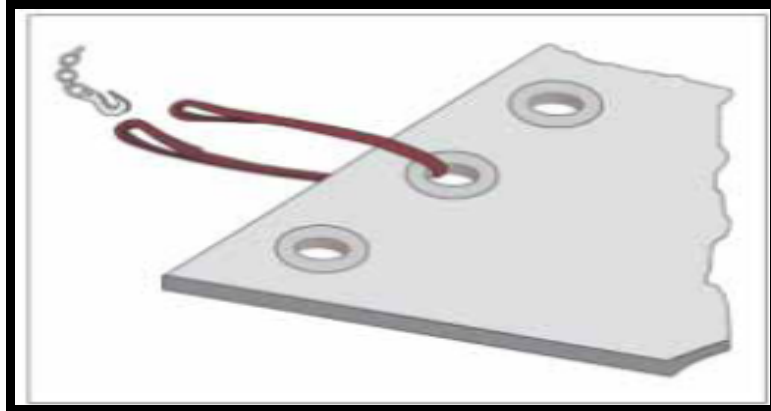
Bu paneller monte edilmeden önce delik çevreleri temizlenip istenen özelliklerde doldurulduktan sonra, ankraj delikleri açılıp, paneller dolgu üzerine konulup kaplamanın sağlam kenarlarına vidalanırlar (U.S. Government Department of Defense, 2002; U.S. Government Department of Defense Department of the Air Force, 2002).

2.2.2.4.1 Katlanır fiberglas levha (FFM) döşeme yöntemi ile hızlı onarım

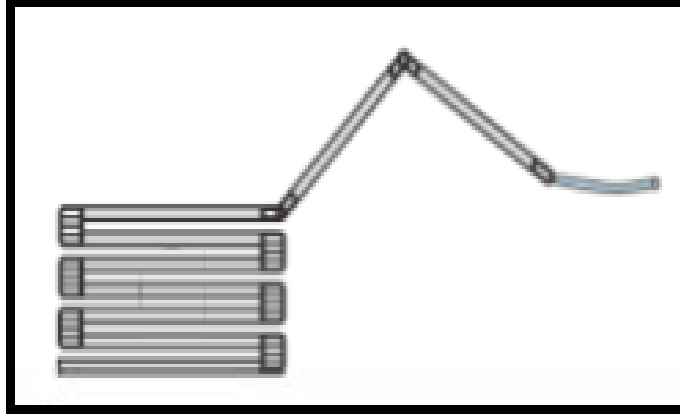
Pist hızlı onarımı için kullanılan katlanır fiberglas levha iki kattan oluşur. Bu paneller sınırlarından birleştirilmiş şekildedirler. Bu levhalara esnek poliüretan emdirilmiştir. Bombardıman sonrası bomba çukuruna, moloz dolgu ile hızlı onarım yöntemindeki gibi; moloz ve uygun kırmataş yerleştirilip kompaktör ile sıkıştırıldıktan sonra, bu levhalar yere göre şekle göre kesilir, katlanır ve döşenirler (Bkz Şekil 2.24).



Şekil 2.24. Katlanır fiberglas levha (FFM) döşeme metodu ile hızlı onarım (U.S.Department of The Air Force,1997).



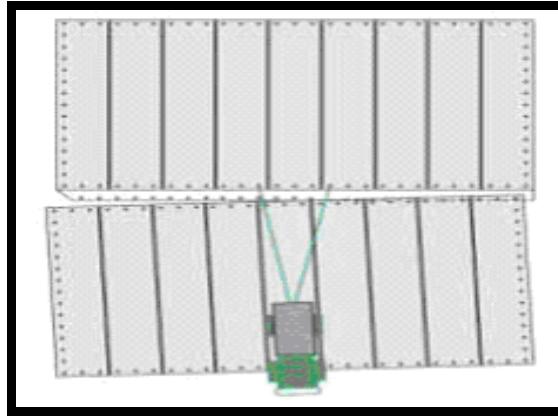
Şekil 2.25. Katlanır levha kenar kavrama detayı (U.S. Government of Defense,2003).



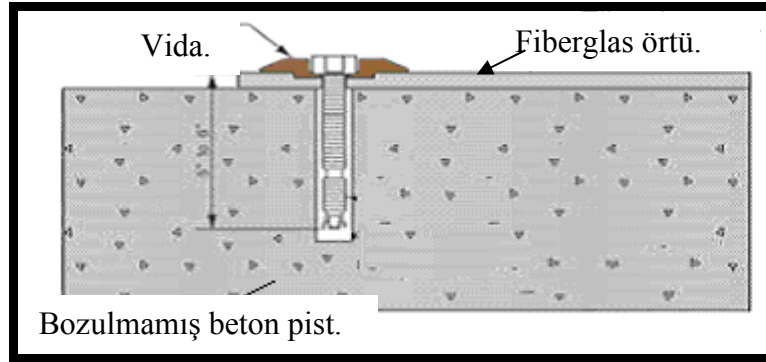
Şekil 2.26. Katlanır levha (U.S. Department of The Air Force,1997).

2.2.2.4.2 Fiberglasla güçlendirilmiş plastik levha (FRP) yöntemi ile hızlı onarım

Pist hızlı onarımı için kullanılan katlanır fiberglas levha iki veya üç kattan oluşur. Levhaların farklı boyutları mevcuttur. Bombardıman sonrası bomba çukuruna, moloz dolgu ile hızlı onarım yöntemindeki gibi; fırlayan moloz, tekrardan çukura doldurulur, üzerine de uygun kırmataş serilip yeteri kadar sıkıştırıldıktan sonra levhalar dolgu üzerine çekilerek serilir ve sağlam kaplamaya vidalanır (Bkz. Şekil 2.27., 2.28.) (U.S. Department of The Air Force, 1997; U.S. Government of Defense, 2003).



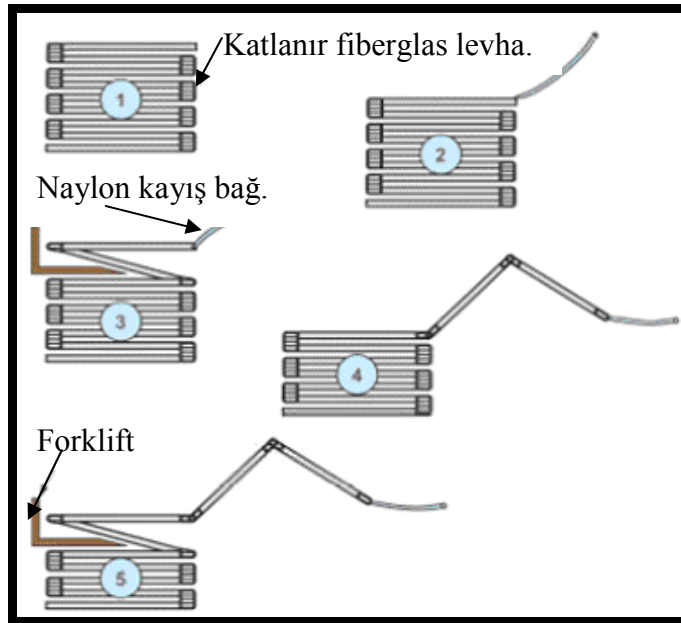
Şekil 2.27. Levha birleştirme yöntemi (U.S. Government of Defense, 2003).



Şekil 2.28. Levha sabitleme yöntemi (U.S. Department of The Air Force, 1997).

2.2.2.4.3 Vidalı fiberglasla güçlendirilmiş plastik levha yöntemi ile hızlı onarım

Bu levhalar üç katlıdır. Birbirleriyle özdeş olan panellerden oluşur. Bu paneller katlanmış olarak getirilir ve Şekil 2.29’da görüldüğü gibi forklift yardımıyla bomba çukuru çevresine sağlam kaplamanın kenarları üzerine kendi deliklerinden vidalanırlar.



Şekil 2.29. Katlanır levha montaj aşamaları (U.S. Government of Defense, 2003).

2.2.2.5 Prekast beton döşemesi döşeme yöntemi ile hızlı onarım

Prekast beton döşeme 2 x 2 x 15 m. boyutlarında Portland çimentosu betonundan elde edilir. Bombardımandan sonra çukurdaki ve çukur kenarındaki moloz yığını temizlenir. Kaplama kenarları kare şekilli olarak kesme makinesiyle kesilir. Bomba çukuru daha önce bahsettiğimiz özelliklerdeki balast malzeme ve çakıl ile, yine önceden bahsedilen “moloz üstüne balast dolgu yöntemi hızlı onarımı”ndaki uygulamalarla, kaplama yüzeyinin 10 cm. aşağısına kadar (prekast beton döşeme konulacağı için) doldurulur ve önceden belirtilen yeterli sıkışma değerleri sağlanır. Prekast beton döşeme dolgu üzerine yerleştirilir sonra silindirle sıkıştırılır. (Schoonbaert, et al., 2003).

2.2.2.6 Prekast asfalt blok döşeme yöntemi ile hızlı onarım

Asfalt blokları 0.6 x 0.6 x 0.1 m. boyutlarındadır. Daha önceden bahsedilen “prekast beton döşemesi döşeme yöntemi ile hızlı onarım”daki dolgu işlemleri yapıp kaplamadan 10 cm. aşağısına kadar yerleştirilip sıkıştırılır. Asfalt bloklar yerleştirildikten sonra da yerleştirme-sıkıştırma işlemi için asfalt bloklar ısıtıcılarla ısıtılır. Böylece ısıtıcılarla ısıtılan bloklar yerleştirilmiş olur (Schoonbaert, et al., 2003).

2.2.2.7 AM – 2 Alüminyum levha döşeme yöntemi ile hızlı onarım

Bu yöntem hava kuvvetleri kaynaklarında 47 yıllık bir geçmişe sahiptir (Bkz. Şekil 2.30.). Pist hızlı onarımının başlıca yöntemlerinden biridir. AM-2 alüminyum levha en iyi performansı ve en kolay kurulumu, iyi granülometrilili ve iyi sıkıştırılmış kırmataş dolgulu bomba çukuru zemininde verir. “Moloz dolgu yöntemiyle hızlı onarım”daki dolgu işlemleri yapıp yerleştirilip sıkıştırılır. Bu levhanın bir özeliği de bir doğrultuda kaplanabilmesidir. Levha döşenmesinde, uygulamanın doğrultusundan sapmaması için ip germe yöntemi kullanılır. AM -2, bomba çukuru üzerine 16.5 m. genişlikte ve 23.6 m. uzunlukta birleşmiş olarak uygulanır. Standart bir AM-2 paketinde 11 adet tam uzunlukta ve 2 adet yarım uzunlukta alüminyum levha bulunur ve tek doğrultuda, örneğin sağ-sol doğrultusunda, dolgu üzerine birleştirilip döşenerek uygulama yapılır (Schoonbaert, et al., 2003; U.S. Department of The Air Force, 1997).



Şekil 2.30. AM-2 alüminyum levha döşeme yöntemi ile hızlı onarım
(U.S. Department of The Air Force, 2008 a).

Çizelge 2.7. Pist hızlı onarım ekipmanları (U.S. Department of The Air Force, 1997).

Bomba Çukuru Hazırlanması	Bomba Çukuru Temizlenmesi	Agrega Taşınması
3.06 m ³ Loder	Loder	Damperli Kamyon
1.91 m ³ Loder	Ekskavatör	Loder
Ekskavatör	Dozer	
Dozer	Greyder	
Reglaj	Sıkıştırma	Yükleme / Taşıma
Greyder	Silindir	3.06 m ³ Loder
Loder	Ekskavatör	1.91 m ³ Loder
Ekskavatör		Forklift
Zemin Zedelenme Temizliği	Dolgu	Moloz Temizliği
Kompresör	Greyder	Loder
Vakumlu süpürge	Loder	Greyder
	Ekskavatör	Ekskavatör
	Dozer	Dozer
Levha Taşınması	Süpürme	
Traktör	Traktöre monte edilen yol süpürgesi	
3.06 m ³ Loder	Vakumlu süpürge	
1.91 m ³ Loder	El Süpürgesi	
Ekskavatör		

BÖLÜM 3

PİST HIZLI ONARIMLARI İÇİN HIZLI SERTLEŞEN BETONLAR

Onarım yöntemlerinden hızlı sertleşen beton ile ilgili olanlar bu bölümde araştırılmıştır. Hızlı sertleşen betonla ilgili olan yöntemleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- ⇒ Polimer beton ile poliüretan başlık yapılarak onarım yöntemi
- ⇒ Çok erken dayanım kazanan betonla (VES) onarım
- ⇒ Magnezyum fosfat çimentolu beton ile onarım

Zemin zedelenmesi için uygulanan onarım yöntemlerini şöyle sıralayabiliriz:

- ⇒ Silika polimer betonu ile (doğaya zararlı olduğu için çok tercih edilmez)
- ⇒ Hızlı sertleşen magnezyum fosfatlı çimento şerbeti ile onarım

(Tayabji, et al., 2007; U.S. Department of The Air Force, 1997).

3.1 Bombardıman Sırasında Oluşan Zemin Zedelenmelerinin Pist Hızlı Onarımlarında Kullanılan Hızlı Sertleşen Soğuk Karışımlar ile Onarımı

3.1.1 Silikal polimer betonu ile onarım yöntemi

Silikal reçine tozu, sertleştirici toz, likit bileşen (R7-AF) ve soğuk havada kullanılan priz hızlandırıcıdan oluşan bir polimer harçtır. Karıştırıldığı andan itibaren 5 ile 10 dakika arasında işlenebilirliğini korur ve 20 dakika içerisinde de yerleştirilebilirliği vardır. Soğuk havada kullanılan priz hızlandırıcı sıcaklık sadece 0 °C' nin altındaysa kullanılır. Daha sıcak havalarda kullanılırsa harcın dayanımını düşürmektedir. Harcın kalitesini yükseltmek için çakıl ile toz bileşen ağırlıkları eşit karıştırılır. Silikal suya karşı hassas olduğu için karışımda yalnızca kuru agrega kullanılır. Silikal zedelenmiş zemine uygulanmadan önce zemindeki pislik, gevşek ve sağlam olmayan moloz temizlenir. Derin hasar oluşmasında, parça halinde kalmış beton molozlar boşluk doldurmada kullanılabilir. Eğer hasar çok az ise kaya matkabıyla en az onarılacak kadar derinlik elde edilebilir. Çalışma yapılacak zeminde su birikintisi

veya ıslaklık var ise giderilir. Elde edilen karışım 15-30 saniyeden fazla karıştırılmaz. Silikal yanıcı ve patlayıcı olduğundan koruyucu giysi ile uygulanır (Bkz. Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Silikal uygulaması (U.S. Department of The Air Force, 1997).

3.1.2 Hızlı sertleşen magnezyum fosfatlı çimento şerbeti ile onarım yöntemi

Magnezyum fosfat çimentosu inorganik bir bileşendir ve Portland çimentoları gibi kullanılır. Bu çimentodan yapılan beton erken dayanım kazanma özeliğindedir. Bu betonlara rötre ve büzülme yapmayan betonlar olarak tasarlanırlar ve şerbetin boşlukları doldurma özeliği vardır. Bazı ticari isimleri şunlardır: Por-Rock, SET 45, FEB ASR-1, hızlı sertleşen ve büzülmeyen çok amaçlı şerbet. Bu magnezyum fosfat çimentolu şerbet, kuru veya ıslak zemine uygulanabilir ve beton veya asfalt kaplamada çok iyi bağlayıcılık sağlar. Uygulandığı yer kuru veya ıslak olması fark etmez, eğer ıslak ise bu şerbet suyu oradan uzaklaştırma özeliğine sahiptir. Bu şerbetin priz alıp sertleşmesi tamamen hava sıcaklığına bağlıdır. Donma sıcaklığının altında sertleşme bir kaç saat sürebilir, ancak sıcaklık 37 °C ve üzerindeyse 30 saniye gibi kısa bir sürede çabuk sertleşme olmaktadır. Magnezyum fosfatlı çimentodan yapılan şerbet hiçbir priz hızlandırıcı veya geciktirici kullanmaya gerek kalmaksızın 0 °C ile 23 °C arasında

uygun bir şekilde uygulanabilir. Sertleşme süresi priz hızlandırıcı ve priz geciktirici veya sıcak su ve soğuk su kullanılarak değiştirilebilir. Magnezyum fosfat çimentolu şerbet onarım yöntemiyle normal çimentolu şerbet onarım yöntemi aynıdır. Bununla beraber bu şerbetin sertleşme süresi daha kısa, karıştırıldığı mikser küçük ve karıştırma süresi de 1-2 dakika arasındadır ve hemen sonra hasarlı zemine uygulanır. Magnezyum fosfat çimentolu şerbette 5-20 cm. boyutları arasında agrega kullanılır. Zedelenmiş zeminde yağ ve moloz bulunmamalıdır. Zedelenmiş zemin “balast dolgu yöntemi hızlı onarımı”ndaki gibi, daha önce anlatılmış olan uygun granülometrilik kırmataş ve balast malzeme ile doldurulduktan sonra magnezyum fosfatlı şerbet kullanılarak kaplama onarımı gerçekleştirilir (Bkz. Şekil 3.2) (U.S. Department of The Air Force, 1997).



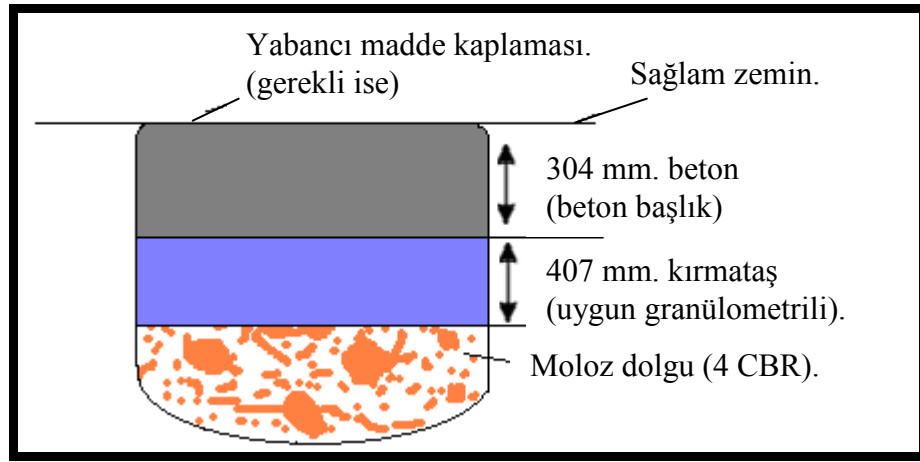
Şekil 3.2. Hasarlı zemine şerbet uygulama (U.S. Department of The Air Force, 1997).

3.2 Bombardıman sırasında Oluşan Bomba Çukurlarının Pist Hızlı Onarımlarında Kullanılan Hızlı Sertleşen Soğuk Karışımlar ile Onarımı

3.2.1 Hızlı sertleşen magnezyum fosfatlı çimentodan elde edilen beton ile onarım

Bomba çukurundan fışkıran moloz geri kullanım için çok uygunsa, bomba çukuru bu malzemeyle sağlam yüzeyden 711 mm. aşağıya kadar doldurulur. Üzerine 406 mm. kırmataş da, 152 mm.’lik tabakada bir serilir, her tabakada 5 tonluk tek

tamburlu titreşimli silindirle 4 geçiş yapılarak veya 10 tonluk aynı özellikli silindirle 2 geçiş yapılarak, dolgunun, 25 CBR dayanım verecek miktarda sıkıştırılır. Bomba çukuru 304 mm. kalınlığında hızlı sertleşen magnezyum fosfat çimentosundan üretilen beton karışımı dökülür ve sağlam zemin seviyesinde perdahlanır ve beton bir başlık elde edilir (Bkz. Şekil 3.3.) (U.S. Government Department of Defense, 2003).



Şekil 3.3. Bomba çukuru beton tamir yöntemi
(U.S. Government Department of Defense, 2003).

Bu çimentodan yapılan beton, erken dayanım kazanma özeliğine sahip betondur. Bu betonlara rötre ve büzülme yapmayan betonlar olarak tasarım yapılır ve şerbeti de boşlukları doldurma özeliğine sahiptir. Uygulandığı yerin kuru veya ıslak olması çok önemli değildir. Bu betonun prizini alıp sertleşmesi tamamen hava sıcaklığına bağlıdır. Donma sıcaklığının altında sertleşme birkaç saat kadar sürebilir, ancak sıcaklık 37 °C ve üzerinde ise sertleşme otuz saniye kadar kısa bir sürede de çabuk sertleşme olmaktadır.

Magnezyum fosfatlı çimentodan yapılan beton, hiçbir priz hızlandırıcı veya geciktirici kullanmaya gerek kalmaksızın 0 °C ile 23 °C sıcaklıkları arasında uygun bir şekilde uygulanabilir. Ancak sertleşme süresi priz hızlandırıcı ve priz geciktirici veya sıcak su ve soğuk su kullanılarak değiştirilebilir. Bununla beraber bu betonun sertleşme

süresi daha kısadır, karıştırma süresi de 1-2 dakika arasındadır. Karıştırılma işlemi bittikten hemen sonra zedelenmiş zemine uygulaması yapılarak yerleştirilip perdahlanır. Magnezyum fosfat çimentolu beton ile portland çimentolu beton aynı yöntemlerle tasarlanır (Bkz. Çizelge 3.4.). Kırmataş ve agrega granülometrisi (Bkz. Çizelge 3.1., Bkz. Çizelge 3.2.) (Ronald Reagan Washington National Airport, 2007; American Concrete Pavement Association, 2006; U.S. Department of The Air Force, 2008 b).

Çizelge 3.1. Beton onarım yöntemleri için pist betonu kaba agrega granülometrisi.

Kaba Agrega Granülometrisi	
Elek Göz Açıklıkları	Ağırlıkça Geçen %
1 inch (2.5 cm.)	100
3/4 inch. (2 cm.)	90-100
3/8 inch.(1 cm.)	20-55
No. 4	0

Çizelge 3.2. Beton onarım yöntemleri için pist betonu ince agrega granülometrisi.

İnce Agrega Granülometrisi	
Elek göz Açıklıkları	Ağırlıkça Geçen %
3/8 inch.(1 cm.)	100
No. 4	95-100
No. 16	45-80
No. 30	25-55
No. 50	10-30
No. 100	2-10

Çizelge 3.3. Magnezyum fosfat çimentolu beton ile portland çimentolu beton tasarımı.

Beton Karışım Tasarımı	
Bileşenler	Ağırlık (pound /kg)
Tip I/II (ASTM C-150) veya Magnezyum fosfat çimentosu	411 / 187
Uçucu Kül (F Sınıfı)	176 / 80
Kaba Agregası	1897 / 861
İnce Agregası	1265 / 574
Su	211 / 96
Hava Sürükleyici Katkı	Karışımın % 5.5' i kadar
Su azaltıcı Katkı	
Su – Çimento Oranı	0.36

3.2.2 Çok erken dayanım kazanan betonla (VES) onarım

Erken dayanım kazanan betonlar, erken dayanımlı çimento ve katkı maddelerinden oluşan betonlardır. Bu betonlar normal betonlardan daha erken istenilen sertleşme ve dayanımı kazanırlar. Erken dayanımlı betonlar, erken yüksek dayanımlı betonlar (HES) ve çok erken dayanım kazanan betonlar (VES) olarak ikiye ayrılırlar.

Çok erken dayanım kazanan betonların da A ve B olarak adlandırılan iki seçeneği vardır. VES-A betonu, Portland çimentosu kullanılarak üretilen ve su-çimento oranı 0.40 olarak belirlenen beton karışımına su eklendikten 6 saat sonra 2000 psi'lik yani 14 MPa'lık basınç dayanımı kazanır. VES-B betonu da, yine Pyrament PBC-XT katkılı çimento kullanılarak üretilen ve su-çimento oranı 0.29 olarak belirlenen beton karışımına su eklenmesinden 4 saat sonra 2500 psi'lik yani 17.5 MPa'lık basınç dayanımı kazanır. Erken yüksek dayanımlı beton ise en düşük 2000 psi, yani 14 MPa'lık basınç dayanımını 12 saatte ancak kazanabilir. Pist hızlı onarım yöntemlerinde en az 1500 psi yani 11 MPa'lık basınç dayanımının 4 saat veya daha az sürede kazanılması uçakların dingil basıncını karşılaması için gereklidir (Larmie, 2005).

Bomba çukuru onarımında, bomba çukurundan fişkıran moloz geri kullanım için çok uygunsa, bomba çukuru bu malzemeye sağlam yüzeyden 711 mm. aşağıya kadar doldurulur. Üzerine 406 mm. kırmataş da, 152 mm.'lik tabakada bir serilir, her

tabakada 5 tonluk tek tamburlu titreşimli silindire 4 geçiş yapılarak veya 10 tonluk aynı özellikli silindire 2 geçiş yapılarak, 25 CBR dayanım verecek şekilde sıkıştırılır.

Bomba çukuruna 304 mm. kalınlığında çok erken dayanım kazanan beton karışımı dökülür, yerleştirilir ve dökülen yer sağlam zeminle aynı seviyede perdahlanır. Çizelge 3.4. ve Çizelge 3.5.'te iki ayrı VES karışım tasarımı verilmiştir. Kırmataş granülometrisi için (Bkz. Çizelge 2.4.), agrega granülometrisi (Bkz. Çizelge 3.1., Çizelge 3.2.) (Larmie, 2005, U.S. Government Department of Defense, 2003).

Çizelge 3.4. Çok erken dayanım kazanan beton ağırlığa göre tasarım I (Larmie, 2005).

Karışım - I	
Malzemeler	Ağırlık (kg)
Çimento Tip III (ASTM C-150)	395
Kaba Agrega	783
İnce Agrega	372
Su	162
Priz Hızlandırıcı	23
Yüksek Oranda Su Azaltıcı (HRWR)	1.4
Hava Sürükleyici Katkı	1.4
Su - Çimento Oranı	0.41

Çizelge 3.5. Çok erken dayanım kazanan beton ağırlığa göre tasarım II (Larmie, 2005).

Karışım - II	
Malzemeler	Ağırlık (kg)
Çimento Tip I (ASTM C-150)	415
Kaba Agrega	510
İnce Agrega	553
Su	187
Priz Hızlandırıcı	23
Yüksek Oranda Su Azaltıcı (HRWR)	1.43
Hava Sürükleyici Katkı	2.3
Su - Çimento Oranı	0.45

Çizelge 3.6. Çok erken dayanım kazanan beton orana göre tasarımlar (Larmie, 2005).

Malzemeler	Toplam Kütleyle Oranları (Karışım - I)	Toplam Kütleyle Oranları (Karışım-II)
Çimento	0.227 (Tip III)	0.194 (Tip I)
Kaba Agrega	0.451	0.46
İnce Agrega	0.214	0.259
Su	0.093	0.079
Yüksek Oranda Su Azaltıcı(HRWR)	0.0007	0.0006
Hava Sürükleyici Katkı	0.0007	0.0002

3.2.2.1 Erken dayanım ve sertleşme elde etmek için kullanılan teknikler

1. Tip III Erken dayanımlı çimento kullanılır. (ASTM C-150)
2. Yüksek miktarda çimento kullanılır.
3. Tip I çimentosu (ASTM C-150) ve düşük su-çimento oranı (0.3-0.45) seçilir.
4. Beton karışımında yüksek sıcaklık sağlanır.
5. Kimyasal katkı kullanılır.
6. Silis dumanı kullanılır.
7. Kür sıcaklığı yüksek tutulur.
8. Hidratasyon için izolasyon sağlanır.
9. Özel hızlı sertleşen çimentolardan kullanılır.
10. Buhar kürü uygulanır.

Karışımında düşük su-çimento oranı, Tip III klasik Portland çimentosu, kimyasal katkı ve fazla çimento miktarı kullanılarak çok erken dayanımı yüksek beton elde edilebilir (American Concrete Pavement Association, 2003, 2006; Larmie, 2005)

Pist hızlı onarımlarında kullanılan betonların 2-4 saat içinde 11 MPa'dan fazla basınç dayanımına ulaşması gereklidir. Bu betonlar magnezyum fosfat çimentolu betonlar ve çok erken dayanımlı betonlardır (U.S. Department of The Air Force, 1997).

Çizelge 3.7. Yüksek performanslı betonların tanımlanması (Larmie, 2005).

YÜKSEK PERFORMANSLI BETONLAR	En düşük Basınç Dayanımı	En yüksek Su - Çimento Oranı	En düşük Don Dayanıklılık Faktörü %
Çok Erken Dayanım Kazanan Betonlar (VES)			
Opsiyon A Tip 3 Çimentosuyla Üretilen (ASTM C-150)	2000 psi (14 MPa) 6 saatte	0.4	80
Opsiyon B PBC- XT Çim. İle Üretilen (ASTM C-150)	2.500 psi (17.5 MPa) 4 saatte	0.29	80
Erken dayanımlı Beton(HES) Tip 3 Çim. İle Üretilen(ASTM C-150)	5000 psi (35 MPa) 24 saatte	0.35	80
Erken Yüksek Dayanım Kazanan Beton Tip I Çim. İle Üretilen (ASTM C-150)	10000 psi (70 MPa) 28 saatte	0.35	80

3.2.3 Polimer beton ile poliüretan başlık yapılarak onarım yöntemi

Polimerler, betonun hızlı ve yüksek dayanım gerektirdiği durumlarda, yüzey onarımlarında, eski ve yeni betonun yapıştırılmasında, enjeksiyonla çatlak onarımında kullanılırlar. Polimerlerin beton teknolojisinde kullanımıyla beton malzemenin tokluk ve sünekliği artar, geçirimsiz ve uzun ömürlü beton üretimine yardımcı olur, beton-eski beton, agrega-çimento hamuru ve beton-çelik arasındaki aderansın artırılması sağlanır.

Üç ana grupta toplanabilirler:

1. PÇB (polimer çimento betonları),
2. PB (polimer betonlar) ve
3. PEB (polimer emdirilmiş betonlar)'dır.

PÇB ve PEB'lere polimerle geliştirilmiş (PGB)'de denilmektedir. PÇB'de agregalar çevresinde bir polimer filmi oluşmakta ve kılcal boşlukların bir bölümü polimerle dolmaktadır. PEB'de tüm kılcal boşluklar hatta jel boşluklarının bile

polimerle dolmaktadır. PB’de ise agregaları saran matris tamamıyla polimerdir, çimento hamuru kullanılmamaktadır. Düşük su-çimento oranlı, uygun yerleştirme ve kür uygulanan karışımlarda bile betonda oldukça büyük boşluklar kalmaktadır. PEB’lerde ilk işlem 150 °C’de beton içerisindeki bağlanmamış suyun (% 2-4) buharlaştırılmasıdır. Daha sonraki işlem polimerlerin ortalama 70 KPa basınç altında vakum teknolojisi ile sertleşmiş betona emdirilmesidir. Son işlemse beton içerisindeki polimerin 80 - 100 °C’de katılaştırılmasıdır (Schoonbaert, et al., 2003; Topçu, 2006b).

Çizelge 3.8. PEB mekanik ve fiziksel özellikleri (Schoonbaert, et al., 2003).

Özellikler	Beton	PEB 1	PEB 2
Basınç dayanımı (MPa)	37	140	70
Çekme dayanımı (MPa)	2.8	11	5.8
Eğilme dayanımı (MPa)	5.2	18	-
Elastisite modülü (GPa)	24	44	44
Permeabilite (10-4 m/sn)	5.3	1.4	1.5
Su emme (%)	6.4	0.3	0.7
Termal genleşme (10-6/ °C)	10	9.5	9
Çelikle aderans (MPa)	1.7	3.8	4.1

Çizelge 3.8. ve 3.9’da görüldüğü gibi betona polimer emdirilmesi betonun mekanik ve fiziksel özelliklerini oldukça geliştirmektedir. Polimerler, betonun; su emme, karbonatlaşma ve klor iyonu geçirgenliğini azaltırlar. Bununla beraber donma-çözülme, asit, sülfat ve aşınma dayanımını artırarak betonun dayanıklılığını da artırır.

Çizelge 3.9. PEB dayanıklılık özellikleri (Schoonbaert, et al., 2003).

Dayanıklılık Özellikleri		Beton	PEB 1	PEB 2
Donma-Çözülme	Çevrim sayısı	740	2650	5440
	Kütle kaybı (%)	25	2	21
Sülfat dayanıklılığı	Gün sayısı	48	720	630
	Genleşme (%)	0.488	0.006	0.003
Asit dayanıklılığı	Gün sayısı	105	805	805
	Genleşme (%)	27	9	12
Aşınma dayanıklılığı	Aşınma derinliği (mm)	1.25	0.38	0.93
	Kütle kaybı (gr)	14	4	9

Polimer betonda kullanılan epoksi reçineleri iki bileşenlidir. Bunlardan biri polimer, diğeri ise polimerin katılaşmasını sağlayan sertleştiricidir. Sertleştiricinin polimer betonun mekanik özellikleri üzerinde önemli etkileri olmaktadır. PEB’lerde önceden dökülmüş betonlara polimer emdirilmekte, betonun en ince kılcal boşluklarına kadar işleyen polimer buralarda katılaşmakta, geçirimsiz ve yüksek dayanımlı betonlar elde edilebilmektedir. PEB’lerde polimer malzeme taze beton ile karıştırılmakta, betonun prizini alması sırasında polimer malzeme de katılaşma göstermekte ve istenilen süneklik ve geçirimsizlikteki beton üretimi sağlanabilmektedir.

Bomba çukuru onarımında, bomba çukurundan fışkıran moloz geri kullanım için çok uygunsa, bomba çukuru bu malzemeyle sağlam yüzeyden 711 mm. aşağıya kadar doldurulur. Üzerine 407 mm. kırmataş da, 152 mm.’lik tabakada bir serilir, her tabakada 5 tonluk tek tamburlu titreşimli silindirle 4 geçiş yapılarak veya 10 tonluk aynı özellikli silindirle 2 geçiş yapılarak, 25 CBR dayanım verecek miktarda sıkıştırma yapılır. Bomba çukuruna 304 mm. kalınlığında polimer beton ile poliüretan başlık beton karışımı dökülür ve sağlam zeminle aynı seviyede perdahlanır. Kırmataş granülometrisi Çizelge 2.4.’ten, agrega granülometrisi de Çizelge 3.1. ve Çizelge 3.2.’den bakılabilir (U.S. Government Department of Defense, 2003). Bu yöntem de, sertleşme 5 dakika içerisinde gerçekleşir (Schoonbaert, et al., 2003).

Beton kullanılarak yapılan onarımlarda, gerek betona katılan malzemeler ve katkıları ile, gerekse de diğer beton özellikleri bu alt bölüm içerisinde araştırılmıştır.

3.3 Pist Betonu Genel Özelliklerinden Bazıları

3.3.1 Genel özellikler

Esnek kaplamalarda tabakaların taşıma güçleri CBR (California Bearing Ratio) deneyleri ve değerleri ile saptanır. Rijit kaplamalarda ise zeminin reaksiyon modülü K_s (Modulus of Subgrade Reaction of Westergaard) kullanılır. K_s 76.2 cm. çapında bir plakanın 1.27 mm. çökmesi için gereken p kuvveti saptanarak bulunur. $K_s = p / 1.27 \text{ kgf/cm}^2 / \text{cm}$. İyi bir tasarım için beş önemli faktöre dikkat etmek gerekir:

- Yapısal dayanım
- Betonun özellikleri
- Derz planlaması
- Beton yüzeyinin özellikleri-izin verilen çatlak genişliği
- Zemine gelen yük

Hava alanı betonlarında aranacak nitelikler:

- ✓ Yüksek eğilme dayanımı
- ✓ Donma-çözölmeye dayanıklılık
- ✓ Aşınmaya dayanıklılık
- ✓ Yüzeysel buz tutma
- ✓ Çözölme
- ✓ Renk problemi

Onarım betonu üretilmesinde uygulanacak koşullar:

- Sınıflanmış agrega ile üretilir.
- Tartı ile ölçölür.
- Çimento dozajı en az 350 kg/m^3 .
- En büyük tane çapı 40-50 mm.
- S-ç oranı en çok 0.40 olmalıdır.

- Çökme kırma malzeme de en çok 2.5 cm, yuvarlak malzemede en çok 2.2 cm. olarak sınırlandırılmıştır.
- Hava sürükleyici kullanılmalıdır.

Yüksek eğilme dayanımı sağlanması için kaba agreganın kırmataş olması yararlıdır. İnce agrega içinde kalkerin ve kalker tozunun bulunması sakıncalıdır. Bunun varlığı aşınmaya ve tozlanmaya neden olur. Tozlanmada diğer bir faktör de çimento türüdür. Serbest kireci yüksek, veya trikalsiyum silikası (C_3S) fazla olan çimentolarla üretilen pistlerde bir süre kireç tozlanması devam eder.

- ⇒ Çatlakları önlemek için;
- ⇒ Karma suyu ve çimento dozajını biraz arttırmak,
- ⇒ Hidratasyon ısısı yüksek çimentolardan kaçınmak,
- ⇒ Hava sürükleyici katkı kullanmak,
- ⇒ Yüze sadece kür katkıları (curing-compound) uygulamakla yetinmeyip, nemli kalmasını sağlayacak ıslak saman, çuval veya polietilen örtüler kullanmak,
- ⇒ Rüzgardan koruyacak çadır v.b. önlemler almak (en önemlisi budur)
- ⇒ Alttan izolasyon yaparak, temel tabakasının su emmesini önlemek.

Havaalanı betonlarında üretim, betonun eğilme dayanımının denetlenmesi ile sağlanır. Agregada su içeriği ve granülometri, taze betonda çökme, birim ağırlık gibi kontrol deneyleri yapılır (Özdemir, vd., 2008; Topçu, 2006a, 2006b)

3.3.2 Yüksek dayanımlı betonlar

Uçucu kül, silis dumanı ve pirinç kabuğu külü, yüksek fırın cürufu gibi malzemeler yüksek dayanımlı betonda en çok kullanılan mineral katkılardır. Bu malzemeler hidratasyon sırasında portland çimentosu ile reaksiyona girerek betonun dayanımından sorumlu ilave C-S-H jelleri oluştururlar. Çok ince taneli oluşundan dolayı betonda silis dumanı kullanımı su gereksinimini arttırmaktadır. Dolayısı ile bu malzeme süper akışkanlaştırıcılar ile birlikte kullanılmaktadır. Süper akışkanlaştırıcılar düşük s-ç oranında uygun bir işlenebilirlik kazandırır, yani süper akışkanlaştırıcılar taze betonun işlenebilmesini arttırırlar.

Dolayısıyla süper akışkanlaştırıcılar:

- ⇒ İstenilen işlenebilirliğe sahip, fakat s-ç oranı düşük betonlar üreterek mekanik dayanımı yükseltmek,
- ⇒ S-ç oranını sabit tutarak taze betonun işlenebilirliğini arttırmak, akıcı kıvamda ve yeterli dayanımı sağlayan beton üretmek için kullanılır.
- ⇒ Su azaltıcı-geciktirici katkıları ise çimentonun hidratasyonunu yavaşlatarak betonun yerine yerleştirilmesine daha fazla zaman kazandırır.

Stratejik Otoyollar Araştırma Programının tanımlarına göre yüksek dayanımlı bir beton;

- ⇒ 28 günlük basınç dayanımı 70 MPa'ya,
- ⇒ 4 saatlik basınç dayanımı 20 MPa'ya,
- ⇒ 24 saatlik basınç dayanımı 35 MPa'ya, s-ç oranı ise 0.35'e eşit veya daha büyük,
- ⇒ 300 çevrimlik bir donma-çözülme çevrimine dayanıklılığı % 80 veya daha büyük olmalıdır, gibi karakteristikleri sağlamalıdır.

Yüksek dayanımlı betonlar Stratejik Otoyollar Araştırma Programına göre:

- Çok Erken Dayanım Kazanan Beton (VES)
- Erken Yüksek Dayanım Kazanan Beton (HES)
- Çok Yüksek Dayanımlı Beton (VHS)
- Liflerle Güçlendirilmiş Beton (FRC)
- Yüksek Dayanıklılıklı Beton
- Yüksek Dayanımlı Hafif Beton, şekilde sınıflandırılmaktadır

NIST/ACI'e göre betonda yüksek dayanım; geleneksel bileşim, yerleştirme ve kür yöntemleriyle elde edilemez. Bu tip bir beton şu aşağıdaki yöntemlerle elde edilir:

- ⇒ Yerleştirmede ve sıkıştırma sırasında ayrışma yapmama,
- ⇒ Uzun vadede tüm mekanik özellikleri sağlama,
- ⇒ Erken yaş dayanımı yüksek olma,
- ⇒ Yüksek tokluk,
- ⇒ Hacimsel kararlılık,
- ⇒ Ağır çevre koşullarına uzun dayanım, gibi özellikleri taşınmalıdır. Bu özellikler diğerlerine göre daha genel özelliklerdir ve normal betonda olmayan farklı özelliklere sahip tanımlamaları içermektedir (Erdoğan, 2003; Topçu, 2006a, 2006b; Rue, D. 2007).

3.3.2.1 YDB üretiminde kullanılan katkı maddeleri ve suyun özellikleri

Uçucu kül, silis dumanı ve pirinç kabuğu külü, yüksek fırın cürufu gibi malzemeler yüksek dayanımlı betonda en çok kullanılan mineral katkılardır. Bu malzemeler hidrasyon sırasında portland çimentosu ile reaksiyona girerek betonun dayanımından sorumlu ilave C-S-H jelleri oluştururlar. Çok ince taneli oluşundan dolayı betonda silis dumanı kullanımı su gereksinimini arttırmaktadır. Dolayısı ile bu malzeme süper akışkanlaştırıcılar ile birlikte kullanılmaktadır. Süper akışkanlaştırıcılar düşük s-ç oranında uygun bir işlenebilirlik kazandırır. Süper akışkanlaştırıcılar taze betonun işlenebilmesini arttırır. Dolayısıyla süper akışkanlaştırıcılar:

- ⇒ İstenilen işlenebilirliğe sahip, fakat s-ç oranı düşük betonlar üreterek mekanik dayanımı yükseltirler.
- ⇒ S-ç oranını sabit tutarak taze betonun işlenebilirliğini arttırmak, akıcı kıvamda ve yeterli dayanımı sağlayan beton üretmek için kullanılır.
- ⇒ Su azaltıcı-geciktirici katkılar ise çimentonun hidrasyonunu yavaşlatarak betonun yerleştirilmesinde fazla zaman kazandırır (Erdoğan, 2003; Topçu, 2006b).

Çizelge 3.10. Beton sınıflandırması ve özellikleri (Larmie, 2005).

	Normal Beton	YDB	ÇYDB	UYDB
Dayanım MPa	< 50	50-100	100-150	>150
S-ç Oranı	> 0.45	0.45-0.30	0.30-0.25	<0.25
Kimyasal Katkılar	Gerekli Değil	WRA / HRWR*	HRWR*	HRWR*
Mineral Katkılar	Gerekli Değil	Uçucu Kül	Silis Dumanı**	Silis Dumanı**
Geçirimsizlik Katsayısı cm/s	> 10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²	10 ⁻¹³
Donma- Çözülme Koruması	Hava Sür. Katkı	Hava Sür. Katkı	Hava Sür. Katkı	Donmayan Su
*WRA= Su azaltıcı katkı	HRWR = Yüksek oransa su azaltıcı		** Aynı zamanda uçucu kül içerebilir.	

3.3.2.1.1 Su

- Karışım Suyu: Çimento, agrega ve katkıların karılmasında,
- Bakım Suyu: Hidratasyon için beton içinde yeterli su sağlanmasında, kullanılır. Karışım suyunun görevleri şunlardır:
- Hidratasyonun oluşumu
- İşlenebilmeyi sağlamak (çimento tanelerinin yüzeyini ıslatarak yağlayıcı etki oluşturması nedeniyle)
- Genellikle şehir belediyeleri tarafından sağlanan içilebilen sular kullanılmaktadır.
- Bunun dışında çeşmelerden, derelerden, göllerden hatta denizlerden karışım suyu kullanılabilir.

Ancak içilebilen sular tercih edilmelidir. Yer alabilecek yabancı maddeler, kil, yosunlu madde, şeker, kalsiyum, magnezyum, sodyum klorür, sülfat tuzlar, yağlar.

- Kil, silt ve taş ununun fazla miktarda bulunması işlenebilirliği azaltır.
- Organik madde, şeker ve yağlar sertleşmiş betonun basınç dayanımını düşürür.
- Karbonat ve bikarbonatlar priz süresini ve basınç dayanımını etkilerler.
- Kalsiyum klorür, sodyum klorür ve magnezyum klorür basınç dayanımını düşürmenin yanında korozyona neden olurlar.

Sodyum sülfat ve magnezyum sülfat etrenjit oluşumuna neden olurlar (sülfat etkisi).

Fosfat, arsenat, borat ve demir tuzları prizi geciktirirler ve dayanımı düşürürler.

Asitler beton içerisindeki Ca(OH)_2 'i çözümler ve dayanımı ve dayanıklılığı olumsuz etkilerler ve çiçeklenmeye neden olurlar. Sodyum ve potasyum hidroksitler alkali agrega reaksiyonunun meydana gelmesine ve dayanım kaybı oluşmasına neden olurlar.

- Beton karışımında kullanılabilecek su içilebilen sudur çünkü, betonun prizini, işlenebilirliğini, görünümünü, dayanımını ve dayanıklılığını olumsuz etkilemez
- Bazı standartlara göre ise beton karışımında kullanılabilecek su içerisindeki yabancı maddelerin oranlarının sınır değerlerine göre tanımlanmaktadır.

TS 500' e göre;

- ✓ $\text{pH} > 7.0$ (asit özellik göstermemelidir)
- ✓ Karbonik asit, mangan bileşikler, amonyum tuzları, serbest klor, yağlar, organik

madde ve endüstriyel atık miktarı en çok 15 g / l, madeni tuz (askıda yüzer olarak) en çok 2 g / l olmalıdır.

Bakım suyunun kalitesinin değerlendirilmesi için standartlarda sınır değerler verilmemektedir. Ancak betonda hacim genişmesine ve görüntü bozukluğuna neden olacak miktarda yabancı madde içermemelidir. ABD'deki bazı standartlar leke oluşumunun değerlendirilmesini önermektedir. Buna göre, bir yüzü suyu tutacak şekilde (içbükey olan) numuneler hazırlanır. Bu çukurlara saf su ve şüpheli su dökülerek merceklerle veya sıcaklık veren lambalarla buharlaştırılmaktadır. Sonuçta iki tip suyun meydana getirdikleri lekeler gözle karşılaştırılmaktadır (Erdoğan, 2003; Topçu, 2006b).

3.3.2.1.2 Kimyasal katkıları

- H: Priz hızlandırıcı (ilk priz 1-3.5 saat; son priz >1 saat erken)
- G: Priz geciktirici (ilk priz 1-3.5 saat; son priz >1 saat geç)
- A: Karışım suyunu azaltıcı (% 5-10)(<1 saat erken; <1.5 saat geç)
- AH: Karışım suyunu azaltıcı ve priz hızlandırıcı
- AG: Karışım suyunu azaltıcı ve priz geciktirici
- YA: Karışım suyunu yüksek (>% 12) miktarda azaltıcı
- YAG: Karışım suyunu yüksek miktarda azaltıcı ve priz geciktirici
- Hava Sürükleyici Katkıları (Topçu, 2006b).

3.3.2.1.2.1 Priz hızlandırıcı katkıları

Soğuk hava koşullarında betonun priz alması uzun sürmekte priz gecikmektedir. Priz hızlandırıcı katkıları betonun prizini hızlandırarak oluşabilecek olumsuz etkileri önler. Suda çözünebilen triethanolamine, kalsiyum format, kalsiyum asetat, kalsiyum propionat, laktik asit ve formaldehit gibi organik tuzlar, klorürler, bromidler, floridler, karbonatlar, nitrat ve alkali hidroksit gibi inorganik tuzlardan oluşur.

Beton özelliklerine etkileri şunlardır:

- Taze betonun priz süresini kısaltır. Böylece betonun yüzeyi daha kısa sürede düzeltilmektedir. Kalıplardaki basınç azalmaktadır.
- İlk zamanlardaki dayanım artışı daha hızlı gerçekleşir. Kalıplar daha erken sökülür. Kür süresi azalır. Soğuk havanın olumsuz etkileri azalır. Yapı veya yapı tamiri daha hızlı yapılır (Erdoğan, 2003; Topçu, 2006a, 2006b, 2007).

3.3.2.1.2.2 Priz geciktirici katkılar

Sıcak hava koşullarında betonun priz alma süresi azalır. Çökme kaybı fazla olur. İstenilen kıvam için gerekli su miktarı artar. Plastik büzülme çatlakları artar. Soğuk derz oluşumu ve yerleştirmede sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bunu önlemek için priz geciktiriciler kullanılır. Linyosülfonik asitler ve tuzlarından, hidroksil-karboksilik asitler ve tuzlarından, şekerli maddelerden, fosfat, borat ve çinko gibi organik olmayan maddelerden elde edilirler. Beton özelliklerine etkileri şunlardır:

- Sıcak havada betonun priz süresini uzatır.
- Betonun yerleştirilmesi, sıkıştırılması ve yüzeyinin düzeltilmesi için gerekli süre elde edilir. Böylece oluşabilecek olumsuz etkiler önlenir.
- Betonun karıldığı an ile yerleştirildiği an arasında oluşan sorunlar önlenmiş olur
- Kalıp deformasyonundan meydana gelen çatlamlar engellenir (daha uzun süre plastik kıvam) (Erdoğan, 2003; Topçu, 2006a, 2006b, 2007).

3.3.2.1.2.3 Karışım suyunu azaltıcı katkılar

- S-ç oranını azaltarak daha yüksek dayanımlı beton elde edilebilir.
- Malzeme miktarını değiştirmeden işlenebilirlik artırılabilir.
- S-ç oranını değiştirmeden, beton karışımında kullanılan çimento miktarı da azaltıldığı için daha az maliyetli betonlar üretilebilmesine olanak sağlanmış olur.
- Linyosülfonatlı tuzlar ve linyosülfonat türevleri,
- Hidroksil-karboksilik asitler ve tuzları,
- Polimerik malzemeler, su azaltıcı katkı olarak kullanılırlar.

Beton özelliklerine etkileri şunlardır:

- Betonun yerleştirilmesi, sıkıştırılması ve yüzeyinin düzeltilmesi daha kolay olur.
- Betonun geçirgenliği azalır.
- Betonun dayanımı ve dayanıklılığı artar.
- İlk günlerdeki dayanımın artmasıyla kalıplar daha çabuk sökülmeaktadır.
- Daha ekonomik beton üretilebilir.
- Daha az hidratasyon ısısı nedeniyle büzülme daha az olur.

Su azaltıcı ve priz geciktirici katkıları, su-azaltıcı ve priz hızlandırıcı katkıları, yüksek miktarda su azaltıcı katkıları, yüksek miktarda su azaltıcı katkıları ve priz geciktirici katkıları; sözü edilen katılara benzer olarak sabit bir kıvam için gerekli su miktarını azaltmakta ve priz süresini etkilemektedir (Erdoğan, 2003; Topçu, 2006b).

3.3.2.1.2.4 Hava sürükleyici katkıları

- Betonun içerisinde yer alan çimentodaki kapiler boşluklara suyun girmesi ve burada donmasıyla betonda çatlaklar oluşur. Bu çatlakların önlenmesi için beton içerisinde sürüklenmiş hava oluşturmak amacıyla, karışıma katılan katkılarıdır.
- Hapsolmuş hava boşlukları beton içerisinde düzensiz ve rasgele şekilli halde bulunurlar. Bunların fazla olması betonun dayanıklılığını ve dayanımını düşürür. Hava sürükleyici katkıları bunları küresel şekilli ve düzenli bir hale getirir. Bunların aralarındaki mesafe 0.2 mm.'den az olmamalıdır ve bağlantı da yoktur.

Henüz donmayan su kapiler boşluklardan bu boşluklara dolmakta ve burada tutulmaktadır. Bu nedenle kapiler boşluklarda suyun donması ve genişmesi sonucu büyük gerilmeler engellenir, betonda donma-çözülme dayanıklılığını artırmaktır.

Sürüklenmiş havanın beton özelliklerine etkileri şunlardır:

- Taze betonda işlenebilirliği artırır.
- Buz çözücü tuzlara karşı beton dayanıklılığını artırmaktadır.
- Özellikle düşük dozajlı taze betonda ayrışmayı ve terlemeyi azaltır.
- Özellikle düşük dozajlı betonların üretiminde, su gereksinimini azaltır.
- S-ç oranını azalttığı için beton dayanımını artırır ve geçirgenliği azaltır.
- Donma-çözülme dayanıklılığını artırır. (Erdoğan, 2003; Topçu, 2006a, 2000b).

3.3.2.1.3 Mineral katkıları

- Karışım suyu gereksinmesi artar.
- İşlenebilme artar, ayrışma ve terleme azalır.
- Donma-çözülme direnci erken yaşlarda azalır.
- Dayanım kazanma hızı azalır. Geç dayanım yükselir.
- AAR reaksiyon riski azalır.
- Hidratasyon ısısı azalır.
- Rötire artar.
- Sülfat direnci artar.
- Daha ekonomik beton elde edilir.

Mineral katkıları şöyle sıralanır:

1. Doğal malzemeler (Doğal puzolan)
2. Volkanik topraklar, volkanik tüfler, traslar, volkanik küller, pişmiş kil ve şeyl (öğütülmüş tuğla veya kiremit), diatomlu topraklar
3. Endüstriyel yan ürünler (Yapay puzolan) uçucu kül, öğütülmüş yüksek fırın cürufaları, silis dumanı v.b.
4. Isıl işlem uygulanmış olan malzemeler (Doğal puzolan) pişmiş kil ve şeyl.

Doğal puzolanların beton özelliklerine etkileri şunlardır:

- ✓ Taze betonda işlenebilme artar, terleme azalır.
- ✓ Hidratasyon ısısı azalır.
- ✓ Sertleşmiş betonun geçirimsizliğini azaltır, AAR önlenir ve sülfat etkisini de önler
- ✓ Ekonomiklik sağlar.
- ✓ Soğuk havada taze betonun prizini geciktirir.
- ✓ Daha dikkatli ve uzun kür gerektirir.
- ✓ Daha fazla miktarda hava sürükleyici katkı kullanılması gerekir.
- ✓ Betonun erken dayanım kazanma hızını azaltır (Erdoğan, 2003; Topçu, 2006b).

3.3.2.1.3.1 Uçucu küller

Termik santrallerin bacalarındaki elektrosiklon veya filtrelerden elde edilirler. Kompozisyonundaki;

$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 > \%70$ bitümlü kömürden elde edilen (ASTM F sınıfı, puzolanik)

$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 > \%50$ ve $\text{CaO} < \%10$ linyit veya düşük bitümlü kömürden elde edilen (ASTM C sınıfı, bir miktar kendinden bağlayıcı).

Uçucu küllerin beton özelliklerine etkileri şunlardır:

- ✓ Taze betonda işlenebilme artar, terleme azalır.
- ✓ Hidratasyon ısısı azalır.
- ✓ Sertleşmiş betonun geçirimliliğini azaltır, AAR önlenir ve sülfat etkisini önler.
- ✓ Ekonomiklik sağlar.
- ✓ Soğuk havada taze betonun prizini geciktirir.
- ✓ Daha dikkatli ve uzun kür gerektirir.
- ✓ Daha fazla miktarda hava sürükleyici katkı kullanılması gerekir.
- ✓ Betonun erken dayanım kazanma hızını azaltır. (Erdoğan, 2003; Topçu, 2006b).

3.3.2.1.3.2 Silis dumanı

Silikon metalinin veya silikonlu metal alaşımlarının üretiminden elde edilirler. İncelikleri sigara dumanından bile yüksektir.

Silis dumanı	200000 cm ² /g,
Sigara dumanı	100000 cm ² /g,
Uçucu kül	4000-7000 cm ² /g
Portland çimentosu	3000 cm ² /g

Dayanım aktivite indeksi en az % 85, 45 µm elek üzerinde kalan miktar en çok % 10, SiO_2 miktarı en az % 85, SO_3 miktarı ve kızdırma kaybı en çok % 1.0- % 6.0'dır.

Silis dumanının beton özelliklerine etkileri şunlardır:

- ✓ Taze betonda terlemeyi ve ayrışmayı önler.
- ✓ Hidratasyon ısısı azalır.

- ✓ Sertleşmiş betonun geçirimliliğini azaltır, AAR önlenir ve sülfat etkisini önler.
- ✓ Çok ince olduğu için karışım suyu ihtiyacını artırır.
- ✓ Plastik büzülme çatlakları artar.
- ✓ Nispeten daha koyu renkli beton üretilmesine neden olur.
- ✓ Yüzey düzeltme işlemini zorlaştırır.
- ✓ Yüksek dayanımlı beton üretilmesini sağlar. (Erdoğan, 2003; Topçu, 2006b).

3.3.2.1.3.3 Ögütülmüş granüle yüksek fırın cürufu

Demir-çelik üretimi sırasında demir cevherinden demir ayrılırken elde edilen eriyiğin suyla ani olarak soğutulmasıyla elde edilir. Diğer pozolanlar gibi öğütüldüğünde Ca(OH)_2 reaksiyona girer.

Ögütülmüş granüle yüksek fırın cürufunun beton özelliklerine etkileri şunlardır:

- ✓ Taze betonda işlenebilme artar, terleme azalır.
- ✓ Hidratasyon ısısı azalır.
- ✓ Sertleşmiş betonun geçirimliliğini azaltır, AAR ve sülfat etkisini önler.
- ✓ Ekonomiklik sağlar.
- ✓ Betonun erken dayanım kazanma hızını azaltır.
- ✓ Daha dikkatli ve uzun kür gerektirir.
- ✓ Daha fazla miktarda hava sürükleyici katkı kullanılması gerekir.
- ✓ Soğuk havada taze betonun prizini geciktirir (Erdoğan, 2003; Topçu, 2006).

Katkıların kullanımında dikkat edilmesi gerekenler şunlardır:

1. Katkılar sihirli maddeler değildirler.
2. Katkı maddeleri her çimento ve agregayla olumlu sonuçlar vermeyebilir.
3. Üreticinin önerdiği kullanım miktarları her hale uygulanabilir değildir.
4. Üretilen betonun performansı standartlarda belirtilen değerlere uygun olmalıdır.
5. Birden fazla katkı maddesi kullanıldığında uyumları araştırılmalıdır.
6. Betonun performans artışı kolaylıklar ve ekonomik birlikte değerlendirilir.
7. İkincil etkileri de meydana gelebilir (Erdoğan, 2003; Topçu, 2006b).

3.4 Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemleri

Ampirik yöntemler, teori uzantılı ancak deneyime ve deneysel sonuçlara dayanan yöntemlerdir. Kaliforniya Eğilme Oranı (CBR), Corps of Engineers, FAA (Birleşik Havacılık Kurulu), Yük Sınıflandırma Numarası (LCN), Uçak Sınıflandırma Numarası/Kaplama Sınıflandırma Numarası (ACN/PCN) yöntemleri ampirik yöntemlerdir. Bunlardan CBR, Corps of Engineers, FAA yöntemleri hemen hemen aynıdır ve CBR yöntemine dayanmaktadır. Ülkemizde CBR, LCN ve ACN/PCN yöntemleri Milli Savunma Bakanlığı, Türk Hava Kuvvetleri ve Ulaştırma Bakanlığı tarafından kullanılmaktadır (Özdemir, vd., 2008).

3.4.1 CBR yöntemi

CBR deneyi, basit olarak üniform basınç altında yapılan bir penetrasyon deneyidir. Zemin numunesine, dakikada 1,27 mm deplasman yaptırmak için uygulanan kuvvetin standart kırmataş numunesinde aynı penetrasyon derinliğine ulaşmak için uygulanan kuvvete oranı zeminin CBR değeri olarak adlandırılmaktadır. CBR deneyi, karayolu ve havaalanı esnek üstyapı tasarımında; elde edilen ve tasarım CBR değerleri ile tasarım abaklarının birlikte kullanılmasıyla kaplama için gerekli alt temel, temel ve yüzey tabakası kalınlıklarının tespit edilmesine olanak sağlamaktadır. Karayollarında kullanılan CBR yöntemi 1928 yılında Kaliforniya Karayolu Dairesi tarafından geliştirilmiştir. Yöntem, II. Dünya Savaşı'nın başlamasından hemen sonra askeri havaalanlarında kullanılmak üzere Amerika Birleşik Devletleri Ordusu Corps of Engineers tarafından uygulanmıştır. Savaşın aniden başlaması havaalanı kaplama tasarım yöntemi hakkında hızla karar verilmesini gerektirmiştir. O dönemde, havaalanı kaplamalarına yönelik geliştirilmiş herhangi bir tasarım yöntemi bulunmamaktaydı. Ayrıca, savaş koşulları dikkate alındığında geliştirilecek tasarım yöntemi zaman kısıtlamasından dolayı işlevsel olmaz. Bu yüzden karayolu kaplamaları tasarımında kullanılan tüm yöntemlerin gözden geçirilmesi ve havaalanı kaplamalarında kullanılabilecek olan yöntemin veya yöntemlerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Birkaç ay sonra, önerilen yöntemlerin incelenmesinin ardından CBR yöntemi geçici olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu uygulamadan sonra, yüksek lastik basıncını ve çoklu teker düzenini değerlendiren ampirik ve teorik çalışmalar neticesinde yöntem daha da geliştirilmiştir. 1950'li yıllar boyunca Corps of Engineers havaalanı kaplamaları ile ilgili tam-ölçekli deneyler gerçekleştirmiştir. Bu deneyler ve hizmette olan kaplamalar üzerinde yapılan performans çalışmaları tek teker yükler için CBR tasarım kriterinin,

$$\frac{\frac{KALINLIK}{\sqrt{TemasAlanı}}}{\frac{CBR}{LastikBasıncı}}$$

parametreleri ile ifade edilebileceğini göstermiştir. Bu parametrelerin oluşturduğu eğri;

$$t = \sqrt{\left[\frac{P}{8.1(CBR)} - \frac{A}{\pi} \right]} \quad (1)$$

matematiksel eşitlik ile ifade edilmektedir.

Eşitlikte;

t = Tasarım kalınlığı (cm),

P = Tek teker yükü (kg),

A = Lastik temas alanı (cm²) dir.

1959 yılında eşitlik (2) yük tekrarlarını ve çoklu teker düzenini de değerlendirecek şekilde geliştirilmiştir. Yeni eşitlikte eşdeğer tek teker yükü (ETTY) değeri de kullanılmıştır.

$$t = f \sqrt{\left[\frac{ETTY}{8.1(CBR)} - \frac{A}{\pi} \right]} \quad (2)$$

Eşitlikte;

f = Tasarım kalınlığı yüzdesi (0.23log c + 0.15),

ETTY = Eşdeğer tek teker yükü (kg),

c =En büyük gerilmedeki geçiş sayısıdır.

1960'lı yılların sonuna doğru Waterways Experiment Station, çoklu teker düzenine sahip ağır hava taşıtlarına yönelik kaplama kalınlığı gereksinimi üzerine

çalışmalar yapmıştır. Bu hava taşıtları C-5A ve Boeing 747 gibi brüt ağırlıkları 600 kipsi (272,169 kg) aşan uçaklardır. Yapılan araştırmalar yukarıdaki eşitliğin düşük trafik hacminde tüm teker düzenleri için yeterli olduğunu ortaya koymuştur. Ancak eşitliğin, yüksek trafik hacminde çok yüksek kaplama kalınlıklarını verdiği tespit edilmiştir. Çalışmalar sonucunda geliştirilen eşitlik (3) aşağıdaki gibidir.

$$t = \alpha_i \sqrt{\left[\frac{ETTY}{8.1(CBR)} - \frac{A}{\pi} \right]} \quad (3)$$

Eşitlikte;

α_i = Yük tekrar katsayısıdır.

Bu eşitlik CBR değerinin 15 veya daha az olduğu zeminler için önerilmektedir. 15 den büyük CBR değerleri hesaplamalara dahil edileceği durumda en küçük kaplama kalınlığı, dayanıklılık ve uzun hizmet ömrü dikkate alınarak tespit edilmelidir. Revize edilmiş eşitliğin kullanılmasıyla herhangi bir hava taşıtı için CBR-Kaplama Kalınlığı eğrisi çizilebilir. Bu yöntemde, belirli bir hava taşıtı trafiği için tasarım abaklarını ve zeminin CBR değerini kullanarak kaplama kalınlıkları ampirik olarak belirlenmektedir. Kullanılan tasarım abakları,

- Kaplama ve zemin üzerinde yük dağılımının teorik analizi
- Deneysel kaplama analizi
- Kullanılmakta olan kaplamaların performans analizi sonucu geliştirilmiştir.

Bu yöntem ile tüm kaplamanın kalınlığının yanı sıra alt temel, temel ve yüzey tabakalarının her birinin kalınlıkları saptanabilmektedir. Hesaplamalarda kaplama için 20 yıllık hizmet ömrü öngörülmektedir. Ancak kullanımdan, çevre ve iklim koşullarından dolayı yüzey tabakası onarımına 20 yıldan kısa sürede gerek olmaktadır.

Yöntemin kullanılmasında;

- Her bir hava taşıtının ağırlığı
- Hava taşıtı tipi ve iniş takımı düzeni
- Her bir hava taşıtının trafik hacmi
- Belirli alandaki trafik yoğunluğu
- Zemin özellikleri (dayanımı)
- Kaplama malzemelerinin özellikleri gibi donelerin bilinmesi gerekmektedir.

Kaplama tasarımında yük önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Tasarım, hava taşıtının en büyük kalkış ağırlığına göre yapılmaktadır. Bu ağırlığın % 95' inin ana iniş takımları, % 5' inin ise burun iniş takımı tarafından taşındığı kabul edilmektedir. Diğer bir parametre ise iniş takımı tipi ve düzenidir. İniş takımları hava taşıtından gelen yükün kaplama üzerine nasıl etkideğinin ve kaplamanın bu yüke karşı nasıl tepki verdiğinin değerlendirilmesi açısından önemlidir. Bu nedenle, çeşitli iniş takımı düzenleri için ayrı ayrı tasarım abakları oluşturulmuştur. Ancak, iniş takımları ile ilgili bazı kabuller yapılarak üstyapı tasarımında kullanılan değişken sayısının azaltılması amaçlanmıştır. Bu kabuller aşağıda şu şekilde sıralanmıştır:

1. Tek teker düzenindeki hava taşıtları için kabul yapılması gerekmemektedir.
2. Çift teker düzenine sahip hava taşıtları için teker eksenleri arasındaki uzaklık hafif uçaklar için 0.51 m, ağır uçaklar için 0.86 m. olarak kabul edilmektedir.
3. Çift tandem teker düzenine sahip hava taşıtları için; hafif uçaklar için teker eksenleri arası uzaklık 0.51 m. ve tandem arası mesafe 1.14 m, ağır uçaklar için teker eksenleri arası uzaklık 0.76 m, ve tandem arası 1.40 m. kabul edilmektedir.
4. Geniş gövdeli uçaklar (B-747, B-767, DC-10, L-1011 vb.) için; bu tip uçaklar her ne kadar çift tandem teker düzenine sahip olsalar da, ağırlık ve teker düzeni geometrisinden kaynaklanan farklılıklardan dolayı ayrı tasarım abakları vardır.
5. Triple çift teker düzenine sahip B-777 ve A-380 gibi uçaklar üç sıra çift teker düzenine sahiptirler.
6. Lastik basıncı teker düzeni ve uçağın ağırlığına göre 75 psi -200 psi (515 KPa-1380 KPa) arasında değişmektedir. Bu değer 1380 KPa olarak kabul edilir.

Yük ve teker düzeni gibi tasarımda kullanılan diğer bir parametre ise her bir uçağın yıllık trafik hacminin belirlenmesi veya tahmin edilmesidir. Trafik hacmi tahmin edilirken yalnız kalkışlar dikkate alınmalıdır. Her tip hava taşıtının yıllık kalkış sayısının ayrı ayrı tahmin edilmesinden sonra tasarım uçağı belirlenmelidir. Çünkü bir havaalanı çok değişik tipte ve sayıdaki uçaklar tarafından kullanılmaktadır. Uygun tasarım abağının kullanılması ve kalkış sayısının girilmesi için havaalanını kullanan uçakların seçilen bir tasarım uçağı türünden ifade edilmesi gerekmektedir. Tasarım uçağı en ağır değil en fazla kaplama kalınlığı gerektiren uçak tipidir. Diğer bir ifadeyle, tasarım uçağı deneme-yanılma yoluyla saptanmalıdır. Tasarım uçağı cinsinden eşdeğer yıllık kalkış sayısının belirlenmesi için önce kaplamayı kullanacak tüm uçakların

tasarım uçağı iniş takımı düzenine dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla FAA tarafından dönüşüm katsayıları verilmiştir. Kaplamayı kullanan uçaklar tasarım uçağına dönüştürüldükten sonra tasarım uçağı cinsinden yıllık kalkış sayısına dönüştürülmelidir. Bu amaçla aşağıda belirtilen denklem eşitliği kullanılmalıdır.

$$\text{Log}R_1 = \text{Log}R_2 \times \sqrt{\frac{W_2}{W_1}} \quad (4)$$

Eşitlikte;

R_1 = Tasarım uçağının eşdeğer yıllık kalkış sayısı

R_2 = Tasarım uçağına dönüştürülecek uçağın yıllık kalkış sayısı

W_1 = Tasarım uçağı teker yükü

W_2 = Tasarım uçağına dönüştürülecek uçağın teker yüküdür.

Geniş gövdeli uçaklarda iniş takımı düzeni çok farklıdır. Bu nedenle hesaplamalarda, tasarım uçağı olarak seçildikleri durumda dahi, 136,100 kg ağırlığında ve çift tandem olarak kabul edilmelidirler. Yapılan çalışmalar ve hesaplamalar sonucunda elde edilen zemin CBR değeri, en yüksek kalkış ağırlığı ve yıllık toplam kalkış sayısı tasarım uçağının abağına girilerek toplam gerekli kaplama kalınlığı saptanır. Benzer şekilde alt temel tasarım CBR değeri de girilerek temel ve yüzey tabaka kalınlıkları da saptanabilir. Ancak her bir tabaka kalınlığının en düşük koşulları sağlaması gerekmektedir (Özdemir, vd., 2008).

3.5 Pist Beton Deneyleri

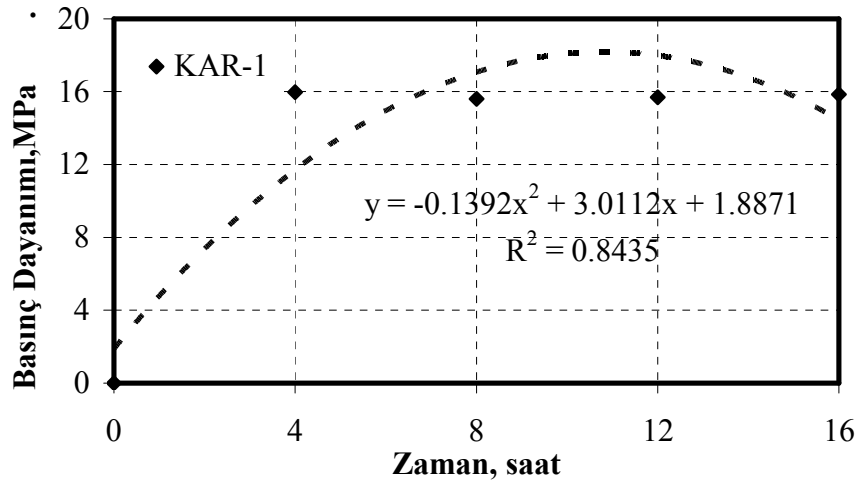
Yerinde beton deneyleri iki temele göre yapılır. Birincisi yükleme deneyi (plate bearing test), diğeri ise hasarsız deney yöntemleri olan ses geçiş hızı ve Schmidt sertliğinden oluşan birleşik hasarsız deneydir. Pist betonlarının eğilme dayanımları ölçülen yüzeysel ses hızlarından ve Schmidt sayılarından yararlanılarak Standart abaklardan alınır. Ölçü sonuçlarına dayanılarak bulunan eğilme dayanımları içinden % 99 güvenli olan alt sınırı pist betonunun kalite derecesidir (Larmie, 2005; Topçu, 2006; U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 2008).

Agrega granülometrilere Çizelge 3.1. verilen, bölüm 3.2.2.'de yapım şekli anlatılan ve Çizelge 3.5.'te karışım tasarımları verilen iki çeşit beton, laboratuvarda üretildikten sonra 4 saat sonunda basınç testi yapılmıştır. Bu test sonucunda basınç değerleri, yükleme değerleri ve ağırlıkları Çizelge 3.11.'de verilmiştir (Larmie, 2005).

Çizelge 3.11. Karışım - I için basınç dayanım sonuçları (Larmie, 2005).

4 Saatlik Deney Sonuçları Karışım -I				
Numune	Deney Süresi	Ağırlık, lb(kg)	Yük, lb(kg)	Basınç Dayanımı (MPa)
MC1A	4 saat	28.3(12.83)	65500(29710)	15.97
MC1B	4 saat	28.3(12.83)	64000(29029)	15.6
MC1C	4 saat	28.1(12.74)	64000(29029)	15.6
MC1D	4 saat	28(12.7)	65000(29483)	15.84

Pist onarımında kullanılan çok erken dayanımlı betonun 4 saat sonundaki dayanımını bulmak için Şekil 3.4.'teki gibi numuneler hazırlanır. Numuneler 15 cm. çapında ve 30 cm. yüksekliğinde standart silindir numunelerdir. Çizelge 3.11.'e dayanılarak Şekil 3.4.'teki dayanım – zaman grafiği aşağıda gösterildiği gibi çizilmiştir



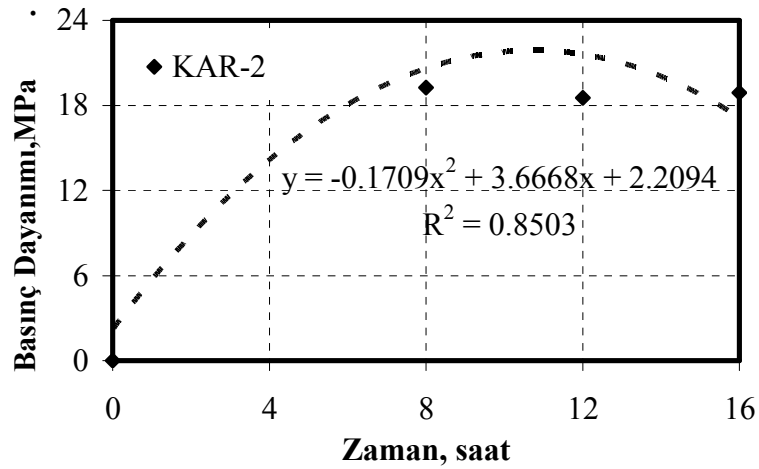
Şekil 3.4. Karışım - I betonu ortalama basınç dayanımı-zaman grafiği.

Agrega granülometrileri Çizelge 3.1. ve Çizelge 3.2.'de verilen, bölüm 3.2.2.'de yapım şekli anlatılan Çizelge 3.6.'de karışım tasarımları verilen beton, laboratuvarda üretildikten sonra 4 saat sonunda basınç testi yapılmıştır. Bu test sonucunda basınç değerleri, yükleme değerleri ve ağırlıkları Çizelge 3.12.'de verilmiştir (Larmie, 2005).

Çizelge 3.12. Karışım - II için basınç dayanım sonuçları (Larmie, 2005).

4 Saatlik Deney Sonuçları Karışım -II				
Numune	Deney Süresi	Ağırlık,lb(kg)	Yük ,lb(kg)	Basınç Dayanımı (MPa)
MC2A	4 saat	27.5(12.47)	78000(35380)	19.01
MC2B	4 saat	27.6(12.52)	79000(35833)	19.26
MC2C	4 saat	27.5(12.47)	76000(34473)	18.53
MC2D	4saat	27.5(12.47)	77500(35153)	18.89

Basınç testinden 15 cm. çapında ve 30 cm. yüksekliğinde hazırlanan standart silindir numunelerden elde edilen Çizelge 3.12.' e dayanılarak Şekil 3.5.'teki dayanım – zaman grafiği çizilmiştir ve Şekil 3.4.'e göre R^2 daha yüksek bir değer bulunmuştur.



Şekil 3.5. Karışım - II betonu ortalama basınç dayanımı-zaman grafiği.



Şekil 3.6. Basınç deneyi (Larmie, 2005).

Basınç testi, Şekil 3.6.'daki görüldüğü şekliyle 15 cm. çapında ve 30 cm. yüksekliğinde hazırlanan standart silindir numuneler üzerinde yapılır.

Çizelge 3.13. Karışım I ve II için ortalama basınç dayanım sonuçları (Larmie, 2005).

4 Saatlik Deney Sonuçları Karışım I-II				
Numune	Deney Süresi	Ort. Ağırlık lb (kg)	Ort. Yük lb (kg)	Ort. Basınç Dayanımı psi (MPa)
Kar.-I	4 saat	28.0 (12.7)	64625 (29313)	2285 (15.8)
Kar.-II	4 saat	27.5 (12.4)	77625 (35210)	2745 (18.9)

Basınç testlerinden elde edilen, Çizelge 3.11. ve Çizelge 3.12.'den yararlanılarak Çizelge 3.13. elde edilmiştir. Betonların özellikleri Çizelge 3.14.'te gösterildiği gibidir.

Çizelge 3.14. Karışım I ve II için beton özellikleri (Larmie, 2005).

Beton Özellikleri			
Karışım Tasarımı	Birim Ağırlık (kg/dm ³)	Hava İçeriği %	Çökme (mm)
I	2.45	7	3.175
II	2.47	4.5	51

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Pist hızlı onarımı çok çabuk yapılması gerektiğinden pistin bulunduğu yer veya bölgedeki bulunabilir yapı malzemeleri ve ekipmanlar ile bunların kullanıldığı yöntemler onarım için tercih edilmelidir. Ancak burada söz konusu olan askeri bir pist olduğu için yapı malzemeleri ve gerekli ekipmanlar önceden planlanarak sağlanır.

Herhangi bir saldırı durumunda da yapılan saha ve ofis çalışmasından sonra elde edilen sonuçlara dayanarak en yararlı onarım yöntemi seçilerek pist onarım süreci başlatılır. Burada göz önüne almamız gereken husus, onarım yöntemlerinden en hızlısı, en dayanıklı olanını hayata geçirmektir. Bu da Bölüm 3'te anlatılan beton kullanılarak uygulanan tamir yöntemleridir. Beton malzemesi diğer dolgu yöntemleri, şerbetli dolgu yöntemleri ve yabancı madde koruma levha yöntemlerinden daha uzun ömürlü, daha kullanışlı, daha güvenli ve daha kalıcıdır. Bomba çukurlarına ve hasarlarına beton malzemeli çözüm yapılarak, pistin sürekliliği ve buna bağlı olarak sorti yapan uçakların güvenli şekilde hareket etmesi sağlanmış olur. Beton diğer malzemelere göre daha sert bir yapıya sahip olduğu için uçak iniş sistemlerine de zarar gelmesinin önüne geçilir.

Hızlı sertleşen onarım betonlarından erken yüksek dayanımlı betonlar, çok erken dayanım kazanan betonlara göre daha yavaş dayanım kazandıkları için, çok erken dayanım kazanan betonlar tercih nedenidir. Magnezyum sülfatlı betonlar da çevreye ve bu betonu kullananlara karşı zararlı olduğu için pek tercih edilmezler. Pist hızlı onarım operasyonlarında, beton malzeme kullanılıyorsa, bunun sertleşip hizmete başlaması için 4 saat içinde 11 MPa'lık bir basınç dayanımına sahip olmalıdır. Araştırılan karışım tasarımlarına göre, 4 saat içinde 2500 psi (17.5 MPa) basınç dayanımı elde edilmiştir. Piste sadece, daha az basınç uygulayan F-14 ve F-16 tipi uçakların değil, daha ağır C-17, C-130 gibi uçaklarında sorti yapacakları düşünülürse daha önce verilen bilgilere dayanılarak kullanılan betonun çok erken dayanım kazanması gerektiği anlaşılar. Burada sözü edilen çok erken dayanım kazanan betonların 4 saat sonundaki basınç dayanım değerleri, ileriki saatlerde, günlerde veya aylarda daha da artış gösterecektir. Son zamanlarda ülkemizde ticari ismiyle, Çimsa'nın ürettiği Isıdaç 40 adlı bir çimento da; kısa sürede yüksek basınç dayanımlarına ulaşan altyapıdan askeri binalara stratejik

öneme sahip olarak tanımlanabilecek havaalanı pistlerinde, köprülerde, baraj savaklarında, otoyollarda, döşeme yollarda, madencilikte, boru ve atık su mühendislik uygulamalarında, kimyasal etkilere karşı dirençli olması nedeniyle kanalizasyon sistemlerinin iç kaplamalarında, endüstriyel kazanlarda, lento ve hatılarda, toplama rögarlarında, kısa sürede hizmete girmesi gereken zemin kaplamalarda, sıva ve çeşitli onarım işlerinde, sülfatlı ve deniz suyu etkisinde kalan beton elemanlarda kullanılır. Normal çimento ve betonlar agresif kimyasal ve biyolojik ortamlarda özelliklerini kaybedebilirken; Isıdaç 40, asitlere, sülfatlara ve biyolojik korozyona karşı kullanılır.

Ayrıca yüksek hidrasyon ısısı ile çok soğuk havalarda bile (-10 °C) kullanımına imkan veren Isıdaç 40 çimentosunun, altı saatlik basınç dayanımı ise 50 MPa'dır. Normal çimentoların 28 günde kazandığı dayanıma 6 saatte ulaşır. Normal çimentolar yüksek sıcaklıklarda kullanım olanağı vermezken, Isıdaç 40, 1300 °C kadar olan sıcaklıklara direnç gösterebilir. TS 6271 dördüncü sınıf standardına uygun kalsiyum alüminatlı çimentonun, alümina içeriği % 40'tır. Isıdaç 40 kalsiyum alüminatlı çimento (CAC), ateşe dayanımının çok yüksektir, onarılmış pistte uçak inişleri için en az pist dayanımını karşılamakla beraber uçaktan piste yayılan ısıya karşı da çok dayanıklıdır. Kimyasal, mineralojik, fiziksel, mekanik özelliklerinden ve üretim teknolojisinin farklılığından dolayı, pist onarımlarında normal çimentoların çok üzerinde aşınma dayanımına sahiptir. Gri çimentolarla benzer priz süresine sahip olan Isıdaç 40, çok hızlı dayanım kazanma özeliğiyle diğer çimentolardan farklıdır. Isıdaç 40 çimentosu; kontrollü olarak, belli oranlarda portland çimentoları ile beraber kullanıldığında, priz süreleri ayarlanabilen, çok hızlı dayanım kazanan, onarım priz süresini ayarlayan katkıların da bu tür karışımlarda kullanılmasıyla, priz süreleri beş dakikalara kadar inen ve bir saatlik basınç dayanımları da 35 MPa'ya kadar çıkan onarım harçları elde edilir. Bombardımandan sonra onarılmış pistte, uçak iniş ve kalkışlarında ilk temas noktasında pistte oluşan etki, hem eğilme hem basınç kuvveti oluşturur. En önemli nokta; bu eğilme ve basınç dayanımını en kısa sürede karşılayan, aşınma ve ısı direnci yüksek onarım malzemesini basit ve hızlı olarak elde edebilmektir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- American Concrete Pavement Association, 2006, Using Maturity Testing for Airfield Concrete Pavement Construction and Repair Research Report IPRF-01-G-002-03-6, Innovative Pavement Research Foundation Airport Concrete Pavement Technology Program, 73p.
- Anderson, M., Riley, M., 2002, PaveMend™ as a Solution for Rapid Runway Repair, Air Force Research Laboratory Materials and Manufacturing Directorate Air Expeditionary Forces Technologies Division Deployed Base Systems Branch Tyndall Air Force Base, Florida, 10p.
- Erdoğan, T.Y., 2003, Beton, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş., 729s.
- Larmie, E., 2005, Rehabilitation And Maintenance of Road Pavements Using High Early Strength Concrete, M.S. thesis, University of Maryland, 96p.
- Özdemir, M. A., Kuloğlu, N. ve Kök B. V., 2008, Havaalanı Esnek Üstyapı Tasarım Metodlarının Değerlendirilmesi, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ, 11s.
- Ronald Reagan Washington National Airport, 2007, Technical Specifications Minor Portland Cement Concrete Pavement Repairs Airside (On-Call), Ronald Reagan Washington National Airport Washington Dc, 25p.
- Rue, D., 2007, Concrete Runway Reconstructed Using Results of State of The Art Research, 2007 Faa Worldwide Airport Technology Transfer Conference Atlantic City, New Jersey, Usa, 10p.
- Schoonbaert, E. L., Arigovindan, M., Bennett, D. A. and Velinsky, S. A., 2003, Research Into A Rapid Road Repair Machine, AHMCT Research Report, California AHMCT Research Center University of California at Davis California Department of Transportation, 124p.
- Tayabji, S., Anderson, J., and Lafrenz, J., 2007, Proposed Specification For Construction of Airfield Concrete Pavement, 2007 Faa Worldwide Airport Technology Transfer Conference Atlantic City, New Jersey, Usa, 17p.
- Topçu, İ.B., 2006a, Beton, Uğur Ofset Aş., Eskişehir, 295s.
- Topçu, İ.B., 2006b, Beton Teknolojisi, Uğur Ofset Aş., Eskişehir, 570s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Topçu, İ.B., 2007, Yapı Malzemeleri ve Beton, Eskişehir, 2007, 394s.
- U.S. Department of The Air Force, 1997, Rapid Runway Repair Operations Air Force Palmphlet 10-219 Volume 4, By The Order of The Secretary of The Air Force, 227p.
- U.S. Department of The Air Force, 2008 a, Airfield Damage Repair Operations Air Force Palmphlet 10-219 Volume 4, By The Order of The Secretary of The Air Force, 177p.
- U.S. Department of The Air Force, 2008 b, Military Logistics International February / March 2008, Speeding Up Repairs, S. Gourley (Eds.), 33-34.
- U.S. Government Department of Defense, 2002 , Airfield Damage Repair Ufc 3-270-07, U.S. Army Corps of Engineers Naval Facilities Engineering Command Air Force Civil Engineer Support Agency (Preparing Activity), 22p.
- U.S. Government Department of Defense, 2003, Airfield Damage Repair Ufc 3-270-07, U.S. Army Corps of Engineers (Preparing Activity) Naval Facilities Engineering Command Air Force Civil Engineer Support Agency, 100p.
- U.S. Government Department of Defense Department of The Air Force, 2001, Pavement Design For Airfields Ufc 3-270-02, U.S. Army Corps of Engineers (Preparing Activity) Naval Facilities Engineering Command Air Force Civil Engineer Support Agency, 538p.
- U.S. Government Department of Defense Department of the Air Force, 2002, Engineering Technical Letter 02-19: Airfield Pavement Evaluation Standards and Procedures, Headquarters Air Force Civil Engineer Support Agency, 61p.
- U.S. Government Department of Defense Department of The Air Force, 2007, Engineering Technical Letter (ETL) 07-8: Spall Repair of Portland Cement Concrete (PCC) Airfield Pavements in Expeditionary Environments, Headquarters Air Force Civil Engineer Support Agency, 100p.
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 2008, Concrete Pavement Preservation Workshop, National Concrete Pavement Technology Center Iowa State University, 228p.