

Makalenin Geliş Tarihi : 10.06.2010
Makalenin Kabul Tarihi : 24.01.2011

BOMBARDIMAN SONRASI PİST HIZLI ONARIMI VE HIZLI SERTLEŞEN BETON KULLANIMI

İlker Bekir TOPÇU¹, Onur YILMAZ²

ÖZET : Bir ülke savunmasında en önemli unsurlardan biri olan hava kuvvetlerinin zayıf taraflı uçaklar yerde veya havadayken pistin bombalanmasıdır. Saldırıdan sonra uçakların indirilebilmesi ya da acilen kaldırılabilmesi için pistin en kısa sürede onarılması gerekir. Bu amaçla geliştirilmiş pist hızlı onarımı yöntemlerinden birisi de hızlı sertleşen betonların kullanımınıdır. Bu yöntemde işin nasıl programlanacağı, malzeme seçimi ve uygulamanın yapılması gibi farklı aşamalar bulunmaktadır. Özellikle ABD’de bu amaç için geliştirilen tekniklerle ilgili oldukça fazla sayıda araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada bu araştırmaların bazılarını ait sonuçlar derlenerek verilmiştir ve hızlı sertleşen betonlarla ilgili yeni araştırmaların gerekliliği ve önemi gösterilmeye çalışılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER : Bombardıman, pist hızlı onarımı, hızlı sertleşen betonlar.

RAPID RUNWAY REPAIRING AFTER THE BOMB ATTACK AND USING RAPID HARDENING CONCRETES

ABSTRACT : The weak side of air forces, which are the most important facts in defending a country, is the bomb attack on the runways when the airplanes are on ground or in the sky. The runways must be repaired as soon as possible in order to land or take off the airplanes after the bomb attack. One method of the runway repair methods, developed for this purpose, is using the rapid hardening concretes. Different states, such as scheduling the work, choosing the materials and performing the application take place in this method. Quite many researches, about these techniques that are developed for this purpose, have been made especially in USA. In this study, results belonging to some of these researches are given by collecting them and, the necessity and the importance of new researches about rapid hardening concretes are attempted to be noted.

KEYWORDS : Bomb attack, rapid runway repair, rapid hardening concretes.

^{1,2} Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Müh. Blm., Meşelik Kamp., 26480 ESKİŞEHİR

I. GİRİŞ

Düşman uçaklarının bombardımanı sonucu pisti zarar gören bir hava kuvveti birimi savunmaya geçemez. Pisti bombalanmış hava kuvvetlerinin, teknolojinin hız kazanmasıyla karadan havaya taşınan yeni savaş teknikleri karşısında güçsüz olacağı açıktır. Bu durumda, hava kuvvetleri savunmakla yükümlü olduğu ülkeyi veya bölgeyi savunmakta zorlanacaktır. Bir başka deyişle, 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 unsur açık hedefe dönüşecektir. Her ne kadar erken haber veren sistemlere sahip olursa da II. Dünya Savaşı'ndan beri bu konuda pek çok örnek yaşanmıştır. Organizasyonun önceden yapılmasıyla, gerekli strateji, yöntem, ekipman, ekip ve kullanılacak olan malzemeler hazır durumda tutulabilir. Böylece, pist kaplamasının onarımı istenilen en kısa sürede tamamlanır. Bombardımandan sonra zarar gören pistte yapılan hızlı onarım ile hava kuvvetleri savunma gücünü tekrar kazanır [1]. Bu amaçla kaynaklarda bulunan bazı bomba çukuru onarım yöntemleri aşağıdaki verilmiştir.

1. Kum - ızgara ile hızlı onarım yöntemi,
2. Alüminyum levhalar ile hızlı onarım yöntemi,
3. Fiberglasla güçlendirilmiş plastik levhalar ile hızlı onarım yöntemi,
4. Vidalı fiberglasla güçlendirilmiş plastik levhalar ile hızlı onarım yöntemi,
5. Katlanır fiberglas levhalar ile hızlı onarım yöntemi,
6. Prekast (öndökümlü) beton döşemeler ile hızlı onarım yöntemi,
7. Prekast (öndökümlü) asfalt bloklar ile hızlı onarım yöntemi,
8. Polimer beton ile poliüretan başlık yapılarak hızlı onarım yöntemi,
9. Kıрма taş dolgular (iyi sıkıştırılmış) ile hızlı onarım yöntemi,
10. Çok erken dayanım kazanan betonla onarım ile hızlı onarım yöntemi,
11. Taş dolgu ve çimento şerbeti (donma sıcaklığının altı ve üstü için iki farklı yol) kullanımı,
12. Magnezyum sülfat çimentolu beton ile hızlı onarım yöntemi.

Zemindeki zedelenmesi için uygulanan yöntemler ise aşağıda şu şekilde sıralanabilir:

1. Silika polimer betonu ile onarım yöntemi (doğaya zararlı olduğu nedeniyle önerilmez),
2. Hızlı sertleşen magnezyum sülfatlı çimento şerbeti ile hızlı onarım yöntemi,
3. Soğuk asfalt ile hızlı onarım yöntemi [2, 3].

Bu derleme çalışmasında çoğunlukla Amerika Savunma Bakanlığı ve Hava Kuvvetleri'nin yayınladığı askeri amaçlı kitap, bildiri ve diğer kaynaklardan yararlanılmıştır.

II. GENEL BİLGİLER

Bombardımandan sonra pist hızlı onarım yöntemleri hasar özelliklerine göre çeşitlenir. Onarıma geçmeden önce patlamadan, gömülü şekilde kalan bombaların varlığı da göz önüne alınarak öncelikle pist üzerinde çalışma güvenliği sağlanmalıdır. Pist hızlı onarımında pistin en az hasar görmüş ve en az iş ve zaman kaybı gerektiren yön, bölge ve doğrultusu seçilir. “En kısa operasyon şeridi” adı verilen bu güzergâh üzerinde pist hızlı onarım işlemleri gerçekleştirilir. Bombardıman sonucu oluşan ve pist yüzeyinde oluşan hasar, bomba çukuru ve delikler seçilen yöntemle göre onarılır. Bütün bu onarım çalışmalarının yapıldığı süre içerisinde savaşın ve tehlikenin devam ettiğini düşünülürken, bu çalışmaların 2-4 saat arasında sonlandırılıp, pistin ve onarılan bomba çukurlarının uçak iniş-kalkışları için gerekli en düşük dayanım ve en düşük basıncı karşılaması gerekmektedir. Bu kısa süre içerisinde yapılması gereken “pist hızlı onarımı” konusunda, özellikle, hızlı sertleşme özelliği gösteren beton kullanılarak yapılan onarım çalışmaları ve aşamaları üzerinde bir çalışma yapılacaktır [1, 4].

Mühendislik açısından hasar değerlendirmesi iki aşamada yapılır. Birincisi hasarın yerinin ve büyüklüğünün belirlenmesi yani yarar amaçlı, ikincisi ise hasarın onarımında 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 adım; hasarın yeri ve büyüklüğünü belirlemede piste atılan ve patlamadan gömülü olarak kalan bombalar için gerekli güvenlik önlemlerinin alınması ve temizlenmesidir. Bomba çukurları ve ufak

çukurlanma bölgelerinin belirlenmesinden sonra bu çukurların onarımında en az zaman ve iş gerektiren yön ile en uygun uçak iniş-kalkış hattı seçilir. Sonra bu hat üzerinde bulunan bomba çukurları, şarapnel ve patlama etkisiyle oluşan küçük çukurlar ve daha küçük çukur alanlarının onarım yönü olan en kısa operasyon şeridi belirlenir [1, 4, 5].

Hasarlı çukurlar belirlenen onarım çaplarına göre sınıflandırılırlar. Eğer pistteki zemin hasarı yukarıda anlatılan yöntemlere göre ölçüldüğünde çapı 1,5 metreden az ise hasar “zemin zedelenmesi” veya “sathi kaplama zedelenmesi” olarak isimlendirilir. Pist zemin hasarı klasik silahlar ile yapılmış, bunun sonucunda pist zemininde oluşan çukur çevresinde zeminin patlamasından kaynaklanan moloz yığınlarıyla birlikte görünen çap da 1,5 m’den büyük 6 m’den küçük ise bu çukur “küçük bomba çukuru” olarak isimlendirilir. Yine pist zeminindeki hasar klasik silahlar tarafından yapılmış, bunun sonucunda da derin bir çukur oluşturulmuş ve görünen çapta 6 m’den büyük ise buna da “büyük bomba çukuru” denir [6]. Hasar değerlendirme işlemleri; teknik ekibin pist projesi üzerindeki çalışmalarından sonra karar verme, planlanma, yönetim ve onarım uygulama aşamaları olarak şöyle özetlenebilir:

1. Bomba hasarının belirlenmesi,
2. Patlamamış ve gömülü kalmış bombaların etkisiz hale getirilip temizlenmesi,
3. Sahadan gelen verilerin pist projelerine göre değerlendirilip uygulanması,
4. En kısa operasyon şeridinin belirlenmesi,
5. Onarım yönteminin seçilmesi,
6. Pist hızlı onarımının yapılması,
7. Pist işaret ve çizgi uygulamalarının yapılması,
8. Mobil uçak durdurma sistemi kurulması,
9. Pist acil aydınlatma sistemi kurulması [1].

Pist hızlı onarım çalışmaları için önceden planlanmış olarak bulundurulması gerekli olan makine ve ekipmanların kullanım amacı ve diğer özellikleri Çizelge 1’de belirtilmiştir.

Çizelge 1. Pist hızlı onarım ekipmanları [1].

Bomba Çukuru Hazırlama	Bomba Çukuru Temizleme	Agrega Taşınması
4 yd ³ Loder	Loder	Damperli Kamyon
2,5 yd ³ Loder	Ekskavatör	Loder
Ekskavatör	Dozer	
Dozer	Greyder	
Reglaj	Sıkıştırma	Yükleme / Taşıma
Greyder	Silindir	4 yd ³ Loder
Loder	Ekskavatör	2,5 yd 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	
4 yd ³ Loder	Vakumlu süpürge	
2,5 yd ³ Loder	El Süpürgesi	
Ekskavatör		

II.1. Pist hızlı onarımlarında kullanılan yüksek dayanımlı betonlar

Uçucu kül, silis dumanı ve yüksek fırın cürufu gibi malzemeler yüksek dayanımlı betonlarda kullanılan mineral katkıdır. Bu malzemeler çimentonun hidratasyonu sırasında ortaya çıkan kalsiyum hidroksitler ile reaksiyona girerek betonun dayanımını artıran ilave C-S-H jelleri oluştururlar. Çok ince olduğundan betonda silis dumanı (SD) kullanımı su gereksinimini artırır. Dolayısı ile SD süperakışkanlaştırıcılar (SA) ile birlikte kullanılır. SA'lar düşük su-çimento (s-ç) oranında taze betonun işlenebilmesini arttırmak, dolayısıyla; istenilen işlenebilirliğe sahip, fakat s-ç oranı düşük betonlar üretmek dayanımı yükseltmek, s-ç oranını sabit tutarak taze betonun işlenebilirliğini arttırmak, akıcı kıvamda ve yeterli dayanımı sağlayan beton üretmek amacıyla kullanılırlar. Su azaltıcı ve priz geciktirici katkıları ise; çimentonun hidratasyonunu yavaşlatarak betonun yerine yerleştirilmesine daha fazla zaman kazanmayı sağlarlar [1-6, 7].

Stratejik Otoyollar Araştırma Programı tanımlarında yüksek dayanımlı bir betonun; 28 günlük basınç dayanımının 70 MPa'yı, 4 saatlik basınç dayanımının 20 MPa'yı, 24 saatlik basınç dayanımı 35 MPa'yı, s-ç oranının ise 0,35'e eşit veya daha büyük ve 300 çevrimlik bir donma-çözülme çevrimi dayanıklılığının ise en az % 80 olması koşulunu sağlaması istenmektedir.

Yüksek dayanımlı betonlar Stratejik Otoyollar Araştırma Programına göre: çok erken dayanım kazanan beton (ÇEDB), erken yüksek dayanım kazanan beton (EYDB), çok yüksek dayanımlı beton (ÇYDB), liflerle güçlendirilmiş beton (LGB), yüksek dayanımlı beton ve yüksek dayanımlı hafif beton şekilde sınıflandırılmaktadır. NIST/ACI'ya göre betonda yüksek dayanım; klasik bileşim, yerleştirme ve kür yöntemleriyle elde edilemez. Bu tip bir betonun elde edilme yöntemleri; yerleştirmede ve sıkıştırma sırasında ayrışma yapmama, uzun vadede tüm mekanik özellikleri sağlama, erken yaş dayanımı yüksek olma, yüksek tokluk, hacimsel kararlılık ve ağır çevre koşullarına uzun süre dayanım, gibi koşulları sağlamalıdır. Bu koşullar normal betonda olmayan farklı özelliklere sahip tanımlamaları içermektedir [8]. Yüksek performanslı betonlardan çok erken dayanım kazanan betonlar Çizelge 2'de tipleri, basınç dayanımları, s-ç oranları ve don dayanıklılık faktörleri verilmiştir.

Çizelge 2. Yüksek performanslı betonların tanımlanması [7].

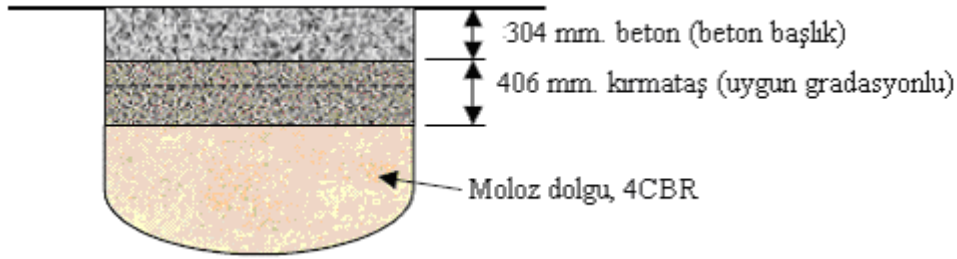
Yüksek Performanslı Betonlar	En Düşük Basınç Dayanımı	En yüksek Su-Çimento Oranı	En düşük Don Dayanıklılık Faktörü, %
Çok Erken Dayanım Kazanan Betonlar (ÇEDB) (ASTM C 150)			
Tip III Çimentolu A	2000 psi (14 MPa) 6 saatte	0,4	80
PBC- XT Çimentolu B	2500 psi (17.5 MPa) 4 saatte	0,29	80
Erken Dayanımlı Beton Tip III Çimentolu	5000 psi (35 MPa) 24 saatte	0,35	80
Erken Yüksek Dayanımlı Beton Tip I Çimentolu	10000 psi (70 MPa) 28 saatte	0,35	80

III. ARAŞTIRMANIN KAPSAMI

Bombardıman sonrası pistlerin hızlı onarımında uygulanan yöntemlerden; hızlı sertleşen magnezyum sülfatlı çimento ile üretilen betonla onarım, çok erken dayanımlı betonla onarım, polimer betonla poliüretan başlık yapılarak onarım yöntemleri ABD'deki uygulamalar ve konuyla ilgili kaynaklardan yararlanılarak açıklanmaya çalışılmıştır.

III.1. Hızlı sertleşen magnezyum sülfatlı çimentodan elde edilen beton ile onarım yöntemi

Bomba çukurundan fişkıran molozlar geri kullanım için uygunsa, bomba çukuru bu malzemeyle sağlam yüzeyden 711 mm. aşağıya kadar doldurulur. Şekil 1'de görüldüğü gibi yüzeyden 304 mm. beton başlık ve 406 mm. uygun kırmataş moloz dolgunun üzerine yerleştirilir.



Şekil 1. Bomba çukuru beton tamir yöntemi.

Şekildeki gibi 406 mm kırmataş, 152 mm'lik tabakada bir serilir, her tabakada 5 tonluk tek tamburlu titreşimli silindirle 4 pas yapılarak veya 10 tonluk aynı özellikli silindirle 2 pas yapılarak, dolgu 25 CBR dayanım verecek şekilde sıkıştırılır. Bomba çukuruna 304 mm. kalınlığında hızlı sertleşen magnezyum sülfat çimentosundan üretilen beton karışımı dökülür ve sağlam zeminle aynı seviyede perdahlanır [3]. Bu çimentoyla yapılan beton, erken dayanım kazanma özeliğine sahiptir. Bu betonlar büzülme yapmayan betonlar olarak tasarlanırlar 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 30 saniye gibi çok kısa bir sürede de olabilmektedir.

Magnezyum sülfatlı çimentodan yapılan betonlar, priz hızlandırıcı veya geciktirici katkı kullanmaya gerek kalmaksızın 0 °C ile 23 °C arasında uygun bir şekilde uygulanabilirler. Ancak sertleşme süresi, priz hızlandırıcı, priz geciktirici veya sıcak su ya da soğuk su kullanılarak değiştirilebilir. Bununla beraber bu betonun sertleşme süresi daha kısadır, karıştırma süresi 1-2 dakika arasındadır. Karıştırılma işlemi bittikten hemen sonra zedelenmiş zemine uygulaması yapılarak yerleştirilip perdahlanır. Magnezyum sülfat çimentolu beton ile portland çimentolu beton aynı yöntemlerle tasarlanmaktadır [2, 11, 12].

III.2. Çok erken dayanımlı betonla (ÇEDB) onarım yöntemi

Erken dayanım kazanan betonlar, erken dayanımlı çimento ve kimyasal katkı maddelerinden oluşan betonlardır. Bu betonlar normal betonlardan daha kısa sürede istenilen sertleşme ve dayanımı kazanırlar. Erken dayanımlı betonlar, erken yüksek dayanımlı betonlar (EYDB) ve çok erken dayanım kazanan betonlar (ÇEDB) olarak ikiye ayrılırlar. Çok erken dayanım kazanan betonlarında A ve B olarak adlandırılan iki seçeneği vardır. ÇEDB-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. ÇEDB-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 onarımında en az 1500 psi yani 11 MPa'lık basınç dayanımının 4 saat veya daha az sürede kazanılması uçakların pist üzerine uyguladığı tekerlek basıncını karşılaması için gereklidir [7].

Bomba çukuru onarımında, bomba çukurundan fişkırın moloz geri kullanım için 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 pas yapılarak veya 10 tonluk aynı özellikli silindirle dolguya 2 pas 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 [7, 13]. Betonlarda erken dayanım ve sertleşme elde etmek için;

1. Tip III Erken (ASTM C 150) dayanımlı çimento kullanılması,
2. Yüksek miktarda çimento kullanılması,
3. Tip I çimentosu (ASTM C 150) ve düşük su-çimento oranı (0,30-0,45) seçilmesi,
4. Beton karışımı sırasında yüksek sıcaklık sağlanması,
5. Kimyasal katkı kullanılması,
6. Silis dumanı kullanılması,
7. Kür sıcaklığının yüksek tutulması,
8. Hidratasyonda izolasyon sağlanması,
9. Özel hızlı sertleşen çimentolar kullanılması,
10. Buhar kürü yapılması gibi yöntemler uygulanabilir.

Karışımda düşük s-ç oranı, Tip III Portland çimentosu, kimyasal katkı ve yüksek çimento dozajıyla çok erken dayanımı yüksek beton elde edilebilir [2,7]. Pist hızlı onarımlarında kullanılan betonların 2-4 saat içinde 11 MPa'dan fazla basınç dayanımına ulaşılabilmesi için magnezyum sülfat çimentolu betonlar ve çok erken dayanımlı betonlar kullanılırlar [1].

III.3. Polimer betonla poliüretan başlık yapılarak onarım yöntemi

Polimerler, betonun hızlı ve yüksek dayanım gerektirdiği durumlarda, yüzey onarımlarında, eski ve yeni betonun yapıştırılmasında, enjeksiyonla çatlak onarımlarında kullanılırlar. Polimerlerin kullanımıyla betonların tokluk ve sünekliği artırılabilmekte, geçirimsiz ve uzun ömürlü beton üretilebilmekte, eski beton ile yeni beton, agrega ile çimento hamuru ve beton ile çelik arasındaki aderansların artırılması sağlanabilmektedir. Polimer betonları; PÇB (polimer çimento betonları), PB (polimer betonlar), PEB (polimer emdirilmiş betonlar) olarak üç ana grupta toplanırlar. PÇB ve PEB'lere polimerle geliştirilmiş betonlar (PGB)'de denilmektedir. PÇB'de agregalar çevresinde bir polimer filmi oluşmakta ve kılcal boşlukların bir bölümü polimerle doldurulmaktadır. PEB'de tüm kılcal boşluklar hatta jel boşlukları bile polimerle dolmaktadır. PB'de ise agregaları saran matris tamamıyla polimerden oluşur, bunlarda çimento hamuru kullanılmaz. Düşük s-ç oranlı, çok iyi yerleştirmiş ve doğru kür uygulanmış beton karışımlarında bile betonda oldukça büyük boşluklar kalabilmektedir. PEB'lerde ilk işlem 150 °C'de beton içerisindeki % 2-4 civarındaki bağlanmamış suyun buharlaştırılmasıdır. Daha

sonraki işlem polimerlerin ortalama 70 KPa basınçta vakum teknolojisi ile sertleşmiş betona emdirilmesidir. Son işlem beton içerisindeki polimerin 80-100 °C’de katılaştırılmasıdır [4].

Polimer betonda kullanılan epoksi reçineleri iki bileşenlidir. Bunlardan biri polimer, diğeri ise polimerin katılmasını 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 katılmakta, geçirimsiz ve yüksek dayanımlı betonlar elde edilebilmektedir. PÇB’lerde polimer malzeme taze beton ile karıştırılmakta, betonun prizini alması sırasında polimer malzeme de katılma göstermekte ve istenilen süneklik ve geçirimsizlikteki beton üretimi sağlanabilmektedir. Bomba çukuru onarımında, bomba çukurundan fişkıran 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 silindire 4 pas yapılarak veya 10 tonluk aynı özellikli silindire 2 pas 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. Bu yöntemde, sertleşme 5 dakika içerisinde gerçekleşir ve sonrasında pist uçak iniş- kalkışları için kullanıma hazır hale gelir [3, 4].

IV. KAYNAKLARDAKİ DENEYSEL ÇALIŞMALARIN SONUÇLARI

Verilen kaynaklardan da görüleceği gibi yerinde beton deneyleri iki temele göre yapılabilir. Birincisi yükleme deneyi, diğeri ise hasarsız deney yöntemleri olan ultrases 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 sonuçlarının tümüne dayanılarak bulunan eğilme dayanımları içinden % 99 güvenli olan alt tolerans sınırı pist betonunun kalitesini belirtir. Pist onarımında kullanılan çok erken dayanımlı betonun 4 saat sonundaki dayanımını bulmak için numuneler hazırlanır. Deneysel çalışmada kullanılan numuneler 15 cm. çapında ve 30 cm. yüksekliğinde standart silindir numunelerdir [7, 13]. Çizelge 3’te Karışım I ÇEDB ve Karışım II ÇEDB için ağırlığa göre tasarım miktarları kilogram olarak verilmiştir.

Çizelge 3. Çok erken dayanım kazanan beton (ÇEDB) ağırlığa göre tasarım I-II [7].

Malzemeler	Ağırlık (kg)	
	Karışım I	Karışım II
Çimento Tip III (ASTM C 150)	548	562
Kaba Agregası	1085	689
İnce Agregası	516	745
Su	224	252
Priz Hızlandırıcı	32	31
Yüksek Oranda Su Azaltıcı (HRWR)	1.9	1.93
Hava Sürükleyici Katkı	1.9	3.1
Su-Çimento Oranı	0.41	0.45

Çizelge 3'te ağırlığa göre karışım tasarımları verilen iki çeşit betona, laboratuvarında üretildikten sonra 4 saat sonra basınç deneyi uygulanmıştır. Bu deney sonucunda basınç değerleri, yükleme değerleri ve ağırlıkları Çizelge 4'te verilmiştir [7].

Çizelge 4. Karışım I ve II için basınç dayanım sonuçları [7].

Karışım	Deney Süresi	Ağırlık (kg)	Yük, lb (kg)	Basınç Dayanım (MPa)
Karışım I A	4 saat	28,3	65500 (29710)	15,97
Karışım I B	4 saat	28,3	64000 (29029)	15,60
Karışım I C	4 saat	28,1	64000 (29029)	15,60
Karışım I D	4 saat	28,0	65000 (29483)	15,84
Karışım II A	4 saat	27,5	78000 (35380)	19,01
Karışım II B	4 saat	27,6	79000 (35833)	19,26
Karışım II C	4 saat	27,5	76000 (34473)	18,53
Karışım II D	4 saat	27,5	77500 (35153)	18,89

Çizelge 5. Karışım I ve II için beton özellikleri [7].

Beton Özellikleri			
Karışım Tasarımı	Birim Ağırlık (kg/dm³)	Hava İçeriği %	Çökme (cm)
Karışım I	2,45	7,0	3,1
Karışım II	2,47	4,5	5,1

Yüksek performanslı betonlardan, çok erken dayanım kazanan beton (ÇEDB) özelliklerini taşıyan iki farklı ağırlığa göre tasarım karışımları ile dökülen numunelerden yapılmış olan deneysel çalışmalardan elde edilen veriler ışığında, bu iki ağırlığa göre tasarım karışımın beton özellikleri ve ortalama basınç dayanım sonuçları Çizelge 5 ve 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Karışım I ve II için ortalama basınç dayanım sonuçları [7].

Deney Sonuçları Karışım I-II				
Karışım Tasarımı	Deney Süresi	Ort. Ağırlık lb (kg)	Ort. Yük lb (kg)	Ort. Basınç Dayanımı psi (MPa)
Karışım I	4 saat	28,0 (12.7)	64625 (29313)	2285 (15,8)
Karışım II	4 saat	27,5 (12.4)	77625 (35210)	2745 (18,9)

V. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bombalanmış bir pistin hızlı onarımı çok çabuk yapılması gerektiğinden onarım için pistin bulunduğu yer veya bölgede kolayca bulunabilecek yapı malzemeleri ve ekipmanlar ile bunların rahatlıkla uygulanabileceği yöntemler tercih edilmelidir. 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 alınması gereken temel husus, onarım yöntemlerinden en hızlı, en dayanıklı ve en uzun ömürlü olanını seçmektir. Bunlardan en başta geleni betonla yapılan onarım yöntemleridir. Bomba çukurlarına ve hasarlarına betonla yapılan onarımla pistin sürekliliği sağlanır ve buna bağlı olarak sorti yapan uçaklar güvenli şekilde hareket edebilirler. Beton diğer malzemelere göre daha uygun bir yapıda olduğundan uçak iniş sistemlerine de olası zarar önlenmiş olur.

Hızlı sertleşen onarım betonlarından, erken dayanım kazanan betonlara göre daha hızlı dayanım kazandıkları için tercih çok erken yüksek dayanımlı betonlar tercih edilirler. Magnezyum sülfatlı betonlar sülfatın betona zararlı etkisinden dolayı pek önerilmezler. Pist hızlı onarım operasyonlarında, betonun sertleşip hizmete başlaması için 4 saat içinde 11 MPa'lık bir basınç dayanımına sahip olması beklenir [14, 15]. Araştırılan karışım tasarımlarında 4 saatte 2500 psi (17,5 MPa) basınç dayanımı elde edildiği görülmüştür. Piste sadece, daha az basınç uygulayan F 14 ve F 16 tipi uçakların değil, daha ağır C 17, C 130 gibi uçakların da sorti yapacakları düşünülürse daha önce verilen bilgilere dayanılarak kullanılan betonun çok erken dayanım kazanması gerektiği anlaşılmaktadır. Burada sözü edilen çok erken dayanım kazanan betonların 4 saat sonundaki basınç dayanımları ilerleyen zamanlarda da artış göstermeye devam edecektir.

VI. KAYNAKLAR

- [1] U.S. Department of The Air Force, Rapid Runway Repair Operations Air Force Pamphlet 10-219 Volume 4, By The Order of The Secretary of The Air Force, pp. 227, 1997.
- [2] American Concrete Pavement Assoc., 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 Techn. Program, pp. 73, 2006.
- [3] U.S. Government Department of Defense, 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, pp. 100, 2003.
- [4] E. L. Schoonbaert, M. Arigovindan, D. A. Bennett, S. A. Velinsky, Research Into A Rapid Road Repair Machine, AHMCT Research Report, California AHMCT Research Center Univ.of California at Davis California Department of Transportation, pp. 124, 2003.
- [5] M. Anderson, M. Riley, 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, pp. 10, 2002.

- [6] U.S. Government Department of Defense, 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), pp. 22, 2002.
- [7] E. Larmie, Rehabilitation and Maintenance of Road Pavements Using High Early Strength Concrete, M.S. thesis, University of Maryland, pp. 96, 2005.
- [8] T. Y. Erdoğan, “*Beton*”, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yay. ve İletişim A.Ş., ss. 729, 2003.
- [9] D. Rue, Concrete Runway Reconstructed Using Results of State of The Art Research, 2007 FAA Worldwide Airport Technology Transfer Conference Atlantic City, New Jersey, USA, pp. 10, 2007.
- [10] S. Tayabji, J. Anderson, J. Lafrenz, Proposed Specification For Construction of Airfield Concrete Pavement, 2007 FAA Worldwide Airport Technology Transfer Conference Atlantic City, New Jersey, USA, pp. 17, 2007.
- [11] Ronald Reagan Washington National Airport, Technical Specifications Minor Portland Cement Concrete Pavement Repairs Airside (On-Call), Ronald Reagan Washington National Airport Washington D.C., pp. 25, 2007.
- [12] U.S. Department of the Air Force, Military Logistics International February/March 2008, Speeding Up Repairs, S. Gourley (Eds.), pp. 33-34, 2008.
- [13] U.S. Dept. of Transportation Federal Highway Administration, Concrete Pavement Preservation Workshop, National Concrete Pavement Technology Center, Iowa State University, pp. 228, 2008.
- [14] U.S. Dept. of The Air Force, Airfield Damage Repair Operations Air Force Palmphlet 10-219 Vol. 4, By The Order of The Secretary of The Air Force, pp. 177, 2008.
- [15] U.S. Government Dept. of Defense Dept. of The Air Force, 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, pp. 538, 2001.