

BETONARME YAPILARIN RESTORASYONU VE ONARIM VE GÜÇLENDİRME MALZEMELERİ

Turan ÖZTURAN (*)

ÖZET

Beton ve betonarme yapıların servis ömürleri süresince çeşitli nedenlerle restorasyona ihtiyaç duymaları, restorasyon yöntemleri ile onarım/güçlendirme malzemelerinin önemini arttırmaktadır. İnşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan polimer takviyeli onarım harçları ve lateks harçlarının mekanik özellikleri ile uzun süreli yük ve kullanma şartları altındaki davranışları yoğun bir şekilde araştırılmaktadır. Çoğu zaman onarım malzemeleri bilinçli bir şekilde kullanılmamakta ve uzun süreli performansları iyi bilinmemektedir. Uygulanacak restorasyon yöntemi göre en uygun onarım/güçlendirme malzemesinin seçilmesi çoğu zaman ön plana çıkarken, bu malzemelerin dayanım ve dayanıklılık özelliklerinin yapı betonundan daha yüksek olması, onarım malzemelerinin eski betona iyi yapışması ve eski betonla uyumlu bir mekanik davranış göstermesi gerektiği dikkatten kaçmamalıdır.

1. YAPI MALZEMESİ OLARAK BETON

Portland çimentosu betonu yüz yetmiş beş yılı aşkın bir süredir inşaat mühendisliğinin en önemli yapı malzemesi olmuştur. İlk günden beri tasarım, bileşim ve yapım aşamalarında sürekli gelişme ve ilerleme kaydetmektedir. Betonun kullanımı ve uygulamaları gittikçe yaygınlaşmakta olup, bunun önemli nedenlerinden biri de onun çevre dostu bir malzeme olmasındandır. Kolay şekil verilebilen ve her türlü talebe ve beklenen fonksiyonlara hizmet edebilecek yapı elemanlarının üretimine olanak veren portland çimentosu betonu geleceğin de en önemli yapı malzemesidir.

Beton yeterli dayanım ve dayanıklılığa sahip bir malzeme olarak uzun ömürlü yapılar inşa etmeye olanak vermektedir. Ancak, servis ömürleri sırasında beton ve betonarme yapılarda bazı kusurlar ve hasarlar oluşabilir. Bunlar beton malzemesinden

kaynaklanan rötre çatlakları, yetersiz yerleştirme sonucu oluşmuş boşluklar gibi kusurlar olabildiği gibi, yapının kullanımı sırasında oluşan ve yapısal tasarım hatalarından, anormal yükleme şartlarından ve korozif çevre şartlarından kaynaklanan kusurlar da olabilirler. Bu tür kusur ve hasarları gidermek için beton ve/veya betonarme yapılarda restorasyon işlemleri yapılması gerekmektedir.

2. RESTORASYON YÖNTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Beton yapılardaki kusur ve hasarların nedenleri ve sonuçlarındaki çeşitlilik nedeniyle restorasyon işlemleri de çeşitlilik göstermektedir. Krol ve Halicka (1) restorasyon işlemlerini esas, amaç ve sonuçları açısından aşağıdaki gibi sınıflandırmayı önermektedirler.

Restorasyon işlemleri esas açıdan yapısal ve mimari restorasyon olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Eğer bir restorasyon işlemi bir binanın yapısal elemanına (temel, kolon, perde duvar, kiriş, döşeme vb.) uygulanır ve de bu elemanın yük taşıma kapasitesine etki ederse bu işlem yapısal restorasyon olarak adlandırılır. Eğer restorasyon işlemi binanın yapısal olmayan (bölme duvarı, izolasyon elemanı, vb.) elemanına ya da statik fonksiyonuna etki etmeyecek şekilde bir yapısal elemana uygulanırsa bu işlem mimari restorasyon olarak adlandırılır.

Restorasyon işlemleri amaçları açısından onarım, yenileme, güçlendirme ve fonksiyonunu değiştirme olarak dörde ayrılmaktadır. Bu sınıflandırmada yapılan işlemde önce ve sonra yapıdaki iç kuvvetlerin dağılımını dikkate almak gerekmektedir. Onarım, bir yapı elemanında iç kuvvetler dağılımını etkilemeyecek şekilde kusurlu ve hasarlı kısımların düzeltilmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır. Yenileme, hasar görmüş ve yapısal işlevini yerine getiremeyen bir yapı elemanının yeniden oluşturulması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Güçlendirme, yapı elemanının artan yükleri karşılayacak şekilde kesitinin artırılması, donatı eklenmesi, öngerme uygulanması

(*) Prof. Dr., Boğaziçi Üniversitesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

gibi işlemler olarak tanımlanmaktadır. Bu işlem çoğunlukla iç kuvvetlerin yeniden dağılımına da neden olmaktadır. Fonksiyon değiştirme, iç kuvvetlerin yeniden dağılımına yol açacak şekilde yapı elemanlarının fonksiyonel düzenini değiştirme işlemi olarak tanımlanmaktadır.

Restorasyon işlemleri yapısal davranışa yönelik sonuçları açısından pasif ve aktif olarak ikiye ayrılmaktadır. Pasif restorasyon yapıdaki iç kuvvetlerin dağılımını etkilememektedir. Aktif restorasyon ise iç kuvvetlerin başlangıçtaki dağılımına kıyasla yeni gerilme durumları yaratabilmektedir. Pasif restorasyon yöntemleri genellikle klasik, aktif restorasyon yöntemleri ise yeni yaklaşımlar olarak değerlendirilebilirler.

3. ONARIM VE GÜÇLENDİRME MALZEMELERİ

Beton yapıların restorasyonunda çoğunlukla şu yöntemler kullanılmaktadır:

- Çatlakların, kırıkların ve boşlukların enjeksiyonu
- Yapı elemanında gerekli taşıyıcı kesiti sağlayabilmek için hasarlı bölgelerdeki betonunun tamamlanması/yenilenmesi
- Mantolama veya benzeri yöntemlerle yapı elemanı taşıyıcı kesitin artırılması.

Pasif restorasyon yönteminde genellikle normal beton, çimento şerbeti ve harçları, enjeksiyon solüsyonları, reçineler, reçine ve mineral katkı kompozitleri, polimerler ve silikonlar gibi klasik onarım malzemeleri kullanılmaktadır. Bu malzemelerin işlevi boşlukları doldurmak ve kesitin yük taşımasına katkıda bulunmaktadır. Bu yöntemde elemanın yük taşıma kapasitesine katkı ancak ilave yükleme uygulandığında söz konusu olmaktadır. İşlemin yapı üzerinde başka bir etkisi yoktur ve bu nedenle pasif olarak nitelendirilmektedir.

Aktif yöntemde ise sadece dolgu işlevi olmayan, ancak beton yapı elemanının davranışını aktif olarak etkileyen onarım malzemeleri kullanılmaktadır. Bu gibi malzemeler arasında genleşen beton ve genleşen çimento şerbeti gibi malzemeler bulunmaktadır. Bu tür malzemeleri normal betonlardan ayıran en önemli özellik hiç rötre yapmamaları ve hatta hacimlerinin bir miktar artmasıdır.

Yukarıda belirtildiği gibi beton ve betonarme yapıların onarım ve güçlendirilmesinde çok çeşitli malzemeler kullanılabilir. Son yıllarda bu malzemeler arasında gittikçe artan sayıda yeni hazır onarım malzemeleri katılmaktadır. Ancak, etkin bir onarım ve güçlendirme operasyonu için bu malzemelerin performans kriterlerinin ve eski beton ile uyumlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu tür malzemelerin mekanik özellikleri, sünme ve rötre

kapasiteleri, eski beton yüzeyi ile etkileşimleri ve çeşitli ortam şartlarına dayanıklılıkları konusunda yeterli bilgi birikimi oluşmalı, onarım, iyileştirme ve güçlendirme tasarım ve uygulamalarında çalışan mühendisler de onarım malzemesi ile eski beton uyumu konusunun önemini yeterince kavramalıdır.

Her ne kadar uygun bir malzemenin seçimi bu işlemde en önemli unsur olarak görünse de eski beton yüzeyinin hazırlanması, onarım malzemesinin uygulanması ve kalitenin temini ve kontrolü da aynı önemi haizdir. Onarım ve güçlendirme işlemini başından sonuna etkileyen tüm bu faktörleri iyice anlayabilmek için, bu tür malzemeler ve sistemleri bütünün, yani kompozitin, bir parçası gibi görmek gerekir.

Bir onarım ve güçlendirme malzemesi ile eski beton arasındaki uyum mekanik ve kimyasal özellikler ile boyutlar açısından sağlanacak denge olarak tanımlanmakta ve onarım ve güçlendirmenin servis ömrü boyunca hacımsal değişiklik ve kimyasal etkilerden oluşacak gerilmelere ve yıpranmaya dayanmasını sağlamaktadır. Mekanik özelliklerdeki uyum basınç, çekme ve yapışma dayanımlarını kapsamaktadır. Kimyasal uyum parametreleri genellikle alkali ve klor içeriği ile C_3A miktarını kapsamaktadır. Boyutsal uyum ise onarım işlemindeki en önemli parametrelere biri olan hacim sabitliği kavramını içermektedir. Elastisite modülü, kuruma rötresi, sünme ve termal genleşme boyutsal uyumun parametreleridir. Onarım malzemesi-eski beton ara yüzünde onarım malzemesinin yapacağı genleşme ve büzülme hareketleri yapışma nedeniyle kısıtlanmaktadır. Bunun sonucunda oluşacak çatlaklar hem yük taşıma kapasitesini, hem de dayanıklılığı olumsuz etkileyecektir. Mekanik, kimyasal ve boyutsal uyumsuzluğu ve bunun sonucunda oluşacak çatlamayı önlemede birinci adım da en uygun malzemeyi seçmektir.

4. ONARIM VE GÜÇLENDİRME MALZEMELERİNİN YAPISI

Betonun mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi ve/veya değiştirilmesi veya dış ortam şartlarına dayanıklılığın artırılması amacıyla çoğunlukla özel bileşimli harç ve betonlar kullanılmaktadır. Bu onarım malzemelerinin özelliği çoğunlukla kullanılan bağlayıcı malzemenin özelliğinden kaynaklanmaktadır.

Bazı onarımlarda ilk yaşlarda dayanım kazanma hızının yüksek olması istenir. Bu gibi durumlarda hızlı dayanım kazanan özel çimentolar kullanılır. Bunların arasında alüminli çimentolar, prizi hızlandırılmış çimentolar ve magnezyum veya alüminyum fosfat katkılı çimentolar bulunmaktadır. Ayrıca bazı

çok aktif puzolanlar da çimentoya katılabilir. Diğer taraftan, karışım oranlarında ve kür şartlarında bazı değişikliklerle prizin hızlandırılması ve erken dayanımların artırılması yoluna da gidilmektedir.

Onarım işlemlerinde onarım harcı veya betonu ile eski beton arasında farklı boyutsal hareketlerin olmaması, onarımın gerekli ve yeterli performansı açısından oldukça önemli bir faktördür. Bu nedenle onarım malzemesinde oluşabilecek rötreyi dengelemek için bazı hallerde genleşen çimentoların kullanımı söz konusu olmaktadır.

Diğer taraftan, bazı onarım işlemlerinde kullanılacak harç veya betonda portland çimentosu hamurunun yapısının bir polimer kullanılarak değiştirilmesi söz konusu olmaktadır. Bu amaçla çeşitli polimer emülsiyonları kullanılmaktadır. Katı polimer parçacıklarının su içindeki emülsiyonu olan lateksler, onarım malzemesinin eski betona yapışmasını arttırmak ve bazı mekanik özellikler ile dayanıklılık özelliklerini iyileştirmek için kullanılırlar. Polivinil asetat (PVA), vinil asetat kopolimeri (VAC), polakrilik esterler (PAE), ve stiren butadiyen kopolimeri (SBR) bu amaçla kullanılan latekslerden bazılarıdır.

Bu tür bir lateks ile bağlayıcı yapısı değiştirilmiş portland çimentosu harcı veya betonunda, çimentonun hidratasyonu ile, askıdaki polimer parçacıklarının yumaklaşıp, kaynaşması sonucunda polimer fazının oluşumu birlikte gelişmektedir. Böylece oluşan matris fazı içinde hidrate çimento elemanları ile polimer filmi birbirinin içine girmiş bir uzay ağı yapısı oluşturmakta ve agregata taneleri iki komponentli böyle bir sürekli faz tarafından sarılmaktadır.

Polimer bağlayıcılar harç veya betonda portland çimentosunu tümüyle ikame etmek için de kullanılabilirler. Bu amaçla kullanılan organik monomerlerin polimerizasyonu sonucu oluşan büyük polimer molekülleri agregaları birbirlerine bağlamaktadır. Daha önceleri poliester-stiren ve epoksi-reçine sistemleri kullanılırken, şimdilerde metalmetakrilat ve stiren daha fazla kullanılmaktadır. Bu tür onarım malzemelerinin basınç dayanımları ile yapışma dayanımları yüksek olup, geçirimsizliği çok daha düşük ve dış ortam şartlarına dayanıklılığı çok yüksektir.

5. ONARIM MALZEMELERİNDEN BEKLENEN ÖZELLİKLER

Onarım ve güçlendirme malzemelerinin kullanılmaya başlanmasından itibaren, basınç dayanımı en önemli ve belirleyici özellik olarak kabul edilmiştir. Halbuki, eğilme, çekme ve özellikle yapışma dayanımları onarım malzemeleri için daha fazla önem

taşımaktadır. Ayrıca rötre ve sünme özellikleri önemle araştırılması gereken hususlardır. Bazı servis şartları altındaki davranışı belirleyen, sülfat ve asit ortamına ve donma-çözülme tekrarlarına dayanıklılık gibi özellikler de onarım malzemesi seçiminde yol gösterici unsurlardır.

Onarım/güçlendirme malzemeleri üzerinde literatürdeki araştırmalarda (2-6) elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Onarım malzemesi yapı elemanının mekanik dayanımına katkıda bulunmalı ve en az eski beton kadar dayanıma sahip olmalıdır. Onarım malzemelerinin elastisite modülleri düşük olmalı, ancak aynı zamanda eski betonunkıyla benzer olmalıdır.
- Bağlayıcı yapısı lateks ile değiştirilmiş harç ve betonların çekme ve eğilme dayanımları genelde kontrol harçlarına oranla daha yüksektir. Lateks, çimento ve agregaların özellikleri ile polimer-çimento ve su-çimento oranları ile kür yöntemi harçların dayanım özelliklerini belirlemektedir.
- Onarım malzemelerinde epoksi reçineler, akrilik lateks, stiren butadiyen, kauçuk lateks, polivinil asetat kopolimeri gibi polimer bağlayıcılar kullanılması yapışma dayanımını en az ana malzemenin dayanım seviyesine yükseltmektedir.
- Onarım malzemelerinin rötresiz olması ve hatta bir miktar genleşme özelliğine sahip olması, sabit yükler altındaki sünme deformasyonunun da küçük olması istenir.
- Harç ve betonların donma-çözülme tekrarlarına dayanıklılıklarını belirleyen temel faktörler onarım malzemeleri için de geçerlidir. Lateks harçlarının donma-çözülme dirençleri düşük polimer-çimento oranlarında yüksek olmakta, ancak polimer oranının artmasıyla dayanıklılıkta düşüş gözlenmektedir.
- Hazır onarım harçları ile polimer modifiye onarım harçlarının sülfat etkisine dayanıklılıkları oldukça yüksektir.

Özturan ve Çeçen (7-9) ülkemizde inşaat sektörünün kullanımına sunulan bazı hazır onarım harçları ile yerinde üretilen lateks harçlarının mekanik özellikleri ile dayanıklılıklarını karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Araştırmada, onarım ve güçlendirme malzemeleri olarak sülfata dayanıklı, silis dumanı ve polipropilen lif katkılı, yüksek tiksotropik özellikli rötresiz hazır onarım harcı, lateks takviyeli portland çimentosu hazır yapısal onarım harcı, ve erken dayanımı yüksek, rötresiz hazır enjeksiyon onarım harcı olarak tanımlana üç değişik hazır onarım harcı ile portland çimentosu (PÇ42.5), silis dumanı, dere kumu ve katı madde miktarı %50

olan stiren butadyen kauçuk lateksi kullanılarak sıvı lateks-çimento oranının %0 ile %30 arasında değiştiği dört değişik laboratuvar üretimi onarım harcı kullanılmıştır. Bu onarım harçlarının mekanik ve dayanıklılık özellikleri lateks harçlarında bazı bileşim parametreleri ile hazır harçlarda bileşim malzemelerinin özellikleri açısından irdelenmiş ve aşağıda özetlenen bulgular elde edilmiştir:

- İncelemede kullanılan kuru karışım hazır onarım/güçlendirme harçları erken yaşlarda oldukça yüksek basınç ve eğilme dayanımlarına ulaşmaktadır. Bu harçların yapışma dayanımları da oldukça yüksek değerler vermektedir.
- Portland çimentosu harcının lateks ile modifikasyonu eğilme dayanımlarında artış sağlarken, yapışma dayanımındaki olumlu etki daha geç yaşlarda gözlenmiştir. Basınç dayanımlarında ise olumlu bir gelişme sağlanamamıştır.
- Onarım harçlarının eski betona yapışmasında yüzeyin pürüzlendirilmesi ile arayüzeye polimer yapıştırıcı uygulanması olumlu etki yapmış, yapıştırıcı tabakanın ince olmasının onarım harcı-eski beton yapışması açısından daha etkin olduğu gözlenmiştir.
- İncelemede kullanılan kuru karışım hazır onarım harçlarının donma-çözülme tekrarlarına, sülfat ve asit etkisine dayanıklılıkları lateks harçlarından daha yüksektir.
- Lateks harçlarında düşük polimer-çimento oranlarında özelliklerde iyileşme sağlanamazken, polimer-çimento oranındaki artışla mekanik özellikler ile dayanıklılık özellikleri önemli artışlar göstermiştir.

6. SONUÇ

Restorasyon problemleri titizlikle ele alınmalıdır; çünkü, bir çok betonarme yapı bu tür işlemlere gereksinim duymaktadır. Yapılarda oluşan hasarların neden ve sonuçları dikkatle ele alınmalı ve onarılabilecek her yapı kendi içinde değerlendirilmelidir. Bu konuda uzman kişiler öncelikle uygun onarım/güçlendirme malzemelerini ve yöntemleri belirlemek durumundadırlar. Daha sonra onarılabilecek yapı veya yapı elemanının onarıma hazırlanması ve yapının korunması ve dayanıklılığın sağlanması hususları değerlendirilmelidir.

Hazır onarım ve güçlendirme malzemeleri üzerinde yapılan çeşitli deneylerin sonucunda elde edilen bulgular ile üreticilerin ileri sürdükleri özellikler arasında bazı uyumsuzluklar olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle hazır onarım harçlarını kullanmadan önce bazı özellikleri açısından test edilmelerinin ve kullanım amacına uygunluklarının saptanmasının gerekliliği öne çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- 1) Krol, M. and Halicka, A., "Strategy of Restoration of Concrete Structures with Active Compatible Materials", *Concrete Repair, Rehabilitation and Protection*, edited by R.K.Dhir and M. R. Jones, pp. 283-291, 1996.
- 2) Walters, U.G., "Comparison of Latex Modified Portland Cement Mortars", *ACI Materials Journal*, V.87, No.4, pp.371-377, 1990.
- 3) Ohama, Y., "Principles of latex Modification and Some Typical Properties of Latex Modified Mortars and Concretes", *ACI Materials Journal*, V.84, No.6, pp. 511-518, 1987.
- 4) Ohama, Y., Demura, K., Hamtsu, M. and Kakegawa, M., "Properties of Polymer Modified Mortars Using Styrene Butyl Acrylate Latexes with Various Monomer Ratios", *ACI Materials Journal*, V.88, No.1, pp. 56-61, 1991.
- 5) Kreigh, J.D., "Arizona Slant Shear Test: A Method to determine Epoxy Bond Strength", *ACI Journal Proceedings*, V. 73, No. 7, pp. 372-373, 1976.
- 6) Whiting, D., and Nagi, M., "Strength and Durability of Rapid Highway Repair Concretes", *Concrete International*, V.16, No.9, pp. 36-41, 1984.
- 7) Özturan, T. ve Çeçen, C., "Polimer Bazlı Onarım Harçlarının Servis Şartları Altındaki Mekanik Davranışının ve Dayanıklılığının İncelenmesi", *Araştırma Raporu, İNTAG 617, TÜBİTAK*, 1996.
- 8) Özturan, T. ve Çeçen, C., "Onarım Malzemelerinin Yapışma Dayanımlarının Eğik Kesme Deneyi ile Belirlenmesi", *4. Ulusal Beton Kongresi Bildiriler Kitabı*, ss. 405-415, 1996.
- 9) Özturan, T., and Çeçen, C., "Mechanical Properties and Durability of Modified Portland Cement Repair Mortars", *Concrete Repair, Rehabilitation and Protection*, edited by R. K.Dhir and M. R. Jones, pp. 331-341, 1996.