

BETONARME TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARINDA YAPIŞTIRMA BİRLEŞİMLER

MAHMUT KÖSE¹, KAYA ÖZGEN²

ÖZET

Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarındaki güçlendirme ve onarım uygulamalarında epoksi reçinesi gibi yapıştırıcı malzemeler kullanılmaktadır. Yapıştırdıkları iki malzemenin ara yüzeyinde yüksek mukavemet ve aderans sağlayan bu uygulama ile sistemin kısa sürede, gerekli mukavemete ulaşması mümkündür. Ancak bu tip birleşimlerin mukavemet seviyesinin çoğunlukla hesap dışı girdilere bağlı olması ve uygulama sonrası mukavemet tespitinin normal koşullarda mümkün olmaması temel problemler olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, literatürde bu konuda yapılan deneysel içerikli çeşitli araştırmalar değerlendirilmiş ve bu tip uygulamaların her koşulda yeterli ve standart sonuç verebilmesi bağlamında, bu çalışmayı kapsayan doktora çalışmasına dayanılarak bir takım işlem kriterleri ortaya konmuştur[1].

1. GİRİŞ

Yapıların projelendirilmesi, uygulanması ve kullanılmasında yapılan bir takım hatalar ve/veya verilen yanlış kararlar, deprem gibi doğal afetler

¹ Dr. İ.T.Ü., Mimarlık Fakültesi, 80191 Taşkışla, Taksim - İstanbul

² Prof. Dr. İ.T.Ü., Mimarlık Fakültesi, 80191 Taşkışla, Taksim - İstanbul

zaman zaman betonarme yapıya müdahale ve değişiklikler gerektirmektedir. Çeşitli amaçlarla yapılan bu tür uygulamalar yeri ve amacına göre onarım, güçlendirme ve iyileştirme gibi farklı amaçlar güdülmekle beraber bu çalışmada “güçlendirme” işlemi ele alınacaktır. Son yıllarda betonarme taşıyıcı eleman güçlendirmelerinde kullanılan çeşitli uygulamalarda yapıştırma birleşimler kullanılmaktadır. Yüksek mukavemetli bağ oluşturabilen çeşitli polimer esaslı yapıştırıcılar kullanılarak, farklı malzemeler ve detaylarla yapılan bu uygulamalar, mevcut sistemde esasa dönük fazla değişikliğe sebep olmadan kısa sürede sağladıkları yüksek performans ve işlem kolaylığı nedeniyle önemli faydalar sağlamakta ve mevcut betonarme yapıların değerlendirilmesi / kullanılması açısından önemli bir gelişim olarak kabul edilmektedir[1].

Avrupa ve Amerikada 60’lı yıllardan beri betonarme taşıyıcı sistem güçlendirmelerinde yapıştırma birleşimler kullanılmaktadır. Uygulama esnasında yapının hizmet dışı kalmasına gerek olmadığından, özellikle hayati önemi olan otoyol köprüleri, kanalizasyon ve su şebekeleri gibi şehir alt yapı tesislerinin işlevleri devam ederken güçlendirilmelerinde yapıştırmalı sistemler tercih sebebi olmuştur. Dünyada, bu konu ile ilgili saptamalardan biri, kentlerdeki altyapı ile ilgili tesislerin zaman içinde ciddi onarım ve yenilemeye gerek göstermeleridir [2]. Altyapı kullanım ömrünün uzatılabilmesi, yeniden yapım maliyetinin yüksek olması nedeni ile ekonomik fayda açısından da gereklidir.

Ülkemizde betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında yapıştırmalı birleşim tekniğinin kullanımı, 1999 Marmara depreminden sonra yoğun ve ani bir talep görmüştür. Dünyada 40 yıldan fazla süredir kullanılan bu tip birleşimler, mevcut betonarme yapılarda yapılacak taşıyıcı sistem tadilatları açısından yeni bakış açısı getirmiştir. Bu talep nedeniyle teknik eleman, ekipman ve malzeme konusundaki bilgi yetersizliği, çok sayıda kontrolsüz uygulamaların gerçekleştirilmesine sebep olmuştur.

Taşıyıcı sistemde yapıştırıcı kullanımı hakkında olumlu ve olumsuz bir çok görüş vardır. Genel olarak yapısal bir yapıştırıcı ile gerçekleştirilen birleştirme uygulaması, yüksek taşıma gücü değerleri sağlanması, kolay bir işlem dizisi ile yapının hızlı bir şekilde hizmete alınabilmesi ve yapı ile ilgili bazı diğer problemlere etkili çözümler getirmesi nedeni ile geniş bir kullanıcı kitlesi tarafından tercih edilen yaygın bir birleştirme tekniği olarak kabul edilmektedir. Taşıyıcı sistemde, her hangi bir yapıştırıcı kullanarak yüksek taşıma gücüne sahip birleşimler veya bağlar oluşturma uygulamalarının incelenmesi konusu fiziko-kimyasal bir yaklaşımla ele alınabilir [3]. Konu ile ilgili firmaların bünyesindeki yapımcılar tarafından

üretilem yapıştırıcı formülleri, bina yapıım, onarım ve teknolojilerinin gelişmesini sağlamaktadır.

2. YAPIşTIRMA BİRLEşİMLİ GÜÇLENDİRME SİSTEMLERİ

2.1. Genel

Bu sistemler taşıyıcı sistemin bir bütün şeklinde gözden geçirilmesine bağlı olarak elemanların dış yüzeylerinden bağlanan çeşitli lama/şeritler yardımıyla taşıma gücünün yükseltilmesi mantığına dayanmaktadır. Bu tür güçlendirme uygulamalarında genellikle üç çeşit malzeme kullanılmaktadır; CRFP (karbon lifi takviyeli plastik), GRFP (cam lifi takviyeli plastik), Çelik lama.

Yapıştırmalı bağlantı düzeninin olumlu yönleri aşağıdadır[1]:

- Uygulandığı yüzeyde oluşturduğu homojen gerilme dağılımı sayesinde, malzeme yorulmasına karşı önleyici etki oluşturur.
- Farklı tabakalardan oluşmuş malzemelerle kullanıldığında, yalıtkanlık özelliği sayesinde farklı malzeme katmanları ile oluşabilecek elektrolitik korozyon riskini en aza indirir.
- Yapıştırma ile ara yüzeyde oluşan bağlayıcı tabaka, oluşan gerilmelerin lama veya şeritin her noktasına eşit yayılması sağlanmaktadır.
- Yapışkan tabaka, çeliğin betona yapışan tarafındaki yüzeyini korozyondan kesin olarak korur.
- Düzėün bir dış yüzey oluşur.
- Yapıştırma yönteminin olumsuz yönleri şunlardır:
- Özellikle yapıştırılan malzemenin uç kısımlarında oluşan gerilme yığılmaları, betonarme elemanın pas payı bölümünün kalkmasına (peeling),
- Yapıştırıcı olarak kullanılan epoksi ve epoksi kökenli reçineler, dış ortam şartlarından olumsuz etkilenebilir. Özellikle güneşin yaydığı ultraviyole ışınları ve aşırı asit içeren ortam sertleşmiş epoksi reçinesi üzerinde uzun zaman periyodunda bozulmalara sebep olur.
- Sistemin yapıştırılarak yerleştirilmesinde çabuk hareket etme gerekliliği nedeniyle hata yapma riski yüksektir.
- Yapıştırma birleşimler metal birleşimlere göre yüksek sıcaklığa karşı daha duyarlıdır.
- Yapışma tabakasını gerektiğinde ayrıştırmak normal şartlar altında mümkün değildir. Bu tür uygulamalarda hata maliyeti diğer sistemlere göre oldukça yüksektir.

- Yapıştırıcı bağ yüksek sıcaklık derecelerinden ve ısınma-soğuma döngüsünden olumsuz etkilendiği için, sahip olduğu taşıma gücü değerlerini koruması mümkün olmayabilir. Bu sebeple yapıştırıcı bağın genleşme-büzülme toleransının çok düşük olduğu dikkate alınarak koruyucu bir kaplama içeren detay çözümleri hesaba katılmalıdır
- Yapıştırma birleşimler titreşimler, yorulma direnci, çevrenin bozucu etkileri ve sürekli yüksek gerilmelere maruz kalma gibi nedenlerle zaman içinde fiziksel kararlılıklarını kaybedebilir ve buna bağlı olarak meydana gelebilecek mukavemet kayıpları taşıyıcı sistemin güvenlik seviyesini düşürebilir.
- Günümüzde betonarme ve çelik taşıyıcı sistemlerde mukavemet tayinleri, oldukça basit, ekonomik ve yüksek doğruluk oranı ile sağlanabilmektedir. Ancak yapıştırma birleşimlerde taşıma gücü tespiti yapılması normal şartlarda tahribatlı deney yöntemleri ile mümkündür. Tahribatsız bir kontrol mekanizması ise pahalı cihazlar ve zahmetli bir işlem dizisi ile sağlanabilir. Dolayısı ile yapışkan bağın kullanımdayken sürekli kontrol altında tutulması mümkün değildir. Bundan dolayı birçok ülkede yapıştırma birleşimlerle güçlendirilecek betonarme ve çelik yapıların uygulama safhası zorunlu olarak denetim firmalarının yetkilileri gözetiminde gerçekleştirilmektedir
- Çelik lama veya kompozit şeritlerin betonarme yüzeye tutturulması için yapılan baskı, kontrol altında tutulamazsa sistemin biçimi bozulabilir.
- Yapıştırılacak yüzeylerde yapıştırma için yetersiz bir yüzey hazırlama işçiliği ile performans ortalama %30 oranında azalabilir[1]. Bu nedenle mutlaka özel ekipman ve hassas bir işçilik gereklidir.

Taşıyıcı sistemdeki yapıştırırmalı birleşim işlemlerinde ortaya çıkabilecek olası bir problem, betonun içerisinde kondansasyon ile oluşan nemlenmeye karşı yapıştırıcının duyarlılık göstermesidir. Bunun nedeni moleküler bağın, yapışma ara yüzey bölgesindeki su moleküllerine kolayca girebilmesi sonucu meydana gelen mekanik zayıflamadan dolayı başarılı bir yapışmanın mümkün olmamasıdır [4]. Bununla beraber bahsedilen bu tür mekanik yetersizliğin sadece nemli elemanlar veya su altında uygulama yapılması gibi nedenlerle ilişkilendirilmesi doğru değildir. Uygulamanın yapıldığı her türlü ortam koşullarında bu tür mekanik zayıflamaların ortaya çıkabileceği hesaba katılmalı ve önlemleri alınmalıdır.

Yapıştırma işlemlerinde betonarme elemanın yapıştırılan yüzeyinde kabuk veya paspayı kısmının ayrılması sistemin göçme hareketinin başlaması anlamına gelir. Bu nedenle, uygulama yapılacak yüzeylerin mukavemetini artırmak için uygun bir astar veya tamir harcı sürülmesi faydalı olmaktadır. Bundan başka yapıştırma işlemi sonrası ara yüzey

mukavemetini tespit etmek için pratik bir test metodu olmaması sistemin mukavemetinin kontrol altında tutulamamasına sebep olmaktadır. Günümüzde taşıyıcı sistem yapıştırılmalı birleşimlerde, güvenli ara yüzey mukavemetinin nasıl kontrol altına alınabileceği sorusuna yanıt aranmaktadır.

Başarılı bir yapıştırma işlemi için ilk koşul, uygun yapıştırıcı (adhesive) çeşitini tercih etmektir. Bundan başka yapıştırılacak malzemelerin (adherent) yüzeylerini iyi temizlemek ve yapıştırma işleminden önce, “pastalama” denilen astar bir kat sürmek, beton ile aderansı artırmak açısından faydalıdır. Pastalamanın fiziksel anlamda görevi, beton yüzeyin yapıştırıcı ile dinamik ve etkili bir şekilde ıslanmasını sağlamaktır. Bunun için hesaba katılması gereken kriterler aşağıda sıralanmıştır:

- Yapıştırıcı ile yapıştırılan arasındaki potansiyel aderans,
- Yapıştırılan elemanın yüzey pürüzlülüğü,
- Yapışkanın dinamik viskozitesi,
- Yapışkanın uygulandığı yüzeyde yayılabilmesi.

Ayrıca yapıştırma işlemi sırasında ortaya çıkan yüksek sıcaklık, pastalama amacıyla uygulanan yapışkanın viskozitesine etki edebilir. Normal koşullar altında, yapışkanın yeterli mukavemet değerlerine ve beklenen diğer karakteristik özelliklerine ulaşabilmesi için bazı kullanım bilgileri gerekmektedir. Bu nedenle yapıştırıcının üretici firması tarafından hazırlanan ve ürünün tüm niteliklerinin ve uygulama kriterlerinin belirtildiği bir kitapçık, ürün ile birlikte sunulmaktadır [5]. Örneğin, sertleştirici ile birleşen yapıştırıcının sertleşip uygulanamaz hale gelinceye kadar geçen ve uygulama açısından çok önemli bir veri olan zaman periyoduna “işlenebilirlik süresi” denir ve ürün tanıtım kitapçığında belirtilir. İşlenebilirlik süresinin belirlenmesinde, sıcaklık değişimleri ile birlikte, yapıştırıcının aderans değerindeki zamana bağlı muhtemel değişimler de hesaba katılmalıdır.

3. BETONARME YAPI GÜÇLENDİRMELERİNDE KULLANILAN REÇİNELER

3.1. Genel

Özellikle epoksi reçineleri, yüksek yapışma mukavemeti, düşük rötre miktarı, ısısal kararlılık, kısa kürlenme süresi ve uygulama sonrası derhal ve güvenle kullanıma başlanabilmesi gibi üstün mekanik ve kimyasal özellikleri sayesinde mühendislik uygulamalarında gittikçe artan oranda bir tüketime sahip olmuşlardır. Dünya genelinde 1965-1985 yıllarını kapsayan 20 yıllık

zaman diliminde epoksi reçinelerinin toplam tüketimi % 500 oranındaki artışla 132.000 tona ulaşmıştır. Alternatif malzemelere göre maliyetinin 3 ile 15 kat daha pahalı olmasına rağmen, uygun fiyat-performans oranı ile diğerlerinden ucuza gelmekte ve mühendislik uygulamaları için avantajlı ve güvenli sayılmaktadır [6]. Önceleri kaplama endüstrisinde belli başlı kullanıcılara sunulan bu malzeme, daha sonra elektrik ve yapı sanayilerinde de kullanılmaya başlanmıştır.

Epoksiler, organik polimer gurubu kapsamında olup, bünyelerinde içerdikleri eter ve poler bağları sayesinde mükemmel yapışma niteliklerine sahip olan sentetik malzemelerdir. Tüm organik polimerler, petro-kimya endüstrisinden elde edilen kimyasallardır. Bu polimerlerin oluşturduğu malzemelere genel olarak reçine adı verilir. Yapı endüstrisinde kullanılan başlıca reçineler; epoksi reçinesi, poliüretan, polyester, akrilikler, polivinilasetat, stiren bütadiendir.

Bu tür ham reçineler, dünya çapında kimyasal üretim yapan bir kaç firma tarafından (Shell, CIBA, Dow Chemicals, v.b.) kullanım amaçlarına uygun olarak değişik formüllerle üretilir ve farklı niteliklere sahip olarak piyasaya sunulurlar. Yapı alanında kullanılan epoksi reçinesinin temel özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

- Özellikle beton ve çelik gibi önemli yapı malzemelerinde, çoğu metal alaşımları ve farklı özellikli katmanlar içeren malzemelerde, üstün bir yapışma performansı gösterir, işlenebilirlik kabiliyeti çok yüksektir.
- Her hangi bir süre sınırı olmadan, yaklaşık 150°C'ye varan sıcaklıklarda, işlem yapılabilme özelliğine sahiptir. Ancak 80°C den yüksek sıcaklık derecelerinde yapışkan bağın mukavemet değeri fark edilir miktarda azalır. Dolayısı ile betonarme ve diğer taşıyıcı sistem elemanlarına göre yangın sırasında oluşan yüksek sıcaklık karşısında ortaya koyduğu direnç oldukça yetersizdir.
- Asitlere, alkalilere ve diğer çoğu kimyasal maddelerin çoğuna karşı yüksek oranda direnç gösterebilme kabiliyetleri vardır. Ancak nitrik asit gibi yoğun olarak oksitleme özelliği olan kimyasallardan etkilenirler.
- Organik solventlere karşı direnci zayıftır.
- Epoksi reçineleri, kürlenme sürelerinde veya üretimleri esnasında, meydana gelen kimyasal reaksiyon sonucunda uçucu bir madde açığa çıkmadığı için insan sağlığı açısından hiçbir zararı yoktur.
- Yerinde yapılacak uygulamalarda, reçine ve katkılarının yeterli sonuç değerlerini sunabilmeleri için, uygulama yapılacak yüzeyler mutlaka kuru olmalı, ortam şartları ve nispi nem değerleri belirli sınırlar içinde kalmalıdır.

- Epoksi reçinesi ile yapıştırma işleminde yüksek oranda başarı elde etmek için, yapıştırılacak yüzeye yüksek basınç uygulama gerekliliği yoktur. Sadece küçük bir baskı oluşturacak bir tutturma işlemi ile kür sonuna kadar sabit tutulması, iyi bir sonuç elde etmek için yeterli olmaktadır.
- Eğer yapıştırma uygulanacak yüzeyler iyi hazırlanmış ve ortamdaki nem oranı normal değerlerde ise, kürlenme işleminde oldukça az miktarda rötrelere oluşur.
- Yapı taşıyıcı sisteminde kullanılan epoksi reçineleri, bu işlevlerine yönelik kimyasal formüller doğrultusunda üretilirler. Çok geniş bir kullanım alanı olmakla beraber epoksi reçineleri, yoğun olarak iki ana kategoride sınıflandırılır :
- Reçinenin tek başına veya harç katkısı ile beraber kaplama oluşturma şeklinde uygulanması; bu şekildeki uygulamalarda, betonu geçirimsiz hale getirmek ve dış etkilere karşı direncini artırmak amaçlanır. Aynı amaçla kullanılan diğer bir organik polimer ise poliüretandır.
- Agregata ve/veya çimento ile karıştırılarak beton üretiminde veya sertleşmiş beton üzerinde yapılacak onarım ve güçlendirme uygulamalarında kullanılır.

Piyasa koşullarında talep edilen epoksi tabanlı yapı harç ve bağlayıcılarından bazıları, farklı niteliklerini ortaya koymak üzere aşağıda verilmiştir:

- Taşıyıcıya yönelik tamir harçları, yüksek mukavemetli azaltılmış rötrelere, akıcı ve püskürtmeye müsait kıvamlıdır.
- Eski eserler ve mimari detaylar için geliştirilen tamir harçları, hızla kullanıma hazır hale gelebilen, yüksek mukavemetli ve azaltılmış rötrelere özelliklidir.
- Donatı çeliğine korozyon önleyici kaplama yapılması için üretilen epoksi donatı çeliğini korozyondan koruma amaçlıdır.
- Bağlayıcı harç katkısı, yüksek aderans sağlamak için kullanılır.
- Yoğun trafik altındaki döşemeler için tamir harcı, aşınma mukavemeti yüksek, yama ve ek yapımına uygun yüksek aderans sağlayabilme amaçlı bir malzemedir.
- Taşıyıcı sisteme yönelik yapıştırıcı ve bağlayıcılar; epoksi reçinesi ağırlıklı, yüksek mukavemet ve minimum rötrelere değerlerine sahip, akıcı ama dikey uygulamalarda kullanılmak üzere koyu kıvamlı olarak üretilen solvent içermeyen bir malzemedir.
- Deniz yapıları için tamir harçları ve yapıştırıcılar; dalga darbelerine ve gelgit olayının olumsuzluklarına karşı çabuk sertleşen bir malzemedir.

3.2. Mekanik ve Yapıştırıcılık Özellikleri

Literatürde bu yapıştırma ile arayüzeyde oluşan yüksek taşıma gücüne sahip bağ ile ilgili çalışmalarda, epoksi sistemlerinin yapışma özelliğini inceleyen araştırmalar kapsamında çok sayıda, farklı epoksi formülasyonlarının kullanıldığı saptanmıştır. Bu farklı formülasyonlar genellikle farklı amaçlar doğrultusunda kullanılmak üzere üretilmişlerdir. Örneğin yapı sistemlerinde kullanılan epoksi reçinelerinin sert bünyeli ve düşük sıcaklıklarda sertleşmeye müsait özelliklere sahip olmaları istenirken, uzay endüstrisinde kullanılanların çok yüksek sıcaklıklarda sertleşmeleri ve kırılğan yapılı olmaları istenir.

- Epoksi reçinesi uygulanan yapışma işlemi özellikleri, dört temel yapışma teorisinden adsorpsiyon yapışma teorisine uygunluk göstermektedir ve özellikleri aşağıda sıralanmıştır:
- Moleküller arası temas, epoksi gibi yapıştırıcıların, çeşitli malzemeleri birleştirilmesi işlemi için mutlak gerekliliktir,
- Moleküler kuvvetler, yapışma işleminin gerçekleşmesinde çok kısa bir mesafeden etkili olabilirler,
- Yapıştırılacak malzemelerin yüzeylerindeki aşırı pürüzler, bir şekilde düzeltilip temizlenmelidir. Aksi durumda, “kaba pürüzlü yüzeye sahip iki katı malzemeyi yapıştırmaya çalışmak, Himalaya dağlarının üzerine Alp’leri ters çevirip birleştirmeye benzer”[7].

4. UYGULAMANIN YAPILMASI

4.1. Uygun Yapıştırıcı Seçimi ve Kullanımı

Uygulamaya başlamak için öncelikle ana malzeme olan epoksi reçinesi ve sertleştiricinin (işlem hızlandırıcı da denilir) belirlenmiş oranlarda birbirine karıştırılması gerekir. Uygulamanın başarı ile tamamlanması için üç temel aşamanın titiz bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekir:

Reçinenin kap ömrü; reçinenin sertleştirici ile karıştırılmasından itibaren, uygulama işleminin tamamlanmasına kadar geçen zaman aralığıdır. Bu zaman aralığı, uygulama yapılacak mahallin fiziksel ortam koşullarına göre değişkenlik gösterebilir. Bu durumlarda kap süresinin artırılması veya azaltılabilmesi, karışıma giren sertleştirici miktarının değiştirilmesi ile mümkündür. Kap süresini uzatmak için sertleştiricinin az miktarda ve daha yavaş katılması gerekir. Genellikle tercih edilen, kap süresinin kısa olmasıdır Ancak uygulamada bu zaman aralığı otuz dakika ile kırksekiz saat arasında değişir.

Sertleşme safhası; uygulama işleminden sonra plastik kıvamdaki reçinenin fiziksel değişimi ve yüzeydeki yerleşme şeklidir. Sertleşme safhası epoksi reçinesinin üreticileri tarafından değiştirilebilen parametreler içerir. Genellikle bu safhada tercih edilen uygulama şeklinin ana fikri, uygulanan her kat epoksi tabakasının sonrakinden daha sert olması zorunluluğudur.

Kür safhası; karışımın sertleşerek kullanım mukavemetine eriştiği ana kadar geçen zaman aralığı olarak tanımlanabilir. İstenen mukavemet değerleri ve dayanımı sağlayan moleküler zincirin oluşumu artık tamamlanmıştır. Karışımın kür süresi formül yapıcılar tarafından uygulama yeri ve ortam koşullarına bağlı olarak değiştirilebilir. Kür işlemi ortamdaki hava sıcaklığı 5⁰C 'nin altına düştüğünde durur. Bu durumda, istenilen sonucun elde edilmesinde bir takım zorluklar ve riskler söz konusu olur. Bu durumda ek önlemler alınmalı veya yapıştırma işlemine ara verilmelidir .

4.2. Yüzey Hazırlığı ve Yapıştırma

Reçinenin uygulanacağı beton ve çelik yüzeylerin başarılı bir yapışma sağlanması amacı ile bir takım işlemlerden geçirilmesine yüzey hazırlama işlemleri denir. Epoksi reçinesi ile yapılan uygulamalarda ortaya çıkan başarısızlıkların sebebi genellikle iyi hazırlanmamış yüzeylere bağlıdır. İleri ülkelerde(örneğin A.B.D) epoksi gibi reçineler ile yapılan yapısal uygulamalarda, işlemin performansını garanti altına almak için, ücretleri yüklenici tarafından karşılanana özel denetim firmalarının kontrolü zorunlu tutulmaktadır.

Uygulama yapılacak betonarme elemanın hazırlanması için öncelikle yüzeyinin nemden arındırılması gerekmektedir. Sonraki işlem yüzeyin hafifçe çekiçlenerek zayıf parçalardan arındırılması ve betonarmedeki paspayı mesafesinin olduğu gibi kaldırılıp mümkün olduğunca sağlam kısmın ortaya çıkarılmasıdır. Daha sonra yüzey üzerindeki tozlar titiz bir şekilde temizlenmeli, hatta bu işlem için basınçlı hava üfleyen bir makine kullanımı tercih edilmelidir. Yüzeyi tozdan arındırılmamış betonarme elemana uygulanacak yapıştırma işleminde, toz ile yapışkan tabaka arasında bir bağ oluşturacağı için sonuç olumsuz veya yetersiz olabilir. Aynı şekilde yüzey temiz ve sağlam olsa bile nemli yüzeyle epoksi reçinesinin oluşturacağı bağ aderansının, düşük mukavemeti yüzünden başarılı sonuç elde etmek mümkün değildir.

Kullanılacak çelik lama ise öncelikle paslı kısımlarından arındırılmalı ve yüzeyine en az iki kat olmak üzere pas önleyici astar veya epoksi esaslı boya sürülmelidir. Bu işlemden sonra aderans artırmak amacı ile iki milimetreyi geçmeyen dane boyutundaki dişli kumun, epoksi ve sertleştirici ile karıştırılarak tek kat olarak çelik lamanın üzerine sürülmesi gerekir. Bu ve

diğer yüzey hazırlama yöntemlerinin, aderansın artmasını ne oranda sağladıklarının tespit edilmesi, deneysel çalışmaların kapsamındadır.

5. SONUÇ

Yukarıda bahsedilen bu olumsuzluklardan çoğunun kısmen veya büyük oranda, bazı ek detay önlemleri ve/veya farklı formül ve katkı kullanımı ile üstesinden gelinmesi mümkündür. Ancak maliyetin yükselmesi kaçınılmazdır. Dolayısı ile karar aşamasında maliyet-performans oranı dikkate alınmalıdır. Makro açıdan bakıldığında yapışma işleminin etkili bir sonuç vermesi için uygulama yapılacak yüzeylerin işleme tam olarak hazır olması ve yapışkanın ara yüzeydeki oluşumunu yüksek performansla tamamlaması gereklidir. Bu nedenle normal şartlarda mumkun olan en yüksek performansi elde etmek için malzeme ve iscilikte standart sağlanmalıdır.

Yapılan uygulamaların başarısı için gerekli temel kriterlerden biri, kullanılan malzemelerin doğru olarak seçilmesidir. Seçim kriteri genellikle ürünün ne kadar yük taşıyabileceğidir. Ancak taşıyıcı sistemde yapıştırmalı birleşimler ile oluşturulan yüksek taşıma gücüne sahip ara yüzey bağ özelliklerini fiziko-kimyasal bir yaklaşımla değerlendirmek gerekir. Bu bağlamda önemli olan betonarme birleşimin ne kadar taşıyacağı değil, bir bütün olarak sistemin hangi şartlarda ve hangi işlem dizisi ile güçlendirildiğine bağlı olarak yük altında nasıl bir davranış göstereceğidir.

Bu çalışmada önerilen ana fikir, beton ile güçlendirme malzemesi arasında epoksi ile oluşturulan yapıştırıcı katmanın, fiziksel gereksinimler açısından başarılı ve etkili sonuç vermesinin sağlanmasıdır. Güçlendirme uygulaması yapılan betonarme elemanın, kendisini meydana getiren beton, donatı ve yapışmayı sağlayan epoksi tabakası ile bir bütün halinde kompozit bir davranış göstermesi istenmektedir. Dolayısı ile oluşan yeni sistem kapsamındaki malzemelerin birbirleri ile oluşturdukları etkileşimin sonuçlarını değerlendirmek ve gerekli yerlerde uygun değişikliklere gidilerek potansiyel performansi artırmak için, bunların fiziksel ve kısmen de kimyasal niteliklerini belirlemek ve değerlendirmek gerekmektedir.

Sonuç olarak bu tekniğe teknik elemanlar açısından bakıldığında, en uyumlu, kolay uygulanabilen ve düşük maliyetli kombinasyonları bulmak önemlidir. Bu nedenle, betonarme elemanları yapıştırarak birleştirme uygulaması, kullanılan malzeme ve uygulama kalitesi açısından gerekli kriterlere bağlı kalındığında, bu isteklerin tümünü karşılayabilen bir teknik olarak kabul edilmesi deneysel çalışmalar ve uzun yıllara dayanan kullanım deneyimi sayesinde mümkün olmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Köse M., (2003). *Betonarme Yapı Elemanları Birleşimlerinin Çelik Lamalarla Güçlendirme Yönteminin Deneyisel İncelenmesi*, doktora tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
2. Ritchie, P.A., Thomas, D.A., Le- Wu Lu and Connelly, M., (1994). *External Reinforcement of Concrete Beams Using Fiber Reinforced Plastics*, ACI structural Journal, July - August 1994, 490 – 500.
3. Mouton, Y., (1999). *Some Thoughts About Gluing and its Applications in Construction*, Second International RILEM Symposium on Adhesion Between Polymers and Concrete , Part 1, pp. 3-9.
4. Bononi, A., Borreilh, J. and Mouton, Y., (1986). *'Influence de l'eau sur les liants époxydes utilisés en réparation par injection*, Sympos. Intern. RILEM ISAP'86, Aix en provence.
5. French Norm NF P 18-810, (1989). *Special products for hydraulic concrete constructions - synthetic based products – Determination of usual practice time*, D.P.U.
6. Swamy, R.N., Jones R. and Charif, A., (1989). *The Effect of External Plate Reinforcement on the Strengthening of Structurally Damaged RC Beams*, The Structural Engineer, V.67, No.3/7, pp. 45-49.
7. El-hawary, M. and Abdel-Fattah H., (2000). *Temperature Effect on the Mechanical Behavior of Resin Concrete*, *Construction and Building Materials*, v.14, pp.317-323.
8. Bayülke, N., (1999). *Depremde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi*, İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir Şubesi
9. Celep, Z., (1999). *Yapılarda Deprem Sonrası Hasar Belirlenmesi Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri*, Meslekiçi Eğitim Semineri, İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi.
10. Deryaguin, B.V. and Smilga V.P., (1969). *Adhesion, Fundamentals and Practice*, McLaren London.
11. Guedelhoefer, O.C. and Krauklis, A.T., (1986). *To Bond or not to Bond*, Concrete International, 169-174.
12. Özgen, K., (1990). *Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem Hasarları*, Onarım ve Güçlendirme, Yapı Dergisi, İstanbul 116, 50-54
13. Özgen, K., (2001). *Betonarme Sistemlerde İyileştirme ve Güçlendirme Esasları*, Yapı Malzemesi ve Deprem Semineri, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 102-111.
14. Mansur, M.A. and Ong, K.C.G., (1985). *Epoxy-Repaired Beams*, *Concrete International*, 97-101.
15. Voyutskii, S. S. (1963). *Autohesion and Adhesion of High Polymers*, Wiley, Newyork
16. Wake, W.C., (1982). *Adhesion and Formulation of Adhesives*, 2nd Edn, Applied Science, London.