

Ankrajlarda Epoksi Kullanımı

Utilization of Epoxy Resin in Anchors

Özlem ÇALIŞKAN DEĞİRMENCI^{1*}, İdris AYDOĞAN², Murat ARAS³,
Ali Erdem ÇERÇEVİK⁴

Özet- Epoksi reçineler, inşaat alanında yaygın kullanılan polimer kaynaklı bir yapı malzemesidir. Onarım sırasında çatlakların doldurulmasında, sonradan betonun içine eklenecek çelik donatıların yerleştirilmesinde kullanılmaktadır. Bu malzeme son yıllarda meydana gelen depremlerden sonra onarım ve güçlendirme işlerinde önem kazanmıştır. Yapıların onarım ve güçlendirme çalışmaları, meydana gelebilecek depremlerde yapı güvenliğinin artırılması ve donatı korozyonu, sehim, yangın hasarları ve yapısal kusurlar gibi problemlerin elimine edilmesine yöneliktir. Mevcut yapıların onarım ve güçlendirilmesinde; yüksek yapışma dayanımları, düşük maliyetleri, kolay ve hızlı uygulanabilir olmaları sebebiyle kimyasal ankrajlar sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada onarım ve güçlendirme işlerinde sıklıkla kullanılan epoksi malzemesi ile ilgili teknik literatür çalışması yapılmıştır. Epoksinin kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri ele alınmış, uygulama alanları incelenmiş, kimyasal ankrajlardaki performansları değerlendirilmiştir. Epoksinin yapı güçlendirme işlerinde kullanımı açıklanmış ve dikkat edilmesi gereken kurallara değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler- Epoksi, Kimyasal Ankrajlar, Onarım-Güçlendirme

Abstract- Epoxy resins are widely used in the construction field is a construction material sourced polymer. Filling of cracks during repair, used for the placement of steel reinforcement will be added later into the concrete. This material after the earthquake in recent years has gained importance in the repair and reinforcement work. Repair and reinforcement of structures, increasing the security structures in earthquake may occur and reinforcement corrosion, deflection is intended to eliminate problems such as fire damage and structural defects. Repair and strengthening of existing structures; high adhesion strength, low cost, easy and quick due to their chemical anchors are often used. In this study, repair and strengthening work in the technical literature related to commonly used epoxy material is made. Epoxy chemical, physical and mechanical properties discussed, examined applications, performance in chemical anchors are evaluated. The use of epoxy structure strengthening works is referred to rules that must be disclosed and attention.

Keywords- Epoxy, Chemical Anchors, Repair-Reinforcement

I. GİRİŞ

Ülkemizde yerleşim alanlarının büyük bir çoğunluğu deprem riski altındadır. Yapılan istatistiksel analizler her sekiz ayda bir ülkemizde hasar yapıcı depremin meydana geldiğini göstermektedir. Birçoğu orta büyüklükteki bu depremler kırsal-kentsel, gelişmiş-gelişmemiş bölge farkı olmaksızın ağır hasarlara ve ekonomik kayıplara sebep olmuştur [1]. Ülkemizin öncelikli konularından birisi de depremde ağır hasar görme/yıkılma riski taşıyan yapı stokunun hızlı bir şekilde iyileştirilmesidir [2].

Mevcut yapıların onarım ve güçlendirilmesinde, yüksek yapışma dayanımları, düşük maliyetleri, kolay ve hızlı uygulanabilir olmaları sebebiyle kimyasal ankrajlar sıklıkla kullanılmaktadır. Son yıllarda olan depremlerden sonra onarım ve güçlendirme uygulamalarının son derece ciddi olduğu daha da iyi kavranmış ve yeni yönetmelik çalışmalarında da bu kısma ayrıca bir bölüm ayrılmıştır. Yeni Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007) Mart-2007’de resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir [3]. Yeni yönetmelikte daha önceleri hiçbir yönetmeliğe bağlı kalınmadan tamamen uygulayıcıların inisiyatifinde yapılan onarım ve güçlendirme uygulamalarını belirli standartlara göre tarif eden yeni bir bölüm yer almaktadır. Ancak betonarme sargı ile güçlendirme uygulamalarındaki en kritik noktayı oluşturan ankrajlar konusunda Türk Yönetmeliklerinde herhangi bir standart da verilmemektedir. Bu konuda detaylı çalışmalar yapıp uygulayıcılara optimum çözümler sunulmalıdır [4].

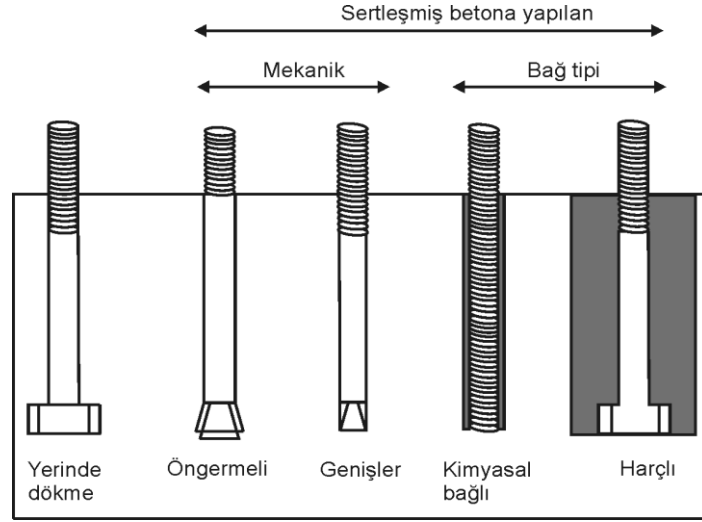
^{1*}Sorumlu yazar iletişim: ozlem.caliskan@bilecik.edu.tr

²İletişim: ıdris@aveinsaat.com, ^{3,4} murat.aras@bilecik.edu.tr, erdem.cercevik@bilecik.edu.tr

^{1,3,4}İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Gülümbe Kampüsü, Bilecik

² Ave İnşaat, Eskişehir

Betona yapılan ankrajlar yerleştirilme zamanı ve şekilleri açısından genel olarak iki ana gruba ayrılmaktadır (Şekil 1) [5]. Sertleşmiş betona yapılan ankrajlar genellikle mevcut yapıların onarım ve güçlendirmesinde kullanılmakta ve taşıyıcı sisteme yeni betonarme elemanlar eklenmesine fırsat verecek biçimde kullanılmaktadır. Bu tür ankrajlar; betona açılan silindirik şeklindeki deliğe yerleştirilen ve genişleyerek betona sürtünme kuvvetleri yolu ile yük aktaran elemanlar, betona açılan deliğe yerleştirildikten sonra delik cidarı ile arasındaki boşluk bağlayıcı bir malzeme ile doldurulan elemanlar olmak üzere ikiye ayrılır. Bağlayıcı malzeme açısından da bağlayıcısı polimer esaslı olanlar ve çimento esaslı döküm harçlı olanlar olmak üzere farklı ankraj türlerine rastlanılabilir [6].



Şekil 1. Ankraj tipleri [5]

Kimyasal ankrajlar, sertleşmiş betona sonradan açılan deliğe yapılan bağ tipi ankrajlardır. Betonarme yapıların güçlendirilmesi esnasında, mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının kesitlerinin büyütülmesi veya mevcut sisteme yeni taşıyıcı eleman ilavesinde ihtiyaç duyulan yeni donatıların kimyasal ankrajla betona tespiti en sık kullanılan yöntemdir. Kimyasal ankrajlar planlama, tasarım ve uygulama aşamalarında kullanıcıya büyük esneklik sağlamalarının yanında; sahip oldukları yüksek yapışma dayanımları, kolay ve hızlı uygulanabilir olmaları nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadırlar [7].

Bu çalışmada onarım ve güçlendirme işlerinde sıklıkla kullanılan epoksi malzemesi ile ilgili teknik literatür çalışması yapılmıştır. Epoksinin kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri ele alınmış, uygulama alanları ve çeşitleri incelenmiş, kimyasal ankrajlardaki performansları değerlendirilmiştir. Epoksinin yapı güçlendirme işlerinde kullanımı açıklanmış ve dikkat edilmesi gereken kurallara değinilmiştir.

II. EPOKSİ

Epoksi reçineleri, yüksek yapışma mukavemeti, düşük rötre miktarı, ısıl kararlılık, kısa kürlenme süresi ve uygulama sonrası derhal kullanıma başlanabilmesi gibi çok iyi mekanik ve kimyasal özellikleri sebebiyle mühendislikte artan oranda bir tüketime sahiptir [8].

Epoksi kelimesi “on the outside of” anlamına gelen epi kelimesi moleküler yapıda bulunan oksijen atomlarında mevcut oksijen kelimesi ile birleşir [9]. Epoksi kelimesi Yunanca kökenlidir. Epoksi reçineleri birden fazla epoksi grubu içeren ve termoset ürünlere dönüşen ön polimerlerdir. Epoksi reçinelerinde bulunan epoksi grupları oksiran olarak da bilinmektedir. Epoksi reçinelerinin düşük oksiran grubu içeren türleri yapıştırıcılarda, ikiden fazla grubu içerenleri yapısal yapıştırıcılarda kullanılmaktadır [10].

Epoksi reçineleri kendi başlarına kullanılmazlar, formülasyona katılan başka maddelerle polimerize olarak veya çapraz bağlanarak değişik özelliklere sahip termoset yapıda plastik madde oluştururlar. Kimyasal reaksiyon sonucu (kür işlemi, sertleşme veya çapraz bağlayıcı ajanlarının kullanımı sonucu) elde edilen sert, geri dönüşü olmayan aşağıdaki özellikleri olan reçine meydana gelmektedir [10].

- Değişik yüzeylere mükemmel yapışma,
- Aşınmaya karşı dayanıklılık,
- İyi elektriki özellikler,
- Pişerek sertleşme esnasında yan ürünlerin oluşmaması,
- Düşük rötre miktarı,
- Isıl kararlılık,
- Boşluk doldurma özelliğine sahip olması,

- Alkali, asit ve çözücülere, rutubete karşı dayanıklılık,
- Birbirlerine benzemeyen farklı malzemeleri yapıştırma,
- Düşük sıcaklıklarda yük altında uzun süre kullanılması,
- Kısa kürlenme süresi ve uygulama sonrası derhal ve güvenle kullanıma başlanabilmesi gibi çok iyi mekanik ve kimyasal özellikleri sayesinde mühendislikte artan oranda bir tüketime sahiptir [10, 11].

Epoksi yapıştırıcılarının, özellikle iki komponentli olan yapıştırıcıların komponentlerinden biri sertleştiricidir. Epoksi reçineleri sertleştirici ile yapıştırıcı kullanılacağı zaman karıştırılmaktadır. Sertleştirici ile reaksiyona giren epoksi reçinesi; katılarak, donarak malzemelerin yapışmalarını sağlamaktadır [10].

Epoksi reçinesiyle yapılan yapıştırıcılarda kullanılan yumuşatıcılar veya modifiyer olarak bilinen seyreltici, plastifiyan ve dolgu maddelerinin ilavesi başlıca üç önemli sebepten dolayı formülasyona katılmaktadır. Bu maddelerin fonksiyonları kısaca şu şekilde özetlenebilir:

- Yapıştırıcının viskozitesini düşürmek,
- Mekanik özelliklerini geliştirmek,
- Maliyeti düşürmektir [10].

Epoksi reçinelerine özellikle iki komponentli epoksi yapıştırıcılarına, sertleşmeyi hızlandıran katkı maddeleri katılır. Tersiyer aminler, fenol ve alkoller bu maksat için kullanılan malzemelerdendir.

Epoksi reçinelerine dolgu maddeleri de katılmaktadır ve katılan dolgu maddelerinin oranı 100 kısım reçineye 200 kısma kadar varabilir. Kullanılan en iyi dolgu maddeleri arasında silika, talk, bentonit, kil ve alumina bulunmaktadır. Yapıştırıcıya bakır ve gümüş ilavesi ile elektrik akımının geçmesi ve yapıştırıcının iletkenliği sağlanır. Dolgu maddelerinin kullanılmasının en önemli sebebi epoksi yapıştırıcılarının maliyetini düşürmektedir. Alüminyum oksit ve silika gibi maddeler yapışmanın daha kuvvetli olmasını sağlarken sıcaklığa karşı dayanımı da artırırlar. Kimyasal maddelere dayanıklılık silika ilavesiyle arttırılmaktadır. Kalsiyum karbonat bu dayanıklılığı düşürmektedir [10].

Değişik özelliklere sahip olmaları ve çok kuvvetli yapışma sağlayan epoksi yapıştırıcıları, yapıştırıcılar arasında en çok kullanım alanına sahip olan yapıştırıcılardır. Epoksi yapıştırıcıları farklı malzemeleri, birbirine benzemeyen malzemeleri ve yüzeyleri yapıştırmada çok etkindirler. Metalleri, plastikleri, ağaç, cam, seramik, beton v.b malzemeler, epoksi yapıştırıcılarının yapıştırdığı malzemeler arasında bulunanların başlıcalarıdır. Bu kadar farklı özellikte olan malzemeleri ya kendilerine veya başka malzemelere yapıştırmak, epoksi yapıştırıcılarının ıslatma, penetrasyon kabiliyetinden, düşük viskoziteli oluşlarından ve bünyesinde polar ve nonpolar grupları bulundurmalarından kaynaklanmaktadır [10].

Epoksi yapıştırıcıları; uçaklarda, otomobil endüstrisinde, elektronik ve elektrik sanayinde, inşaat, gemi yapımında, ağaç, kâğıt, metallerin, seramik ve camın yapıştırılmasında kullanılmaktadırlar. Uçak sanayinde alüminyum parçaların kendine veya diğer metalik parçalara yapıştırılmasında, plastik maddeleri, oluklu plastikleri ve bu malzemelerden yapılmış petekleri yapıştırmada kullanılmaktadırlar. Otomotiv sanayinde kaynak yerine ve birçok parçanın yapıştırılmasında, elektrik sanayinde elektrik motorlarının ve transformatörlerinin laminasyonunda, basılı devrelerin kapsül içine alınmasında ve korunmasında sıcaklık ve sarsıntı ile yerinden oynaması muhtemel parçaların tutturulmasında kullanılmaktadır. Seramik yer ve duvar fayansların yapıştırılması, yol ve köprülerin tamir ve bakımı inşaat işlerinde kullanım yerleri arasında sayılmaktadır [10].

Kimyasal ankrajlarda donatı ile betonun arayüzünde bulunan kimyasal yapıştırıcı donatının betona tutunmasını sağlamaktadır. Epoksidede bu tutunmayı sağlayan 4 bileşen:

- Epoksi ile beton arasındaki sürtünme,
- Epoksi ile çelik arasındaki sürtünme,
- Epoksi ile beton arasında oluşan kimyasal bağ,
- Epoksi ile çelik arasındaki kimyasal bağdır [12].

III. EPOKSİNİN ÖZELLİKLERİ

Kimyasal Özellikler: Epoksi reçineleri gerçekte polieter yapısındadırlar ve polieterlerin önemli bir grubunu oluştururlar. Epoksilerin çapraz bağlanması sırasında uçucu madde oluşmaz, çapraz bağlanma sonrası büzülme oranları % 5'ten daha düşüktür. Kullanım sıcaklıkları 150 °C'ye kadar çıkabilir. Girdilerin oranı ve özellikleri ayarlanarak, farklı alanlarda kullanılacak ürünler hazırlanır. Epoksiler, kimyasallara karşı dirençleri, dayanıklıkları, esnek oluşları ve iyi yapışma özellikleri nedeniyle yüzey kaplamaları için eşsiz bir polimerdir. Kimyasal korozyona ve aşınmaya karşı yüzeylerin kaplanmasında; yüksek kuvvetler etkisinde kalan yerlerin kaplanmasında; tüp, boru ve endüstriyel tankların astarlanmasında kullanılmaktadır.

Epoksi genellikle kimyasal etkilere karşı son derece dayanıklıdır. Epoksi sisteminin ve betonun kimyasal özelliklerinin karşılaştırması Tablo 1'de verilmiştir [11].

Tablo 1. Epoksi Sistemi ve Betonun Kimyasal Özellikleri [11]

Kimyasal Etkiler	Epoksi Sistem	Beton
Yaş-kuru döngüsüne direnç	Mükemmel	Mükemmel
Klor iyonlarının tuz oluşturmaya direnç	Mükemmel	Orta
Yiyecek asitlerine direnç	Mükemmel	Zayıf
Şekerin çözmesine direnç	İyi	Zayıf
Petrol ve ürünlerine direnç	Mükemmel	Mükemmel
Deterjan etkisine direnç	Mükemmel	Mükemmel
Alkali etkisine direnç	Mükemmel	İyi
Sülfat etkisine direnç	Mükemmel	Orta

A. Mekanik Özellikleri

Fiziksel Özellikler: Epoksinin çekme uzaması ve kırılma noktası değerleridir. Tablo 2’de epoksi sisteminin ve betonun eğilme, çekme, basınç dayanımları ve uzama oranları verilmiştir [11]. Tablo 3’de ise epoksi ve epoksi harcının mekanik özellikleri verilmiştir [13].

Tablo 2. Epoksi Sistem ve Betonun Mekanik Özellikleri [11]

	Eğilme dayanımı (MPa)	Çekme dayanımı (MPa)	Basınç dayanımı (MPa)	Uzama Oranı (%)
Beton	4-7	2-5	20-70	0.01
Epoksi Sistem	11-35	4-35	4-85	0.2-50

Tablo 3. Epoksi ve Epoksi Harcının Mekanik Özellikleri [13]

	Reçine	Harç
Basınç dayanımı (kgf/cm ²)	650	790
Çekme dayanımı (kgf/cm ²)	340	290
Basınç altında birim kısalma	0.047	0.022
Basınç elastisite modülü (kgf/cm ²)	23 000	73 000
Çekme altında birim uzama	---	0.0039

B. Diğer Özellikler

İyi kür edilmiş epoksi sistemleri ısı değişiminden çok fazla etkilenmezler. Ancak 300 °C’nin üzerinde önce kömürleşir sonra uçucu hale gelir ve sonuçta zararlı toksin oluşabilmektedir. Değişik ısı genleşme katsayısı yüzünden epoksi olan kısım daha fazla genleşecektir. Epoksi mükemmel bir elektriksel yalıtıcıdır. Bu amaçla nerede istenirse kullanılabilir. Epoksi kullanılacak yere uygun olarak seçildiyse en kötü aşınmaya bile karşı koyabilir. Birleştirilecek veya yapıştırılacak malzemelerin farklı genişleme ve büzülmesi bulunmaktadır. Farklı iki malzemenin yapıştırılması halinde, malzemelerin farklı genişleme ve büzülmesi olmasına rağmen aradaki epoksi yapıştırıcısı bu gerilmelere ve gevşemelere olumlu cevap vermekte ve termal gerilmeleri yok etmektedir [9]. Epoksi bileşenleri ile betonun termal genleşme katsayıları arasında çok büyük farklar vardır [11].

IV. YAPI ONARIMI VE GÜÇLENDİRMEDE EPOKSİ KULLANIMI

En uygun onarım malzemesinin seçimindeki genel prensip, özellikleri onarılabilecek alt tabakaya en yakın olan malzemeyi seçmektir. Dolayısıyla, onarım malzemesi aşağıdaki özellikleri taşımalıdır:

- ✓ Alt tabaka ile yaklaşık eşit elastisite modülü,
- ✓ Alt tabaka ile yaklaşık eşit termal katsayı,
- ✓ Çok düşük kuruma rötresi,
- ✓ Yüksek eğilme dayanımı ve aderans,
- ✓ Termal değişimlere dayanıklılık,
- ✓ Düşük geçirimsizlik,
- ✓ Karbondioksit, klor, sülfat vb. kimyasallara dayanıklılık,
- ✓ Kullanım kolaylığıdır.

Hasar görmüş yapıların onarım ve güçlendirme işlemlerinde, sertleşmiş betona yeni elemanların ilave edilmesinde kimyasal bir bağlayıcı olan epoksi malzemesi sıkça kullanılmaktadır. Kimyasal yapıştırıcılar ile yapılan ankrajların hızlı ve pratik olması imalatları oldukça cazip kılmıştır. Özellikle betonarme yapıların onarılması ve güçlendirilmesi uygulamalarında ihtiyaç duyulan donatı ankrajları için uygun görülen kimyasal ankrajlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Kimyasal ankraj uygulamalarında kullanılan kimyasal bağlayıcı olarak da kimyasallara karşı dirençleri, dayanıklılıkları, esnek oluşları ve iyi yapışma özellikleri nedeniyle epoksi malzemesi tercih edilmektedir [14].

Onarım ve güçlendirme işleri için çok farklı epoksi ürünler bulunmaktadır. Bu ürünleri bileşenleri ve içerikleri yönünden iki gruba ayırabiliriz. Bileşenleri bakımından tek, iki ve üç bileşenli ürünler mevcuttur. Bu ürünlerden bazıları da hazır kartuşlarda satılmaktadır. Karışımı uygulayıcıların yaptığı ürün gruplarında, homojen bir karışım elde etmek daha zordur. İçerikleri bakımından da epoksi esaslı, akrilat esaslı, metakrilat esaslı, poliester esaslı gibi ürün grupları bulunmaktadır.

V. EPOKSİ UYGULAMALARINDA DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

Ankraj delikleri delik çapı, donatı çapından en az 4 mm; tercihen 5 mm büyük olacak şekilde projesine göre açılmalıdır (Uygun delik çapının belirlenmesi için 1-2 donatı ile deneme yapılması yararlı olabilir) [15]. Deneme yapma imkanı yoksa ürün bilgi föyünden yararlanılmalıdır. Ankraj ekimi yapmak için delinecek eleman demir tarama cihazı ile kontrol edilerek eleman içindeki donatılara zarar verilmeden hazırlanmalıdır. Hazırlanacak delikler içine doldurulacak epoksi reçinesinin dışarı akmaması için belirli bir eğimle ve betona zarar verilmeden delinmelidir. Delme işlemi tamamlandıktan sonra delik içi kompresörle temizlenerek, delik içinde çapak, kalıntı ya da nem kalmamalıdır. Epoksi, hazırlanmış delik içine deliğin yarısı dolacak şekilde doldurulur. Sonra da ankraj çubuğu epoksiye bulanarak delik içine tek seferde yerleştirilir. Ankraj ekim işlemleri Şekil 2’de verilmiştir. Epoksinin delikten taşıdığı görüldüğünde yeterli epoksi kullanıldığı anlaşılır. Betona ankraj işlemi tamamlanmış olup ankraj gerekli kür işlemlerine tabi tutulur.



a) Deliklerin açılması

b) Ankraj deliklerinin temizlenmesi

c) Ankrajların ekilmesi

Şekil 2. Ankraj Ekim İşlemleri

Piyasada çok farklı amaçlara hizmet eden epoksi ürünleri bulunmaktadır. Amaca uygun doğru ürün seçilmelidir. Bunun için ürünlerin teknik föylerinden yararlanılmalıdır. Bu föylerde ürün tanımı, kullanım alanları, özellikleri, avantajları, ürün bilgileri, rengi, ambalaj çeşitleri, yoğunluk ve kür alma hızı, basınç dayanımı, kullanılan ankraj çapına göre açılacak delik çapı ve gömme derinlikleri, ankrajlar arası mesafe, uygulama detayları (sarfiyat, dozaj), yüzey koşulları (yüzey ve ortam sıcaklığı) ve uygulama talimatları gibi bilgiler mevcuttur.

VI. SONUÇLAR

Bu çalışmada, betonarme yapıların onarım-güçlendirilmesinde kullanılan kimyasal ankrajlarda epoksi kullanımı ile ilgili teknik literatür çalışması yapılmıştır. Epoksinin özelliklerine değinilmiş, ankraj uygulamalarında nasıl kullanıldığı açıklanmıştır. Epoksi, diğer yapıştırıcılara kıyasla, kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri nedeniyle betona en uygun yapıştırıcı olarak öne çıkmaktadır.

Epoksinin temel özellikleri; neredeyse tüm malzemelere yüksek yapışma mukavemeti, kür boyunca oldukça düşük rötre miktarı, kür sonrası oldukça düşük boy değişimi, boşluk doldurma özelliği, termoset özelliği, çoğu kimyasallara karşı dirençli olması ve elektrik izolasyonlarının iyi olmasıdır.

Piyasada çok farklı özelliklere sahip epoksi malzemeleri bulunmaktadır. Tek bileşenli, iki bileşenli, üç bileşenli, epoksi esaslı, akrilat esaslı, metakrilat esaslı, poliester esaslı gibi. Ürün seçilmeden teknik özellikleri incelenmeli, amaca ve kullanılacak yere en uygun malzeme seçilmelidir. Piyasada mevcut birçok ürün hazır kartuşlarda satılmaktadır. Bu da kullanım sırasında karışım ile ilgili oluşabilecek hataları minimuma indirmektedir.

İyi bir ankraj uygulaması için; amaca uygun malzeme seçilmesi, ankraj yapılacak yerlerin doğru tespiti, ankraj ekilecek deliklerin toz ve çapaklardan arındırılması, seçilen ürünün kurallara uygun olarak uygulanması ve kür koşullarına dikkat edilmesi gereklidir. Uygulayıcıların bu konuda bilinçli olmaları ve her aşamada gerekli hassasiyeti göstermeleri gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] TUDAP, 2005 Türkiye Ulusal Deprem Araştırmaları Programı, 2005-201.
- [2] Kaplan, H., Yılmaz, S., Çetinkaya, N., Nohutcu, H., Atımtay, E. ve Sarışın, A., *Mevcut Betonarme Yapıların Dış Perde Duvar Uygulaması ile Güçlendirilmesi: Deneysel Çalışma*, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, 7-8 Aralık Pamukkale, Denizli, 361-367, 2006.
- [3] DBYYHY, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.
- [4] Çalışkan, Ö., *Mevcut Betonarme Binaların Dış Perde Duvar ile Güçlendirilmesinde Ankraj Uygulamalarının Deneysel Olarak Araştırılması*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 135 s., 2010.
- [5] ACI 318 2005, Building Code Requirements for Reinforced Concrete, American Concrete Institute, Detroit, USA.
- [6] Özkul H., Mutlu M. ve Sağlam A.R., *Beton Ankrajlar*, Sika Teknik Bülten Sayı 2001/4
- [7] Gürbüz T., Seyhan A., İlki A., Kumbasar N., *Güçlendirme Çalışmalarında Kullanılan Kimyasal Ankrajların Eksenel Çekme Etkisi Altında Davranışları*, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Sayfa: 649-660, 2007.
- [8] Swamy, R. N., Jones R. and Bloxham J. W., *Structural Behavior of Reinforced Concrete Beams Strengthened by Epoxy Bonded Steel Plates*, Structural Engineer London, Part A, 65A, 2, 59-8, 1987.
- [9] Scales G.M., *Epoxy With Concrete*, American Concrete Institute, Publication SP-21, Detroit, Michigan, 1966.
- [10] Kaya F., *Ana Hatları ile Yapıştırıcılar*, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2004.
- [11] Binici H., Temiz, H., Zengin, H., Görür, E.B., Kaplan, H., Yılmaz, S., *Epoksi ve Epoksinin Yapı Güçlendirmesinde Kullanımı*, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, Sayfa: 147-153, 2006.
- [12] Gürbüz T., *Yapıların Güçlendirilmesinde Kullanılan Kimyasal Ankrajların Eksenel Çekme Etkisi Altındaki Davranışlarının İncelenmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [13] Bayülke N., *Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi*, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın No:15, İzmir, 2001.
- [14] <http://www.dogateknik.com.tr/teknik-belgeler/onarim-ve-guclendirme-uygulama-ornekleri.pdf>
- [15] Yılmaz S., Kaplan H., *Epoksi Ankraj Uygulamalarında Dikkat Edilmesi Gerekli Konular*, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Denizli Şubesi Yayın Organı, Sayı:60, Sayfa:46-48, 2009.