

HASAR TÜRLERİ
ONARIM ve GÜÇLENDİRME

DİKKAT: ÖNEMLİ UYARILAR

- Konuya hakim değilseniz, profesyonel danışmanlık hizmeti alın.
- Önce işçi sağlığı ve iş güvenliği!
- Hava ve yüzey şartlarının uygun olmadığı koşullarda, bedeli ne olursa olsun uygulama yapılmamalıdır.
- Güçlendirme projesi yada profesyonel danışmanı olmayan hiçbir güçlendirilecek yada onarılacak yapıya, çivi dahi çakmayın.
- Seçilen güçlendirme malzemelerinin yangın karşısındaki dayanımlarını dikkate alarak gerekiyorsa, uygulama bölgelerini, yangına karşı korumak için, örneğin taşıyünü ile sarın.
- Onarım yapılacak betonarme elemanın mevcut mukavemeti çok önemlidir. Düşük kalitede bir betona, çoğunlukla yüksek çekme ve basıç mukavemetli malzemeler uygulandığında sonuç almanız güç hatta imkansızdır. Uygulama öncesinde, uygulama yapılacak yerin beton mukavemeti mutlaka tahkik edilmelidir.
- Unutmayın; kaliteli mal temini ve uygulama hizmetinin bedeli yüksek olabilir, ancak; kaliteli hizmeti pahaliya almazsanız, ucuz hizmeti pahaliya alırsınız.
- Ve; deneyimlerinizi, bilgilerinizi paylaşın !

SIK GÖZLENEN HASAR TÜRLERİ VE BUNLARIN ÖNEMİ

Hasar türlerini irdelemeyen önce betonarme elemanlarda gözlenen çatlak ve ezilmelerin irdelemesinde yarar vardır.

2.2.1 Betonarmada Çatlama ve Ezilme

Beton, basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı ise düşük bir malzemedir (yaklaşık basınç dayanımının onda biri). Betonarmada, bu nedende çekme gerilmelerini alma görevi donatıya yüklenir.

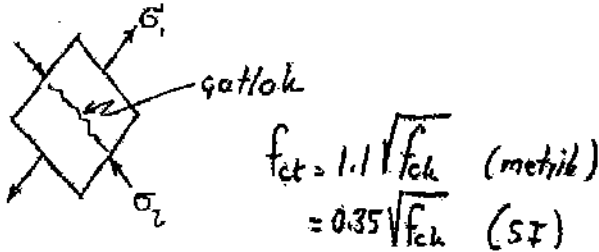
Betonarme bir elemanda en dış çekme lifindeki birim uzama 0.0001-0.00015 büyüklüğüne ulaştığında beton çadır. Gerilme cisimden çatlama dayanımı Denklem (12)'deki gibi ifade edilebilir.

$$(\sigma_c = 1.1\sqrt{f_{ck}} \text{ (metrik)})$$

(12)

$$= 0.35\sqrt{f_{ck}} \text{ (SI)}$$

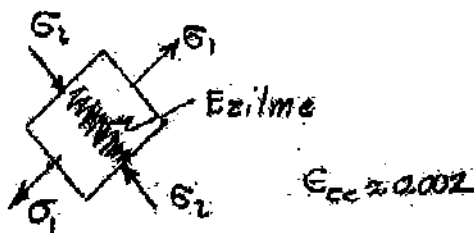
Şekil 21'de gösterildiği gibi betonda çatlak, asal çekme gerilmelerine dik yönde oluşur. Donatı çatlamaı önlemez. Ancak bilinçli ve doğru yerleştirilmiş donatı, çatlama genişlemesini önleyerek kılcal düzeyde kalmasını sağlar. Donatı, olabildiğince asal çekme gerilmeleri doğrultusunda yerleştirilmelidir. Çatlama, betonun çekme dayanımının düşük olması nedeniyle doğal bir olaydır.



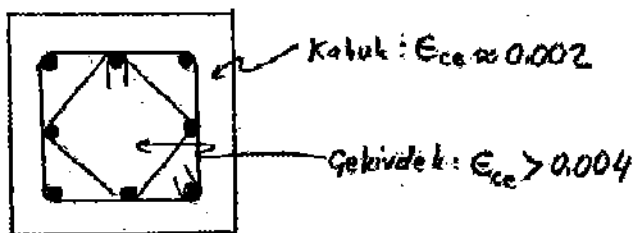
Şekil 21

Betonun basınç dayanımı yüksektir. Çekme gerilmelerinin yeterli donatı ile karşılandığı durumlarda asal basınç gerilmeleri doğrultusunda birim kısılma büyük değerlere ulaşarak betonun ezilmesine neden olabilir. Şekil 22. Betonun birim ezilme kısılması birçok değışkene bağlıdır. Bunların içinde en önemlilerinden biri sargı etkisidir. Sargı, betonun ezilme birim kısılmasını yakseltir. İzilme birim kısılması sargısız betonda (örneğin kabuk betonunda) 0.002 dolaylarında iken, sargılı betonda (örneğin çekirdek betonu) bu değer 0.004 veya daha yüksek olur. Şekil 23.

Beton basınç altında ezildikten sonra, o bölgedeki boyuna donatı daha kolay burkulur. S4 yerleştirilmiş çubuk burkulmayı geciktirir.



Şekil 22



Şekil 23

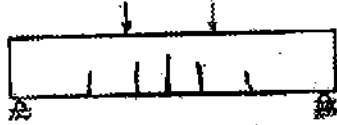
Betonun çatlaması ve bu çatlakların küçük düzeyde kalması doğaldır. Ancak mevcut bir binadaki yapı elemanları üstünde gözlenen çatlakların genişliği 0.2-0.3 mm'yi geçerse, burada bir sorun var demektir.

Çok restlanan bazı Çatlak türleri Şekil 24-26'da gösterilmiştir. Şekil 24'be gösterilen eğilme çatlama türüdür. Görüldüğü gibi çatlak elemanın eksenine diktir. Biflindığı gibi büzülme ve ısı düşmesi elemanında aksenal çekme gerilme oluşur. Pratikte en çok rastlanan aksenal çekme çatlakları büzülme ve ısı düşmesinden kaynaklanır. Büzülme ve ısı düşmesi nedeniyle oluşan aksenal çekme çatlaklarının kabul edilebilir sınırı aşması (genelde 0.3 mm sınırı) boyuna donatının yetersizliğinden ve/veya iyi dağıtılmaması olmasından kaynaklanır. Büzülme çatlakları genelde giriş eksenine dik olur ve elemanın dört yüzünde sürekli olur.

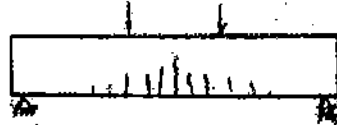
Şekil 24(a) ve (b)'de düz ve nokatlı çubuklarla donatılmış bir kirişteki eğilme çatlakları gösterilmiştir. Görüldüğü gibi çatlaklar esas çekme gerilmelerine dik yönde oluştuğundan, momentin sabit olduğu bölgede giriş eksenine diktir, kesimin bulunduğu bölgede eğikleşmiştir. Kirişlerde eğilme çatlama oluşması kesit hesabındaki felsefeye uygundur ve

bu nedenle doğaldır. Eğilme çatlakları çekmenin en büyük olduğu yüzden basınç bölgesine doğru genişliği azalarak uzar. Nervürlü donatı kullanıldığında çatlak sayısı artar ve çatlak genişliği azalır. Bu sığışıklı bir davranıştır.

Momentin maksimum olduğu bölgede gözlenen büyük çatlak genişlikleri genelde çekme donatısının akması olduğunu gösterir. Donatının akması sonucu sehinde de aşırı büyüme olur (sehim gözle görülür). Kiriş kırılma konumuna yakınsa, başka bir deyişle basınç bölgesinin ezilmesi yakınsa, çatlak genişliği çok artmıştır ve çatlak en dış basınç yüzüne yaklaşmıştır. Basınç bölgesindeki betonun ezilmesi ile, varsa basınç donatısı da burkulur.



(a) Düş yüzeyli çubuk



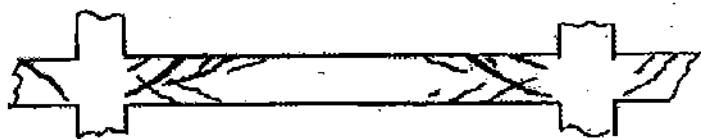
(b) Nervürlü çubuk

Şekil 24

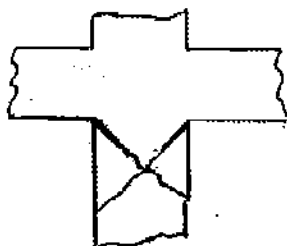
Şekil 25 ve 26'da kiriş ve kolonda kesme çatlakları gösterilmiştir. Bu tür çatlak eğiktir ve yaklaşık kiriş eksenine 45° 'lik bir açı yapar. Kesme çatlağının genişliğinin fazla olması kesme donatısının yetersiz kaldığını gösterir. Bu duruma çekmiş bir kesme çatlağı tehlikelidir. Eğilme çatlamasının neden olduğu kırılmanın süsek olmasına karşın, kesme çatlağının neden olacağı kırılma son derece gevrek olabilir. Bu nedenle bu gibi durumlarda bir an önce onarım alınmalıdır (kirişin dikmeçlerle desteklenmesi gibi).

Depremde kiriş ve kolon uçlarında eğilme nedeniyle oluşan çatlaklar Şekil 27 (a) ve (b)'de gösterilmiştir. Bu bölgede donatı akma konumuna ulaşırsa söz konusu çatlaklar plastik mafsalları yerini belirler.

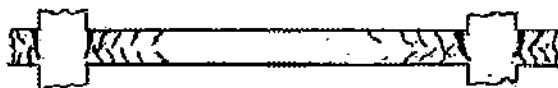
Doğru duvarlarda deprem nedeni ile oluşan çatlaklar da Şekil 28'de gösterilmiştir.



Şekil 25



Şekil 26

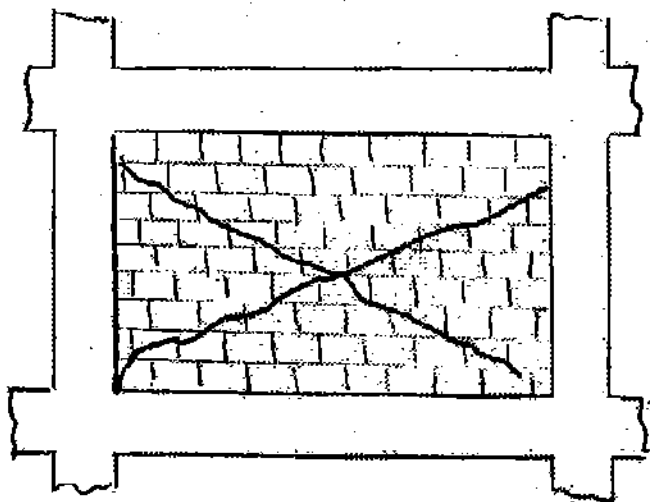


(a)



(b)

Şekil 27



Şekil 28.a

2.2.2 Hasar Türleri

Burada çok sık rastlanılan hasar türleri kısaca irdelenecektir.

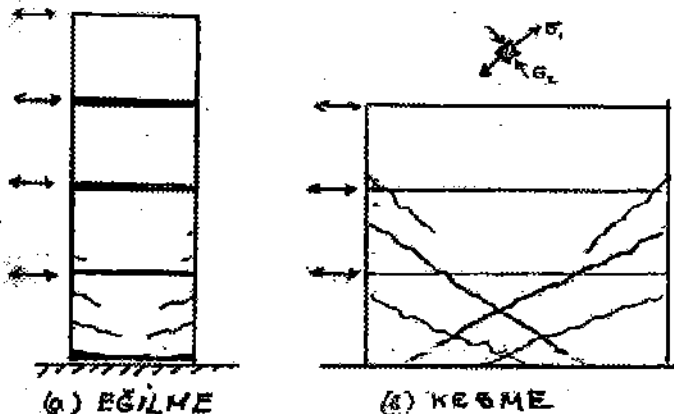
Kirişlerde eğilme veya kesme hasarları yaygındır. Kirişin eğilmeden ağır hasarlı sayılabilmesi için Şekil 27 (a)'da mesnet dolaylarındaki çatlakların çok genişlemiş olması gerekir. Çatlak genişliğinin 1-2 mm'yi aşmış olması donatının akması olduğunu kanıtlar. Donatı akması konumuna ulaşıktan sonra kolon yüzüne yakın betonda ezilme ve daha ileri aşamada boyuna donatıda burkulma görülür.

Kirişte, Şekil 25'tekine benzer eğik kesme çatlakları varsa ve bu çatlaklar genişlemişse, ağır hasar vardır. Geniş kesme çatlaklarının varlığı tehlikeye de işaretler.

Kolonlarda Şekil 27 (b)'deki türde eğilme çatlakları genişlemişse o bölgede boyuna donatı akmış demektir. Daha ileri bir aşamada beton ezilmiş ve boyuna donatı burkulmuşsa, hasar ağırdır.

Kolonlarda oluşan eğik kesme çatlakları (Şekil 26), o bölgede yeterli etriye yoksa ani ve gevrek kırılmaya neden olur. Kolonda gelişmiş, genişlemiş kesme çatlakları ağır hasarın işaretidir.

Perde duvarlarda Şekil 7(a)'da gösterilen türde çatlaklar, eğilme çatlaklarıdır. Bu çatlaklar genişlemişse, donatı akma konumuna erişti demektir. Eğer duvardaki eğilme çatlakları nedeniyle donatı akması ve perde uçlarındaki beton ezilmeye başlamışsa, hasar ağırdır. Özellikle boyuna donatıda gözlenen burkulma, ağır hasar işaretidir.



Perde duvarda Şekil 7 (b)'de gösterilen türde eğik kesme çatlakları oluşabilir. Bunlar küçük düzeyde kalırsa, kritik değildir. Geniş eğik çatlaklar ağır hasar olarak nitelendirilir.

3. ZEMİN SORUNLARI

Zeminler mühendislik davranışı olarak iki ana gruba ayrılmaktadır: I. Kohzyonlu zeminler (küller); II. Kohzyonsuz zeminler (kumlar). Yaygın olarak rastlanılan silt türü zeminler ise plastislik özelliklerine göre bu iki gruptan birine dahil edilmektedir.

Deprem hareketinin yarattığı tekrarlı yüklemeler zeminlerde boşluk suyu basınçlarının yükselmesine neden olmaktadır. Boşluk suyu basınçlarındaki bu artış Normal Konsolide (nispeten yumuşak) killerde kayma dayanımında önemli ölçüde bir azalma ve yumuşamaya neden olmakta ve zeminin gerek kısa sürede gerekse uzun sürede taşıma gücü kaybına neden olmaktadır.

Boşluk suyu basınçlarının ortması suya doygun siltli, kumlu zemin tabakalarında daha etkin rol oynamaktadır. Deprem ivmesine, zemin türü ve sıklığına, zeminin yüzeyden derinliğine, yeraltı suyu tablasına bağlı olarak oluşan dinamik boşluk suyu basınçları zemineki efektif gerilmeleri sıfır değerine kadar indirgeyebilmekte ve sonuçta zemin mukavemetini tamamen kaybederek sıvı gibi davranmaktadır. Yatay zemin tabakalarında yer altı kumlu zeminlerin sıvılaşması sonucu binalar zemin içine batmakta, dönmekte, aşırı oturmalar meydana gelebilmekte veya zemin içine gömülü yapılar zemin yüzüne çıkabilmektedir. Genellikle zemin yüzeyinden 10-15 m derinliklerde yer alan su tablası altındaki gevşek siltli kum ve kumlar yüksek oranda sıvılaşma potansiyeline sahiptir.

Zeminlerin sıvılaşma potansiyeli gözlemlere dayalı ampirik yöntemlerle belirlenmektedir. Sıvılaşma kriterleri genellikle standart penetrasyon (SPT) veya konik penetrasyon (CPT) deneylerinde ölçülen zemin dirençleri cinsinden ifade edilmektedir. En yaygın olarak kullanılan ve SPT direncine bağlı sıvılaşma potansiyeli abağı Şekil 28b'de gösterilmiştir. Bu abakta düşey eksen tekrarı yük kayma gerilmesinin efektif düşey gerilmeye oranı, yatay eksen ise zeminin SPT ile ölçülen direncidir. Tekrarlı kayma gerilmesi oranı γ .

$$\gamma = 0.65 \frac{\sigma_{max} \sigma_p}{g \sigma'_0} r_d$$

bağıntısından hesaplanmakta olup,

σ_{max} = zemin yüzeyindeki deprem ivmesi

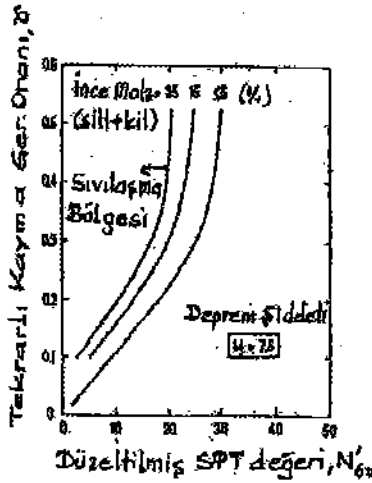
g = yerçekimi ivmesi

σ'_0 = zemindeki toplam ve efektif gerilme

r_d = derinlik faktörüdür.

Bu abaktarı da görüldüğü gibi sıvılaşma potansiyeli deprem ivmesi (σ/g), derinlik (σ'_0), yeraltı suyu durumu (σ'_0), zemindeki ince malzeme oranı (kil+silt) ve zemin direncine (N_{60}) bağlıdır.

Marmara 1999 depreminde yerleşim bölgelerinin çoğunlukla yumuşak/gevşek silt ve kumlanmış olduğu akarsu sedimanları üzerinde yer alması nedeniyle yoğun olarak sıvılaşma problemi yaşanmıştır. Sıvılaşma potansiyeline karşı alınacak önlemler kapsamında, sıvılaşma bölgesini geçici derin temeller veya çastli zemin iyileştirme yöntemleri (taş kömürler, derin sıkıştırma metodları vb.) söz konusudur.



Şekil 28.b

4. MEVCUT YAPILARDA DURUM SAFTANMASI

Onarım veya güçlendirmeye başlamadan önce binanın mevcut durumunun doğru olarak saptanması gerekir. Bu nedenele herşeyden önce binanın rölevesinin yapılması gerekir. Çalışmalar için iki tür röleve gereklidir: (a) Mimari röleve (bölme duvarlar, kullanım vb.) ve (b) taşıyıcı sistem. Binanın projesi mevcutsa bile yerinde yapılacak ölçümlerle projeye uyulup uyulmadığı saptanmalıdır. Taşıyıcı sistem rölevesinde 10m kiriş, kolon ve perdelerin gerçek boyutları ve konumları saptanmalı ve gözlenen bozukluklar ve hasar bu röleveye işlenmelidir. Hasar işlenirken hasar türü de belirtilmelidir. Örneğin, "1. Kat 2A kolonunun üst ucunda çapraz ve eğik kesme çatlakları. Çatlak genişliği 0.5 mm dolaylarında. Ezilme yok," gibi.

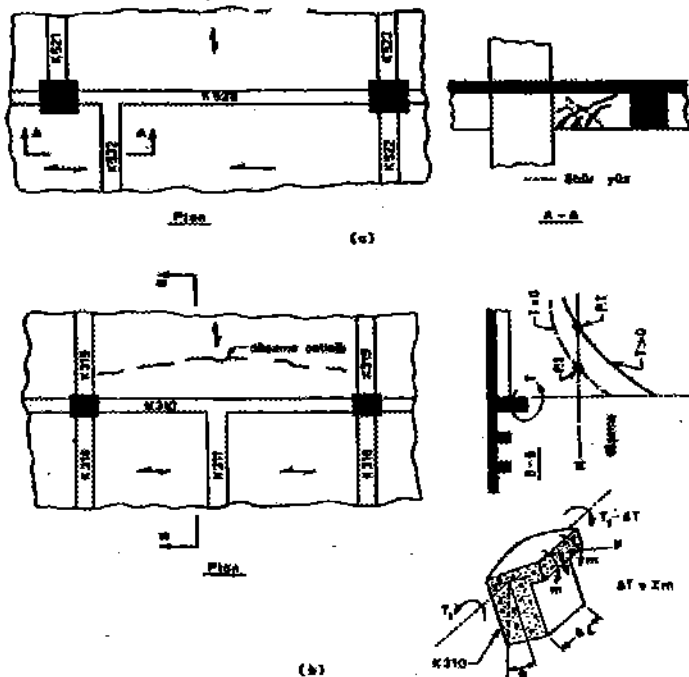
Taşıyıcı sistem rölevesinde gerekirse dorukları da tesbit edilmelidir. Beton dayanımı alınacak kumlarla ve tabanca okunmaları ile saptanmalıdır. Tabanca, karotlar üzerinde kalibre edilmelidir. Karotlar taşıyıcıya zarar vermeyecek yerlerden alınmalıdır. Karotlar test edilmeden mutlaka dikkate alınmalı, hasarlı olanlar dikkate alınmamalıdır. Karot çapı 150 mm'den küçük ise dayanım boyut etkisi dikkate alınarak azaltılmalıdır. Küçük çaplı karotlarda örselenme dikkate alınarak elde edilen dayanım birden büyük bir katsayı ile çarpılmalıdır. Alınan karotlar kesinlikle suya saklanmamalı, doğal nemini koruyacak şekilde saklanmalıdır. Mimari röleve onarım/güçlendirme için çok önemlidir. Örneğin yerleştirilecek bir betonarme dolu duvarın binanın mimari işlevini engellememesi gerekir. Onarım projesi yapılırken mimari röleve mutlaka dikkate alınmalıdır.

Gözlenen Hasarlar

Betonarme yapılarda burulmanın neden olduğu hasar ve çökmelere pek az rastlanır. Bu nedenle, ACI ve daha birçok yönetmelikte burulma yıllarca ihmal edilmiştir.

Yazar, 1956-1957 yıllarında R.C. Reese and Assoc. Firmasında çalışırken, burulmanın neden olduğu iki ağır yapısal hasara rastlamıştır. Prof. Ferguson'la bu iki hasar üzerinde yapılan tartışma, Texas Üniversitesi'nde kapsamlı bir araştırma programının başlatılmasında önemli bir rol oynamıştır. (1963)

Söz konusu edilenden hasarlardan ilki, dört katlı bir garajda gözlenmiştir. Şekil 8.16 (a) da gösterilen plandaki K528 kirişi, Kesit A-A'da gösterildiği gibi, eğik çatlaklar kirişin karşılıklı iki yüzünde ters yönde oluşmuştur. Bu çatlaklara, kolona yakın saplanan kiriş tarafından aktarılan burulma momentinin neden olduğu kanısına varılmış ve çatlak genişliği fazla olduğundan, kiriş takviye edilmiştir.



Şekil 8.16

BETONARME YAPILARIN ONARIM GÜÇLENDİRİLMESİ

5.1 GENEL

Bu bölümde onarım ve güçlendirme yöntemlerine girmeden önce birkaç tanıma yapmak uygun olacaktır.

Güçlendirme, hasar görmemiş bir yapı veya yapı elemanını taşıyıcı bir güvenlik düzeyine çıkarmak için yapılan işlemlerdir. Burada anahtar sözcük, "İhtasatsız" dir.

Onarım, hasar görmüş bir yapı veya yapı elemanını taşıyıcı bir güvenlik düzeyine çıkarmak için yapılan işlemlerdir. Anahtar sözcük "İhtasatlı" dir.

Hasar görmüş yapılarda onarımın yanı sıra güçlendirme de yapılabilir.

Onarım ve güçlendirme yapılmadan önce söz konusu binanın yapısal açıdan o andaki durumunun saptanması zorunludur. Bu amaçla bina yerinde incelenir. İnceleme yapılırken eleman boyutları ve donatısının yanı sıra, var olan çatlaklar ve deformasyonlar da işaretlenir. Binanın o andaki yapı güvenliğinin saptanabilmesi için yapılacak yapısal çözümlemede, çatlama ve delinmesiyenlerin rijitlik ve dayanım üzerindeki etkilerini kestirebilmek için davranış bilgisi çok önemlidir. Değerlendirmeyi yapan bir mühendisin çatlama, deformasyon ve donatı akması nedeniyle oluşacak uyumsuzluk (redistribütüonu) gerçekçi olarak saptayabilmesi için sağlam bir davranış bilgisine sahip olması gerekir. Örneğin, normal donatıya sahip bir kirişin burulma çatlama sonrasında sonra, burulma rijitliğinin çatlama sonrası rijitliğin yarıya ineceğini, dolayısıyla çatlama kesitini trafal gibi davranarak kirişin daha fazla burulma momenti alınmasına engel olacağını ve sistemde büyük çapta uyumsuz olacağını bilmesi gerekir. Benzer bir biçimde, depremle zambalama dayanımında ve kompozit eğilme davranışında uyum olmayacağını da bilmelidir. Binanın var olan durumu ile yapı güvenliğinin belirlenmesi de davranış bilgisini zorunlu kılar.

Onarım ve güçlendirme için yapılan işlemlerin eleman rijitliklerine ve binanın rijitlik merkezine etkisinin saptanması, yapı güvenliğinin belirlenmesi açısından çok önemlidir. Onarım ve güçlendirmeyle kompozit hale gelmiş elemanların rijitliklerinin kestirilmesi sağlam bir davranış bilgisi olmadan yapılamaz.

Hasar görmüş bir yapıda onarım yapılmadan önce mutlaka hasar nedeni ile ilgili gerçekçi bir teşhis (tanı) yapılmalıdır. Teşhis yapılmadan yapılan onarım yararlı olduğu kuşkusudur. Bazı durumlarda teşhis konulmasında yapılan onarım yarar yerine zarar bile getirebilir. Nitekim deprem sonrası yapıların incelemelerinde, teşhis konulmadan yapılan yanlış onarımların büyük hasara neden olduğu gözlemlenmiştir. Teşhisin doğru yapılabilmesi ancak sağlam bir davranış bilgisine bağlıdır. Teşhiste en güvenilir veri çatlak ve deformasyonlardır. Çatlak betonarmenin bir sırtında dildir. Tıp doktoru nasıl teşhis koymadan hastayı dinlerse, mühendis de çatlak ve deformasyonları incelemelidir.

Depreme karşı yapılacak onarım ve güçlendirmede belirleyici özellikler üzerinde ve yerinde yapılacak incelemeler tamamlandıktan sonra, mevcut yapıdaki yapı güvenliğinin saptanması gerekir. Bu saptanma yapılırken, bir önceki bölümdeki üç koşul (dayanım, süneklik ve sınırlı yanılma) temel alınmalıdır. Onarım veya güçlendirme yapılarak değiştirilen yapı için de bu koşulların sağlandığı mutlaka kılınmalıdır.

Onarım ve güçlendirme, kolon, kiriş ve perde gibi yapı elemanlarına uygulanabilir. Ancak bazı durumlarda eleman onarımı veya güçlendirmesi yerine, "sistem iyileştirilmesine" gidilmesi gerekebilir. Sistem iyileştirilmesi, mevcut çerçevelerin arasına yerleştirilecek perde duvarlarla

(yarında dökme veya prefabrik) veya çelik çaprazlarla yapılır. Sistem iyileştirilmesini gerektiren durumlar şöyle özetlenebilir.

- Onarılabacak veya güçlendirilecek çok sayıda yapı elemanı vardır. Örneğin, binadaki hiçbir kolon ve kiriş taşıma donatısı yoktur. Tüm elemanların onarılması veya güçlendirilmesi çok külfetli ve zaman alıcıdır.

- Yapı, yeterli yanal rijitliğe sahip değildir.

- Yapının taşıyıcı sistemini oluşturan yumuşak kat, zayıf kat, kısa kolon gibi önemli sistem zayıflıkları vardır.

Betonarme dolgu duvarlarda sistem iyileştirilmesi yapıldığında, tüm yatay kuvvet dolgunu çerçeve tarafından alındığında, çerçeve elemanlarının onarılıp güçlendirilmesine gerek kalmaz. Bu hem parasel, hem de zaman açısından büyük bir avantajdır. Ancak ağır hasar gören kolonların onarılması gerekir. Sistem iyileştirilmesi depreme kuşu çok pratik ve güvenilir bir onarım ve güçlendirme yöntemidir.

5.2 YAPI ELEMANLARININ ONARIMI/GÜÇLENDİRİLMESİ

Deprem sonrasında binada yalnızca bazı elemanlar hasar görmüşse veya bazı zayıflıklar içeriyorsa, buna karşın diğerleri yönetmelik koşullarını sağlıyorsa, bina sistem olarak yeterli yanal rijitliğe sahip ve iyi ise o elemanların onarımı/güçlendirilmesi yeterli olabilir. Benzer biçimde değerlendirilen bir yapıda sorun bazı yapı elemanları ile sınırlıysa eleman bazında güçlendirme yapılabilir. Bu bölümde kiriş ve kolonlara uygulanan onarım/güçlendirme yöntemleri kısaca tanımlanacaktır.

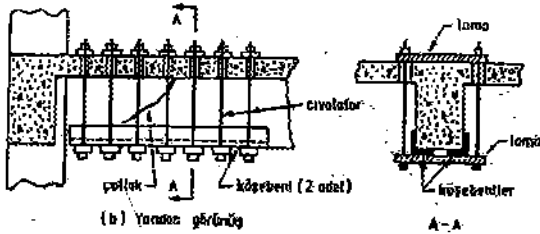
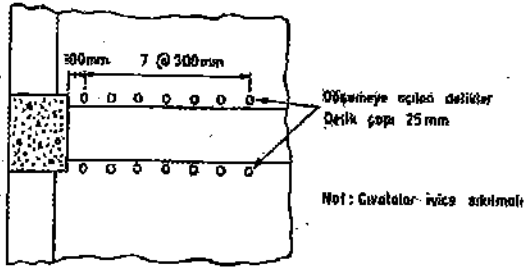
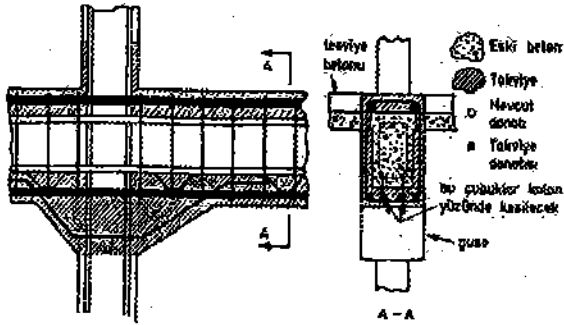
5.2.1 Kirişler

Kiriş onarım ve güçlendirilmesinde çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Bunlardan biri, yüksek dayanımlı yapıstırcılar kullanılarak yapıstırılan çelik plaka veya karbon lifleri ile kiriş kapasitesini artırmaktır. Yapıstırılan plaka belirli bir yerde kesileceğinden, soruna betonarme donatısının kesilmesi ile paralellik kurarak bakılabilir. Önemli olan, plakayı gereksizime duyulmaya nokta kesmek. Yaklaşık bu noktayı kiriş derinliği kadar geçtikten sonra kesmektir. Plakanın kesildiği yerde gerilme yığılmaları olacağından, bu uçlara birer kelebeç geçtikten kiriş gövdesine bağlamak gerekir.

İkinci yöntem, tam veya kısmi manto uygulamaktır. Tam manto Şekil 29'da gösterilmiştir. Bu şekilde çeşitli olanaklar birarada gösterilmiştir. Örneğin çoğu kez guse yapımaya gerek yoktur. Kiriş mantolamasının en büyük avantajı, mantoya hem boyuna donatı, hem de etriye yerleştirmek olanaklı olduğundan, eğilme dayanımı yanında kesme dayanımı da artırılabilir. Doğal olarak mantoluyu kısmi manto olarak altta veya üstte uygulamak da mümkündür. Manto yapılırken yeni yerleştirilen manto donatısı ile mevcut boyuna donatı arasında bir bağ sağlanması uygun olur. Bu bağ, boyuna donatıları kaydıran U ve Z çubukları ile sağlanabilir.

Onarım/güçlendirme ile kirişin eğilme kapasitesi artırılırken, bunun depremde sınır durumunda kiriş etkileyecek kesme kuvvetini artıracakı unutulmamalıdır. Kapasite tasarrufu yaklaşımı ile onarım/güçlendirme sonrasındaki kesme güvenliği mutlaka kontrol edilmiştir.

Şekil 30'da özel bir güçlendirme yöntemi gösterilmektedir. Bu yöntemle birkaç binada kesme çatlaklı bulunan kirişler onarılıp güçlendirilmiştir. Burada temel ilke, çevrelerinden oluşan dış etkiyle kesme dayanımını artırmaktır.



Şekil 30

5.2.2 Kolonlar

Betonarme kolonların onarım ve güçlendirilmesinde iki ayrı tür manto uygulanabilir; (a) çelik manto ve (b) betonarme manto. Manto türü seçilirken amaç iyi belirlenmeli ve çelik veya betonarme mantonun bu amaçta uygun olup olmadığı saptanmalıdır. Her iki tür mantonun tasarımı kadar yapımı da büyük önem taşır. Onarım/güçlendirme projesinde detaylar, yapımda ise hiling ve ölçülük çok önemlidir. Küçük bir detay hatası veya yapımdaki küçük bir hata, mantoyu etkisiz kılabilir.

(a) Çelik Manto

Çok özel yapıları zor ve pahalı düzenlemeler dışında, çelik manto ile kollar arası moment aktarımı sağlanmaz. Bu nedenle çelik manto salı sünekliği ve/veya eksenel yük kapasitesini artırmak için kullanılır.

Çelik manto, mevcut kolonun köşelerine yerleştirilen çelik korniyer ve bunları kaynakla birleştiren yatay lamalardan oluşur. Korniyerler eksenel yük kapasitesine katkıda bulunurken, yatay lamalar dışarı sargı etkisi sağlar. Tipik bir çelik manto uygulaması Şekil 31'de gösterilmiştir.

Korniyerler aşağıda ve yukarıda rijit çelik plakaları yaslanmalı ve iyice sıkıştırılmalıdır. Sıkıştırma, korniyerler yerleştirilmeden önce üstteki kirişin kriko ile kaldırılması ile sağlanır. Bu yöntemde, mantolanan kolon üzerindeki eksenel yük kaldırılmadığından, mantonun daha etkili biçimde çalışması sağlanmış olur. Kriko ile kaldırma yapılmıyorsa, üstteki plakaya altına çakılacak kamalarla sıkıştırma yapılır. Eğer korniyerler yeterince sıkıştırılmazsa, yeterince yararlı olmazlar.

Yatay lamalar kayıktanmadan önce, işkenec türü bir düzenle korniyerlerin kolonu iyice yaslanması sağlanmalıdır.

(b) Betonarme Manto

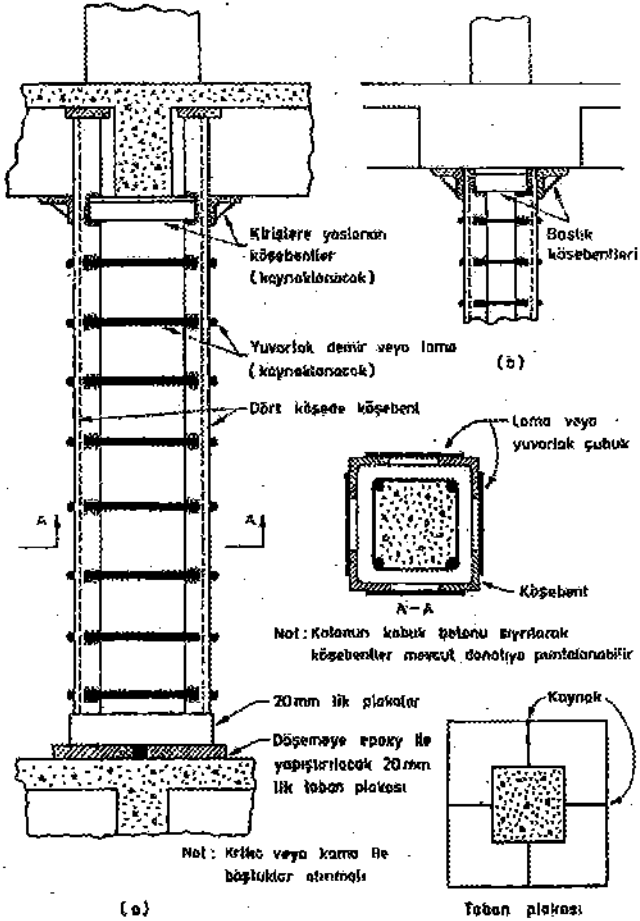
Betonarme manto, içinde boyuna donatısı ve etriyesi bulunan ve mevcut kolonu saran yeni bir katmandır. Boyuna donatıda süreklilik sağlıklı bir detaylandırma ile sağlanırsa, katlar arası moment aktarımı mümkün olur. Betonarme manto uygulananından önce, mevcut kolonun kabuk betonu kırılmalı ve en az yeni boyuna donatının yarısı U veya Z çubuklarla mevcut boyuna donatıya kaynaklanmalıdır. Tipik bir betonarme manto Şekil 32'de gösterilmiştir. Gösterilen mantoda, definen döşemelerden manto boyuna donatısı bir yukarı ve bir aşağı kata geçirilerek süreklilik dolayısıyla moment aktarımı sağlanmıştır. Bu, her zaman mümkün olmayabilir. Donatı sürekli yapılmıyorsa kirişe hiling ile açılacak deliklere filiz yerleştirilerek bantlum epoxy ile kenetlenmesi sağlanır. Delik derinliği donatı çapının 15 katından az olmalıdır. Delik çapı da donatı çapından yaklaşık 3 mm daha büyük olmalıdır. Donatı sürekliliğini sağlamak için kullanılan diğer bazı düzenlemeler Şekil 33'te gösterilmiştir.

Betonarme manto ile kolonun hem eksenel yük kapasitesi, hem de moment kapasitesi artırılabilir. Şekil 32'de gösterilen manto ara boyuna donatısı özel ankrajla mevcut betonla tutturulmuşsa manto ile sağlanan ek süneklik sınırlı olur.

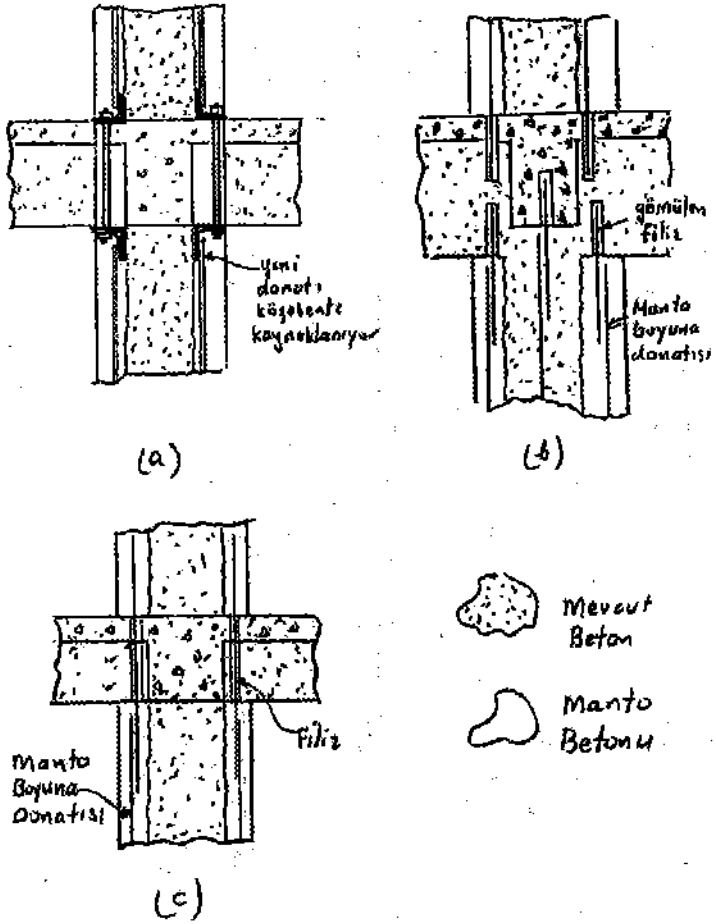
Mantonun etriyelerini genelde iki parçadan yapmak uygun olur. Bu iki U şeklindeki parça montaj aşamasında kaynaklanır.

Mantonun kalitesi, üç yüzünde tam yapılırken dördüncü yüzde yarım yapılmaktadır. Amaç, mantoyu iki aşamada dökerek betonun iyi yerleşmesini sağlamaktır. Ayrıca en üstte 100 mm

kadar bir bölümün boş bırakılması ve bir hafta kadar sonra burayı bütülmeyen özel harçla (non-shrink mortar) doldurulması mantıklıdır daha etkili çalışmasını sağlayacaktır.



Şekil 3f



Manto boyuna donatısının
sürekliliğinin sağlanması
için yapılabilecek düzenlemeler.

6.) Dikkat Edilecek Bir Husus

Eğer onarım mantosu yapılmadan önce kırıklarla kolonun aksenal yükü kaldırılmamışsa, mevcut kolonun aksenal kapasitesi hesaplanırken içindeki mevcut kolonun beton ve donatı alanı dikkate alınmamalıdır.

3.3 SİSTEM İYİLEŞTİRME

Eğer yapının yanal rijitliği çok yetersizse ve kolon ve kirişlerin iç bölgeleri sık etriye ile sarılmamışsa eleman onarım/güçlendirilmesi pratik ve ekonomik olmaz. Bu gibi durumlarda çok sayıda kolon ve kiriş onarım/güçlendirme uygulama yerine, tüm deprem kuvvetini alabilecek yeni elemanlar oluşturularak sistemin iyileştirilmesi yoluna gidilir.

Sistem iyileştirmede temel ilke, bazı çerçeveleri kuvvetlendirilip, rijitleştirilmesidir. Bu işlem, belirli çerçevelere konacak çelik çaprazlarla veya dolgu duvarla sağlanır. Dolgu duvar prefabrik panolardan veya yarıda dökme betonuneden oluşabilir. Her iki durumda da dolgu ile çerçevenin bir perde oluşturulabilmesi için, dolgu ile çerçeve elemanlarının etkili bir biçimde bağlanması gerekir.

Çelik çaprazlarla güçlendirme genelde ülkemizdeki yapılar için yeterli olmamaktadır. Bununla beraber, genelde binaların yanal rijitliklerinin çok düşük olması ve çelik çaprazlarla yeterli rijitlik sağlanamamasıdır. Çerçeve içine yerleştirilen ve çerçeve elemanlarına bağlanan betonarme dolgu duvarlarla oluşturulan perdeli sistemler, ülkemizde en yaygın kullanılan deprem onarım/güçlendirme yöntemidir.

Betonarme dolgu duvarla yapılan onarım/güçlendirmede, her iki doğrultuda tüm deprem etkisini karşılayacak kadar perde duvar oluşturulmaktadır. Böylece yanal rijitlik de istenen düzeye çıkarılmaktadır. Deprem yeni oluşturulan perdelerle karşılandığından, çerçevelerin salt düşey yük taşıdığı varsayılmaktadır. Bu nedenle genelde çerçevelerde onarım/güçlendirme gerekmemektedir. Ancak deprem sırasında ağır hasar görmüş elemanlar varsa bunlar da mantı ile onarılmaktadır.

Dolgulu çerçeve ile onarım/güçlendirme ülkemizde deprem sonrası en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Genelde hasar gören yapılarda hemen tüm kiriş ve kolonların yetersiz olması ve yönetmelik koşullarını sağlamaması, binaların büyük bir çoğunluğunun yanal rijitliğinin düşük olması bu yöntemi çekici kılmaktadır. Dolgulu çerçeve ile onarım/güçlendirme, Erzincan, Düzce ve Çayhan depremlerinden sonra yaygın olarak kullanılmıştır.

Dolgulu çerçevelerin davranışını anlayabilmek için ODTÜ'de 1970 yılından bu yana yoğun deneysel ve analitik araştırmalar yapılmaktadır. Bu araştırmaların ve o zamandan beri yapılan uygulamaların ışığında geliştirilen yöntem ve ilkeler aşağıda özetlenmiştir.

Dolgulu Çerçeve İçin İlkeler Detaylar ve Öneriler :

Her bir doğrultuda oluşturulacak dolgulu çerçeve duvarlarının kesit alanlarının (o doğrultuda yalnız kuvvetli yöndeki perdeler), bina katlarının toplam alanına oranı 0.0025'ten az olmamalıdır. Ayrıca hiçbir zaman o doğrultuda perde kesit alanlarının toplamı, binanın tabandaki kesit alanının 0.01'den az olmamalıdır

$$\sum A_x \geq 0.0025 \sum A_{it}$$

$$\geq 0.01 A_{it}$$

Taşıyıcı yapı zayıflıklar içeriyorsa (yumuşak veya zayıf kat, kısa kolon gibi)

$$\Sigma A_w \geq 0.003 \Sigma A_p$$

almalıdır.

ΣA_w - o doğrultuda kuvvetli yönde olan perde duvarların toplam kesit alanı

ΣA_p - tüm katların plan alanlarının toplamı

A_w - binanın tabandaki plan alanı

2. Dolgulu çerçeveler (perde duvar) olabildiğince her iki doğrultuda simetriyi bozmayacak bir biçimde yerleştirilmelidir.

3. Oluşturulacak perdelerde yataş ve düşey yönde iki sıra donatı yerleştirilmeli ve donatı oranı 97 yönetmeliğinde sünük perdeler için öngörülenden az olmamalıdır.

4. Oluşturulacak perdeler, çerçeve kolon ve kirişlerine açılacak deliklere epoxy ile kenetlenen filizlerle bağlanmalıdır.

5. Filizlerin çerçeve elemanlarına gömülme boyu en az 10 ϕ , tercihen 15 ϕ olmalıdır. Delik çapı filiz çapından 5 mm büyük olmalıdır. Filizler nervürlü Jonatüben oluşturulmalıdır. Filizler perde içine en az 35 ϕ kadar uzatılmalıdır.

6. Kolon ve kirişe yerleştirilen filizlerin toplam kesit alanı, o yöndeki perde donatısı toplam kesit alanından az olmamalıdır. Bu amaçla genelde $\phi 20/500$ filiz yerleştirilmektedir.

7. Perde mutlaka bir temele bağlanmalıdır. Perdenin altında sürekli temel varsa bunlara açılacak deliklere epoxy ile kenetlenen filizlerle bu perde mevcut temele bağlanmalıdır. Temele açılacak deliğin derinliği en az 20 ϕ olmalıdır.

Perdenin altında temel yoksa mutlaka temel yapılmalı ve bu temel dübellerle mevcut temel sistemine bağlanmalıdır.

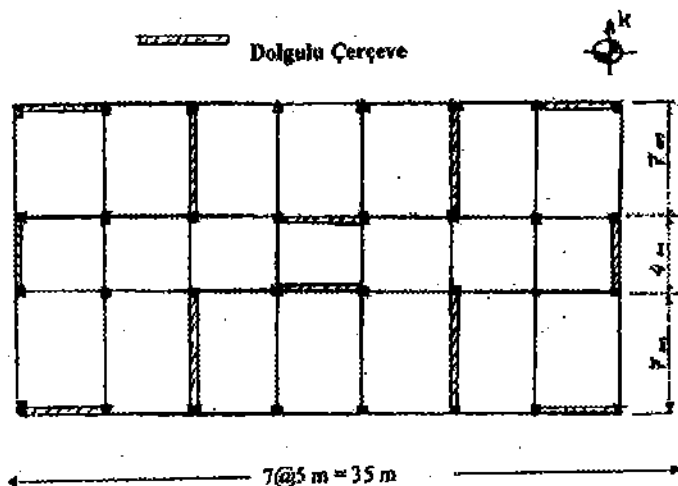
Perdeyi temele bağlayan filizlerin toplam kesit alanı, perdenin düşey donatı alanı toplamının en az iki katı olmalıdır. Temel filizleri perde içine en az 35 ϕ uzatılmalıdır. Çeşitli uygulamaların temel filizi olarak $\phi 20/200$ mm seçilmiştir.

Perde uygulaması ve detayı ile ilgili örnekler Şekil 34-37'de verilmiştir.

Yukarıda öngörülen koşullara uygun dolgu lu çerçeve oluşturulursa, hasarlı kolonların salt düşey yük taşıma kapasiteleri kontrol edilecek, gerekirse bu kolonlar güçlendirilecektir.

Perdeye (dolgu lu çerçeve) gelen zorlamalar nedeniyle, kesme gerilmesi hiçbir zaman 1.5 MPa (15 kg/cm²)'yi geçmemelidir.

Perde yerleştirilirken simetrisinin bozulmamasına özenle dikkat edilmelidir.



TİPİK KAT PLANI

Bina : 4 katlı (hepsi tipik kat)

Apt : $18 \times 35 = 630 \text{ m}^2$

$\Sigma \text{Apt} = 630 \times 4 = 2520 \text{ m}^2$

Dolgu duvar kalınlığı = 250 mm

Doğu - Batı yönünde $\Sigma \text{Aw} = 6 \times 5 \times 0.25 = 7.5 \text{ m}^2$

Kuzey - Güney yönünde $\Sigma \text{Aw} = (4 \times 7 + 2 \times 4) \times 0.25 = 9.0 \text{ m}^2$

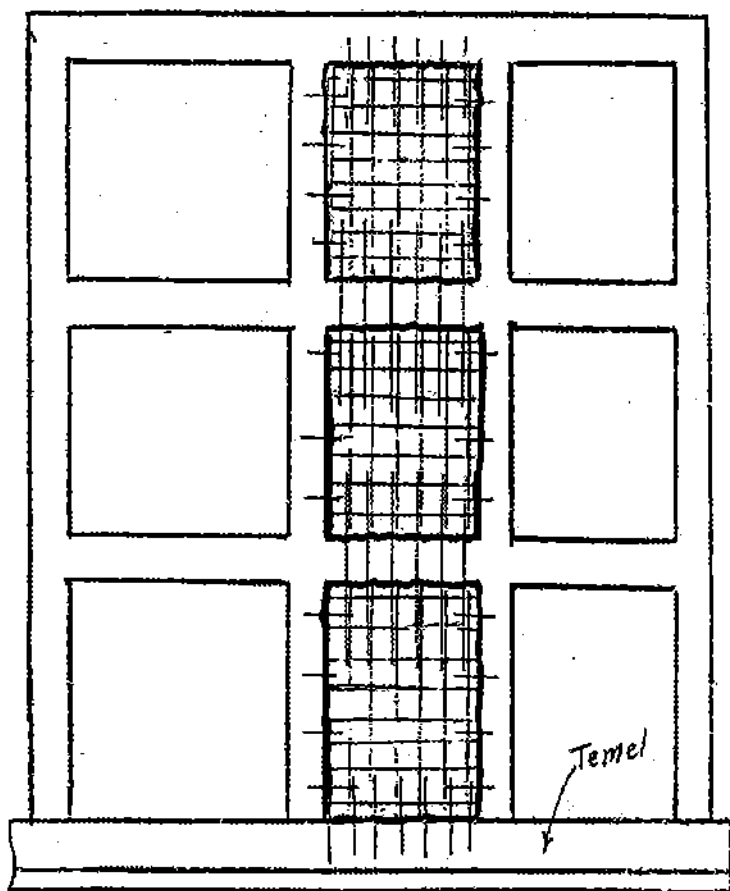
Minimum,

$\Sigma \text{Aw} = 2520 \times 0.0025 = 6.3 \text{ m}^2$

$\Sigma \text{Aw} = 630 \times 0.01 = 6.3 \text{ m}^2$

Sağlanan duvar alanı yeterli

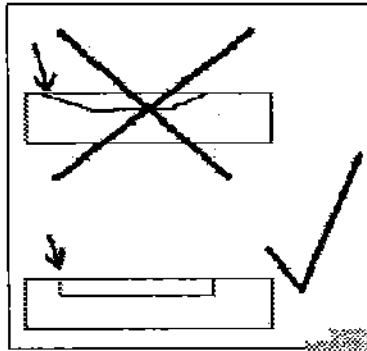
Şekil 34



Şekil 35

BETON TAMİR MALZEMELERİ VE UYGULAMALAR

Tamir harçlarında astarlamaya ve yüzey hazırlığına ayrıca özen göstermek gerekmektedir.Çimento esaslı yüzeylere mutlaka ön nemlendirme yapılmalı ve bu sayede aderans en üst seviyede sağlanmalıdır. Bölgesel tamirlerde derinlikte eğik/yatay'dan ziyade dik kesim yerleştirme yapılmalıdır (Şekil:1)



Şekil: 1

Bir yapının pek çok noktasında farklı malzeme ile farklı tamiratlar seçilebilmektedir.Dolayısıyla sıradan ustaların inisiyatifine iş teslim edilmemeli, noktasal olarak saha mühendisi karar verip, uygulamanın ön hazırlığını denetleyip, bizzat nezaret etmelidir.

Tamir harçlarının uygulama kalınlıkları çok önemlidir. Çimento esaslılarda rötire/çatlama ,aderans riski vardır.Epoksi esaslılarda yüksek ısınnın açığa çıkma tehlikesi vardır. Yüzeydeki mevcut çimento şerbeti,kür malzemesi kalıntısı,kalıp yağı artığı ve oynar parçalar tamiri zayıflatan öğelerdir.

Tamir harçları literatürdeki kısaltmaları

CC (Cement Concrete): Sadece çimento esaslı bağlayıcı var.

PC (Polymer Concrete): Sentetik reçinelerle bağlanmış reçine veya hızlandırıcılarla hazırlanıyor.

PCC (Polymer Cement Concrete): Çimento esaslı bağlayıcılar ve polimer modifiye katkılarla hazırlanıyor.

ECC(Epoxy Cement Concrete): Çimento esaslı bağlayıcılar ve epoxy esaslı katkılarla hazırlanıyor.

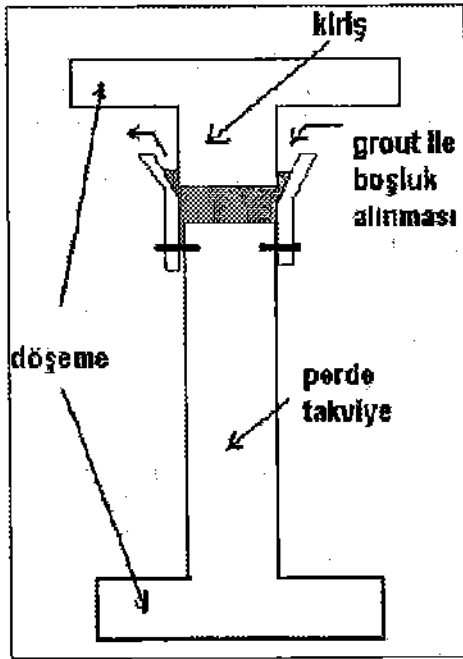
Çimento esaslı;

Normal Harçlar:

Uygulama kalınlığına göre değişik tipleri olmakla beraber, üretici firma uygulamaları farklılık göstermekte. İnce harçlar bir defada yapılabilirdiği gibi, kalınlığın 3 cm'i geçmesi halinde tabakalar şeklinde uygulanmalıdır. Harç hazırlığı için önce kovaya gereğinden biraz az su konular, matkap karıştırıcı marifetiyle toz azar azar ilave edilerek karıştırma işlemi yapılır. Önemli konu uygulama öncesi yüzeyin ıslatılması, korumak gerekiyorsa kürlenmenin takibidir. Normal harçlar su ile karıştırılarak hazırlanmaktadır. Kimi bu tür harçlarda elyaf da kullanılmakta olup, çatlama minimize edilmektedir.

Grout Harçlar:

Bu sınıfa groutlarında katabiliriz. Groutlar su ile karışan hazır harçlar olup, çökme yapmayan, bir miktar hacimsel genişleme ile bulunduğu kabın şeklini alan harçlardır. Erken ve yüksek mukavemet almak mümkündür. Harç hazırlığı için önce kovaya gereğinden biraz az su konular, matkap karıştırıcı marifetiyle toz azar azar ilave edilerek karıştırma işlemi yapılır. Önemli konu uygulama öncesi yüzeyin ıslatılması, korumak gerekiyorsa kürlenmenin takibidir. Groutlarda üretici firmaların uygulama sınırlamaları vardır. Örneğin açıkta kalacak yüzeyin 10 cm'i geçmemesi gibi, max. uygulama kalınlığı gibi yada içine yılanmış kum konular konulmayacağı gibi. Groutlar takviye işlerinde boşluk alınmasında da kullanılır. (Şekil:2)



Şekil:2

Epoksi esaslı harçlar,

Epoksi; reçine ve sertleştiriciden oluşan, kimyasal reaksiyon ile sertleşen dolgu malzemesi olarakta kuartz kumu ile desteklenen bir malzemedir. Kuartz kumu reçineye veya sertleştiriciye önceden katılmış olabileceği gibi üçüncü bir komponent olarakta ayrıca satılabilir.

Beton /çimento bağlayıcı harçlar klor esaslı, asidik çözeltilere, sülfat etkilerine dayanmazken, epoksiler gerek tamir harcı, gerekse kaplama olarak dayanıklılık gösterirler.

Hava sıcaklığı düştükçe epoksilerin serleşme süresi uzar, hava ve ortam sıcaklığı artıkça sertleşme süresi erken olur. Firmalar bu durumu dengelemek için farklı sürelerde sertleşebilen epoksiler üretmektedirler.

Komponentler bölünmemeli, setler bir defada karıştırılmalı böylece karışım farklılığından dolayı performans kayıplarının önüne geçilmiş olacaktır.

Epoksi esaslı tamir ve kaplama malzemeleri, yerine yerleştirildikten sonra min. 10 gün geçmiş betonlara uygulanmalıdır.

İri taneli epoksilerde genellikle reçine ve sertleştirici sıvılar önceden karıştırılarak astar olarak kullanılır yada üretici firmalar bu astarı ayrı bir isim altında satarlar.

Epoksi esaslı malzemeler yangın sıcaklığında çözülerek bağlayıcı ve taşıyıcı özelliklerini kaybedebilirler. Bu yüzden kritik uygulamalarda bu durum göz önünde bulundurularak, yangına karşı kaplama ile korunmalıdır.

Demir filizi ekimindedepoksiler kullanılır. Bu epoksiler uygulama sırasında komponentlerinden ayrışmamalı ve iyi yapışmalıdır. Demir filizinden beklenen performans daha küçük civata ve özel uygulamalarda civatalama yöntemleri ile elde edilebilir.

ASTM C 881-90 EPOXY TIPLERİ

- Type I : For use in non-load bearing applications for bonding hardened concrete to hardened concrete and other materials and as a binder in epoxy mortars or epoxy concretes
- Type II : For use in non-load bearing applications for bonding freshly mixed concrete to hardened concrete.
- Type III : For use in bonding skid resistant materials to hardened concrete and as a binder in epoxy mortars or epoxy concretes, used on traffic bearing surfaces (or surfaces to thermal or mechanical movements)
- Type IV : For use in load bearing applications for bonding hardened concrete to hardened concrete and other materials and as a binder for epoxy mortars and concretes.
- Type V : For use in load bearing applications for bonding freshly mixed concrete to hardened concrete.
- Type VI : For bonding and sealing segmental precast elements with internal tendons and for span-by-span erection when temporary post tensioning is applied.
- Type VII : For uses as a non-stress carrying sealer for segmental precast elements when temporary post tensioning is not applied in span-by-span erection.

EPOXY YOĞUNLUKLARI

Grade 1	: Low viscosity
Grade 2	: Medium viscosity
Grade 3	: Non- sagging consistency

EPOXY YANGIN SINIFLAMASI

Classes A,B and C are defined for types I-IV Classes D,E and F are defined for types VI and VII according to the range of temperatures for which they are suitable.

Class A	: Below 40 F to manufacturer defined low
Class B	: 40-60 F
Class C	: Above 60 F to manufacturer defined high
Class D	: 40-65 F
Class E	: 60-80 F
Class F	: 75-90 F

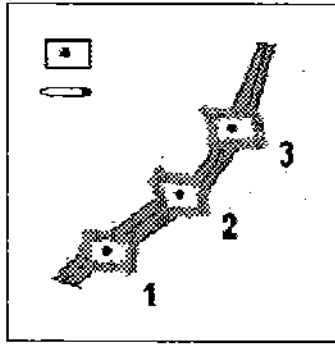
Şantiye üretimli katkılı harçlar

Lateks türü sıvı bağlayıcıların su+kum (Yıkamış) + Çimento ilavesiyle oluşturulan mala yada serpme kıvamı harçlardır.

Tamir Amaçlı Enjeksiyonlar:

Epoksi esaslı:

Epoksi enjeksiyonlarında çatlak genişliğine göre farklı enjeksiyon malzemeleri seçilmelidir. Çatlak genişliği arttıkça filler malzemeli malzeme kullanılmalıdır. Örneğin bir üretici firmanın 0,2-1 mm genişlik için bir ürünü, 1 mm üstü için başka ürünü vardır. Uygulama şekillerinden biri aşağıdaki gibidir. (Şekil:3) Farklı çatlak tipleri için farklı aparatlar kullanılmaktadır.



Şekil: 3

Poliüretan esaslı:

Poliüretan esaslı malzeme su ile karşılaştığında kimyasal tepkime ile sertleşir.

Karbon lifler:

Adınıdanda anlaşılacağı üzere, içeriği karbon elyafından oluşan malzemelerdir. 1 cm^2 kesitte 30 ton yük alanları vardır. Çekme kuvvetine çalışan malzemedir. Dolayısıyla yapı elemanında çekme zaafı gösteren yerlerde yada, malzemenin kendisinden çekme performansı alınacak yerlerde kullanılmalıdır. Unutulmaması gereken en önemli konu, bu malzeme grubundan beklenen performans, yapıştırıldığı alanlar ile orantılı olduğudur. Gerek tasarımda gerekse uygulamada buna dikkat edilmezse, oluşabilecek gerilme ve zorlamalarda malzemenin sonuç almak mümkün olmayacaktır. Bunun yanında, örneğin eksenel yüke maruz, dairesel bir betonarme hasarlı kolonda, bu kolonun etrafına sarılması son derece verimli olmaktadır.

Tamir Konusu ile ilgili kitaplar:

- Betonarme Yapıların Güçlendirilmesi/
Prof.Halit Demir/0.212.2611142
- Çatlamış Binaların Takviyesi Yöntemleri/
Prof.Nafiz Çamlıbel/0.212.5278578
- Temellerin Takviyesi/ Prof.Nafiz Çamlıbel/0.212.5278578 .
- Mevcut Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi ve Güçlendirilmesi/Prof.Zekai Celep /İTÜ

- Betonun Onarımı, Bariyer Sistemler ve Derzlerin Yalıtımı/Kim.Müh.Taylan Çoruh/DSİ
- Betonun Onarımı/İnş.Müh.Ali Öztürk, İnş.Yük.Müh.M.Fatih Kocabeyler/DSİ
- Epoxy Injection/John Trout / Published By The Aberdeen Group /USA
- Depremde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi/İMO İzmir Şb./Nejat Bayülke/Yayın No:15

Endüstriyel kaplamalar ve uygulamalar

En önemli konu, gerçekten bu uygulamanın beklentilerinize, mevcut yapınıza ve bütçenize uygunluğuna karar vermektir. Çünkü bu tür uygulamalar özel dikkat gerektiren pahalı uygulamalardır.

- Epoksi esaslı:
- Poliüretan esaslı:
- Betona katılan dolgular:

Yardımcı malzemeler

- **Aderans artırıcılar:** Betonarme elemanlarda çimento yada epoksi esaslı aderans artırıcılar mevcuttur. Ancak uygulamaya dikkat edilmelidir. Çünkü gerek betonun yerleşirme süresi gerekse donatı sıklığı yada kalıp zorluğu nedenleriyle malzemeden performans alınamayacağı gibi tam aksi tesir oluşturup film tabakası teşkil edilebilir ve buda kaymaya neden olur. Yukarıdaki zorluklar yerinde incelendiğinde en küçük bir kuşku varsa, yüzeyi taraklayarak dişli hale getirmek, oynak parçaları ve toz gibi malzemeleri yüzeyden uzaklaştırmak en iyi yöntemlerden biridir. Dişlerin derinliği arttıkça adreans teşkilinde artacağı muhakkaktır.
- **Şok priz hızlandırıcılar:** Aktif su girişi yada acil tamir gerektiren halelerde kullanılırlar. Genelde yüksek oranda klor içerdikleri için donatıya zarar verebilirler. Ayrıca betonu kimyasal olarak yakarak sertleştirdiği için betondan mukavemet alınması güçtür.
- **Kalıp yağları:** Çelik ve ahşap kalıp yağları vardır.
- **Kür malzemeleri:** Su bazlı. (Uygulamalarda kendiliğinden yüzeyi terk edenler vardır.) Parafin bazlı (Yüzeye bir kaplama vs. uygulanacaksa, basınçlı sıcak su ile yüzeyden temizlenmelidir) tipleri vardır.

