

## PREFABRİK BİR YAPININ ONARIM VE GÜÇLENDİRME UYGULAMALARI

**İsmail Öztürk\***  
**İnş. Müh.**

**Yüksel Tonguç\*\***  
**İnş. Y. Müh.**

**Hasan Başaran\*\***  
**İnş. Y. Müh.**

Promer Müşavirlik, Mühendislik, Turizm, İnşaat Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.  
Oğuzlar Mahallesi Çetin Emeç Bulvarı 65. Sokak No:1/3 06520 Balgat/ANKARA

### Özet

Ülkemizde yakın tarihte meydana gelen depremler Türkiye endüstrisini ve dolayısıyla ekonomiyi derinden etkilemiştir. Hasar gören prefabrik endüstriyel tesislerin onarım ve güçlendirme çalışmaları, tesislerin imalat akışını etkilemeden yapılmak zorunda kalmış ve bunun için değişik yöntemler uygulanmıştır. Düzce' de otomotiv sektörünün yan kolu olan bir tesisin depremlerde hasar gören prefabrik taşıyıcı sisteminin çelik profiller kullanılarak, fabrikadaki imalatı aksatmadan yapılan onarım ve güçlendirme çalışmalarının proje ve imalat aşamaları bu makalenin konusunu oluşturmaktadır.

### Giriş

17 Ağustos Gölcük ve 12 Kasım Düzce depremleri sonucunda bölgede, Türkiye ekonomisine can veren bir çok endüstriyel tesis hasar görmüştür. Endüstriyel yapılar ülkemizde, imalat maliyeti ve süresi düşünülerek prefabrik elemanlar kullanılarak yapılmaktadır. Bu tür sistemlerde sıkça rastlanan yetersiz detaylandırmalar sonucunda bir çok tesis yakın zamanda meydana gelen bu depremlerden hasar görmüş, hatta bazıları tamamen kullanım dışı kalmıştır.

Firmalar, yurt içi ve yurt dışına vermiş oldukları taahütlerini yerine getirebilmek için tesislerindeki üretimi kesintisiz devam ettirmek zorunda kalmış dolayısı ile fabrika yapılarının onarım ve güçlendirme çalışmaları, tesis üretime devam ederken yürütülmüştür. Düzce' de otomotiv sektörüne hizmet vermekte olan taşıyıcı sistemi prefabrik çerçevelerden oluşan 12000 m<sup>2</sup> kapalı alana sahip bir fabrikanın onarım, güçlendirme proje ve imalat aşamaları bu makalenin konusunu oluşturmaktadır. Makalenin birinci bölümü proje çalışmalarını, ikinci bölümü ise imalat çalışmalarını kapsamaktadır.

---

\* PROMER Müşavirlik, Mühendislik, Turizm, İnşaat Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. proje mühendisi

\*\* PROMER Müşavirlik, Mühendislik, Turizm, İnşaat Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. proje yöneticileri

# 1. Proje Çalışmaları

## 1.1. Onarım ve Güçlendirme

Betonarme yapıların onarım ve güçlendirilmesi, inşaat mühendislerinin sürekli ilgilendiği, analiz ve detaylandırma uygulamalarının klasik inşaat mühendisliği uygulamalarına kıyasla daha karmaşık olduğu bir konudur. Burada onarım, hasar gören bir yapı veya yapı elemanının öngörülen yapı güvenliğine sahip olabilmesi için yapılan işlemlerdir. Güçlendirme ise, hasar görmemiş bir yapı ya da yapı elemanının öngörülen yapı güvenliğine sahip olabilmesi için yapılan işlemler olarak tanımlanabilir (Ersoy, 1993).

Herhangi bir binanın onarım veya güçlendirilmesi, değerlendirme, tasarım ve uygulama olarak üç temel aşamayı kapsamaktadır.

Değerlendirme, güçlendirme ya da onarımın yapılacağı binanın mevcut durumunun gözden geçirilmesidir. Binanın taşıyıcı sistem ve mimari rölelerinin hazırlanması esnasında mevcut sistemin taşıma kapasitesi ile ilgili bilgiler de toplanır (çatlaklar, deformasyonlar ve beton kalitesi vb.).

Tasarım; onarım ve güçlendirmenin ikinci önemli aşamasıdır. İncelenen yapının güvenliği ve onarım, güçlendirme yöntemi bir dizi analiz yardımıyla ortaya çıkmaktadır. Bu analizler sonucunda gerekli onarım, güçlendirme sistemi seçilebilir. Yapısal işlemlerin gerekli görülmediği durumlarda yük sınırlaması, kat azaltma gibi bir dizi önlemlerle yapı güvenliği sağlanabilir.

Onarım, güçlendirme işlemleri olağan yapım işlemlerine kıyasla daha zor, tehlikeli, karmaşık ve pahalıdır (Tankut,1993). Bu işlemler uzman gözetimi ve sorumlu denetimi gerektirir. Belli başlı onarım, güçlendirme yöntemleri olarak eleman yenilenmesi, eklenmesi, öngerilme uygulanması ve epoksi kullanılması sıralanabilir.

## 1.2. Yapının Tanımı

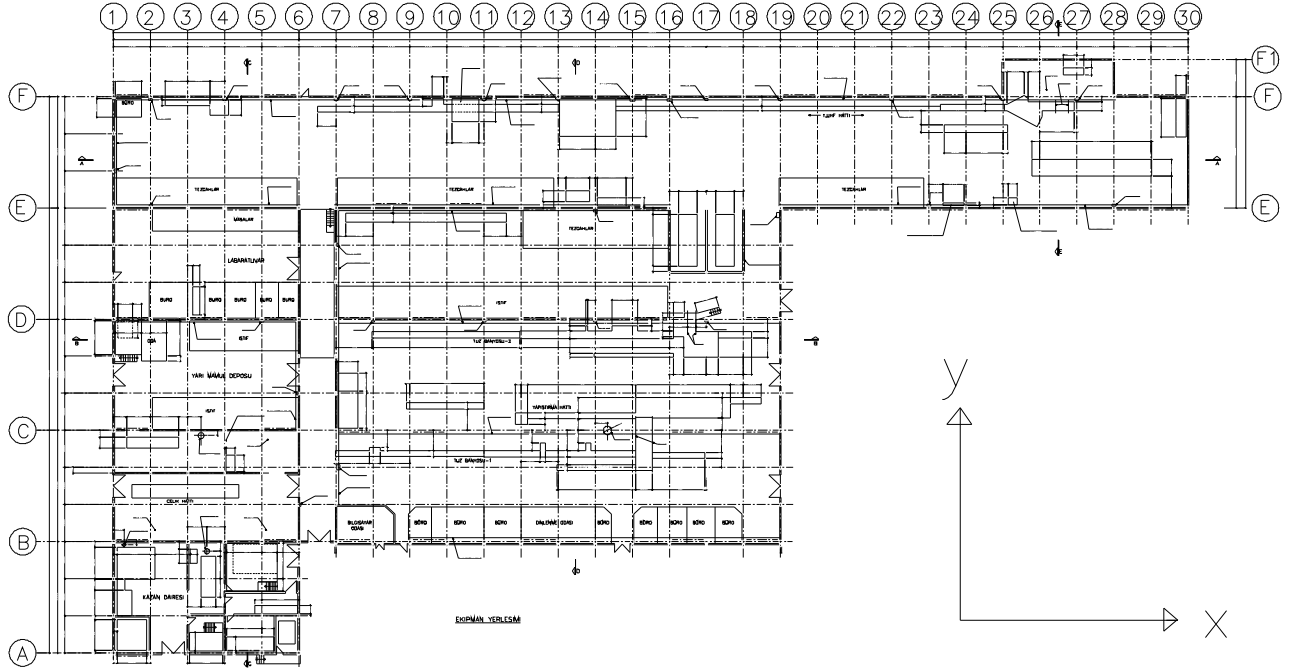
Düzce’ de konuşlanmış olan fabrika şekil-1’ de gösterildiği gibi 30 yatay, 6 düşey aksan oluşmaktadır. Aks aralıkları yatayda 5.0m., düşeyde ise 15.0m.’dir. Düşey akslar birbirlerine eğimli prefabrik çatı kirişleri ile bağlanarak bu yönde çerçeve oluşturulmuştur. Yatayda ise bu çatı kirişlerinin üstüne yine prefabrik aşıklar mesnetlenmiş ve çatı kaplaması bu aşıklar üzerine sabitlenmiştir. Yatay doğrultuda ayrıca zayıf oluk kirişleri kolonların üstlerine oturtulmuştur. Sistemde, 15m. açıklık geçen ve yüksekliği 1.20m.’yi bulan eğimli çatı kirişlerinin, zayıf doğrultudaki hareketlerini sınırlayan herhangi bir önlemin alınmamış olması, bu kirişlerin devrilmelerini de kritik hale getirmiştir.

Sisteme değişik zamanlarda eklemeler yapıldığından kolon, çatı kirişi ve aşık boyutları arasında aksan aksa farklılıklar görülebilmektedir. Sistemde kullanılan kolonlar tipik olarak, 40cmx40cm ve 45cmx45cm boyutlarındadır. Eğimli çatı kirişleri şekil-2’ de gösterildiği gibi kolonlardaki yuvalara oturtulmuştur. Kolon-kiriş bağlantısı, kolonda bırakılan ve kirişteki deliğe geçirilen bir inşaat demirinden ibarettir. Kolon ile

kiriş arasındaki bu yetersiz bağlantılar, sistemin düşey yükler altındaki performansını etkilememesine rağmen, yatay yükler altında sistemde yanal ötelenme koşullarının aşılması sonucunu doğurmaktadır. Kirişler, yatay yükler altında, mesnetlendikleri kolonların farklı deplasman yapmaları sonucunda yuvalarından kurtularak altta çalışanlara ve ekipmanlara zarar verebilmektedir. Nitekim, sistemde 17 Ağustos depremi neticesinde bu tür hasarlar meydana gelmiş, oldukça önemli ekipmanlar zarar görmüştür. Yine bazı çatı kirişleri fazla deplasman yaparak mesnet sınırlarını zorlamış, mesnetten sıyrılıp düşmemelerine rağmen geçici guseler ile ardçı depremlerin etkisi engellenmeye çalışılmıştır. (şekil-3).

Fabrikadaki hasar durumunu etkileyen bir diğer husus da kolon temellerinin derinliği olmuştur. Temeller, zeminin nispeten daha altında oluşturulmuş, dolayısıyla hasır donatılı zemin döşemesi ve döşemenin altındaki iyi sıkıştırılmış dolgu, kolonlara temel seviyesinden önce, zemin döşemesi seviyesinde ankastrelik kazandırmıştır. Bu sonuç, kolonlardaki hasarların zemin döşemesi seviyesinde yoğunlaşmasından ve zemin döşemesinin altında bu hasarların hemen hemen hiç görülmemiş olmasından çıkarılmıştır (şekil-4).

Bu temel detaylandırma hatalarından kaynaklanan hasarların yanı sıra, sistemde çatı kirişlerinin hareketlerinden kaynaklanan kolon-kiriş birleşim yeri hasarlarına da sıkça rastlanmaktadır. Ayrıca fabrikanın 24 aksı sonrasındaki kolonlarında çok büyük ölçekte kalıcı yanal ötelenmeler tespit edilmiştir. Yine bu bölgede oluk kirişlerinin tamamı kaymıştır.



Şekil-1 Yerleşim planı



Şekil-2 Çatı Kirişlerinin kolona oturumu



Şekil-3 Kirişler için alınan geçici tedbirler



Şekil-4 Kolon hasarları

### **1.3. Yöntem**

Fabrikanın onarım ve güçlendirme proje çalışmaları aşamasında, imalatın işleyen bir fabrikanın içinde yapılacağı göz önünde bulundurularak detaylar bu yönde hazırlanmıştır. Bu tür imalatlarda en önemli kriterler uygulanabilirlik ve süredir. Diğer mühendislik çalışmalarında ön plana çıkan uygulanacak yöntemin ekonomisi, bu tür çalışmalarda, iş ve iş gücü kaybını en aza indirmek amacıyla önemini yitirmektedir.

Prefabrik elemanlardan oluşan sistemin onarım ve güçlendirme çalışmaları iki ana başlıkta yürütülmüştür.

1. Kolonların her iki doğrultudaki yatay yük tesirleri altında emniyetli davranışlarının sağlanması,
2. Büyük açıklık geçen çatı kirişlerinin, kolon yuvalarından kurtulmasının ve zayıf eksenleri etrafında devrilmesinin önlenmesi,

#### **1.3.1. Kolon Güçlendirmesi**

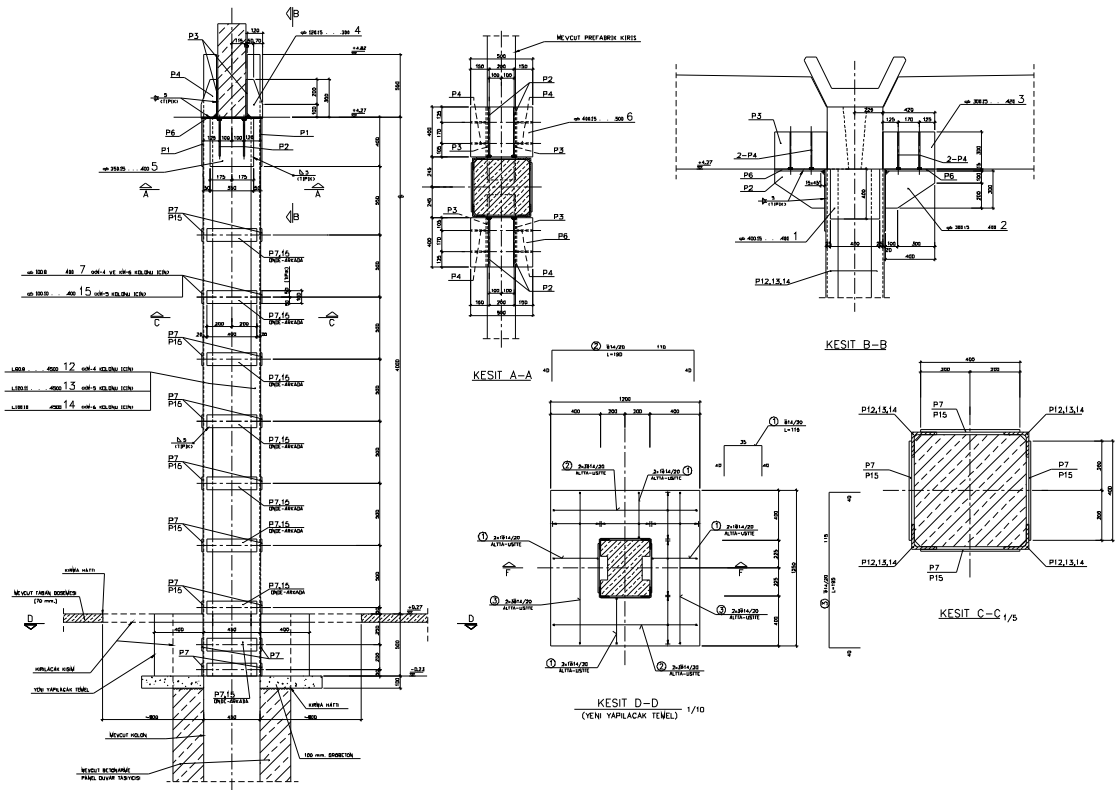
Mevcut sistemdeki prefabrik kolonlar, düşey yükler altında yeterli kapasiteye sahip olmalarına rağmen, yatay yükler altında sistem analiz edildiğinde, kolonların moment kapasitelerinin yetersiz kaldığı görülmüştür. Buna ek olarak sistem hiç bir deplasman şartını sağlamamaktadır. Mevcut sistemin analizinde basitçe, kolonların temelde ankastre üstte ise serbest oldukları varsayılmıştır. Herbir kolona, taşıdığı çatı sisteminin ağırlığından kaynaklanan deprem yükü, üst ucundan noktasal olarak tesir

ettirilmiştir. Böylece kolonun alt mesnet ucunda oluşan moment, kolonun moment kapasitesi ile, üst ucunda oluşan deplasman ise sınır değer ile karşılaştırılmıştır. Mevcut sistemin analizi esnasında, çatlama kesit kabulü ile kolonun elastisite modülü  $E_c$ ,  $E_c/2$  olarak alınmıştır.

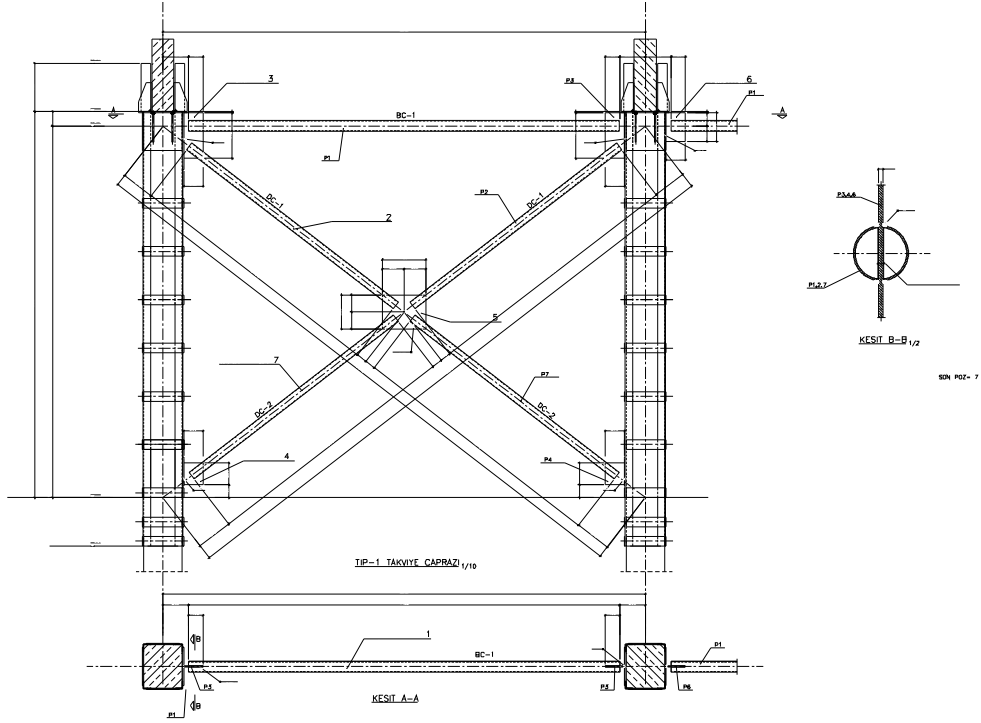
Yapılan mevcut sistem analizleri neticesinde kolonların yetersiz davranış gösterdikleri ortaya konulmuştur. Kolonların güçlendirmesinde izlenen yöntem y-doğrultusunda konsol çalışmaları durumunda mesnette oluşacak momentin ve kolon ucundaki deplasmanın sadece takviye elemanları ile karşılanabilmesi, x-doğrultusunda ise kolonların, çelik çapraz-basınç çubuğu sistemi ile birbirine bağlanarak sistemin bir aks boyunca birlikte çalışmasını sağlamak yönünde olmuştur.

Kolonların çelik köşebentler ile mantolanarak güçlendirilmesinin ardından yapılan güçlendirilmiş sistem analizlerinde, y-yönünde kolonun tek başına yatay yükler altındaki davranışının önemli ölçüde geliştiği görülmüştür. X-doğrultusunda ise çapraz-basınç çubuğu sistemi ile birlikte çalışması sağlanan kolonların deplasmanlarının büyük oranda azaldığı analizler sonucunda görülmüştür. Güçlendirilmiş sistemin analizi sırasında mevcut sistem elemanlarının hiç bir yük taşımadığı varsayılarak, güçlendirme elemanlarının boyutlandırması bu doğrultuda yapılmıştır. Şekil-5' te tipik bir kolon mantosu, şekil-6' da ise çapraz-basınç çubuğu sisteminin detayları verilmiştir.

Kolonların temel bağlantıları iki ayrı durum için düşünülmüştür. Mevcut kolon temelının zemine yakın olduğu yerlerde çelik manto kolonları mevcut temellere dübellenmiştir. Temellerin yüzeyin çok altında bulunması durumunda ise zeminden 50 cm. aşağıda yeni bir temel sistemi oluşturularak kolonlar bu temellere oturtulmuştur.



Şekil-5 Kolon mantolaması



Şekil-6 Çapraz-basınç çubuğu detayı

### **1.3.2. Çatı Kirişlerinin Güvenliğinin Sağlanması**

Çatı kirişlerinin yatay yük tesirleri altında kolonlardaki mesnetlerinden çıkmalarını önlemek amacıyla takviye elemanlarına guseler yapılarak kirişlerin mesnetten sıyrılmaları engellenmiştir. (şekil-5 kesit B-B). Çatı kirişlerinin zayıf eksenleri etrafında devrilmelerini engellemek için ise kirişler çelik makas sistemi ile birbirine bağlanmıştır.

## **2. İmalat Çalışmaları**

Onarım ve güçlendirme imalatları alışlagelmiş inşaat mühendisliği uygulamalarına kıyasla daha karmaşık ve uzmanlık gerektiren işlerdir. Bu tür imalatlarda bir diğer güçlük ise imalatın tamamının, imalat sırasında alınan ölçülere göre yapılması zorunluluğudur. Hazırlanan proje, imalata yön verici yönde olup eleman ölçüleri bazında yanlıtıcı olabilmektedir.

### **2.1. Kolon Manto İmalatı**

Prefabrik kolonların mantolanmasında analizler sonucunda bulunan değişik ebatlarda köşebentler kullanılmıştır. Köşebentler, kolonların dört köşesine

yerleştirilmiş, işkence altında sıkıştırılarak bağlantı levhaları kaynaklanmıştır. Burada sıkıştırma işlemi, mevcut kolonlar ile manto elemanları arasında ki bağlantıyı sağlaması bakımından oldukça önemlidir. Şekil-7' de imalatı tamamlanmış bir kolon mantosu verilmiştir.

## 2.2. Çelik Çapraz-Basınç Çubuğu İmalatı

Çelik çapraz-basınç çubuğu sisteminde ise boru profiller kullanılmıştır. Boru kesitlerinin atalet yarıçaplarının, ağırlıklarına oranla diğer kesitlere göre büyük olması nedeniyle, bu kesitler basınç çubuğu ve çapraz elemanı olarak ekonomik bir şekilde kullanılabilir. Ancak bu kesitlerde bağlantılarda güçlükler yaşanabilmektedir. Uygulanan sistemde şekil-8' de görüldüğü gibi borular ortalarından, manto elemanlarında kaynaklı bayrak levhaları kalınlığında yarılmış, bu levhalar borunun içine geçirilerek çevresi kaynaklanmıştır. Çaprazların herbir kolu da birbirlerine ortada aynı detayla bağlanmıştır.

## 2.3. Kiriş Takviye İmalatları

Prefabrik çatı kirişlerinin devrilmesini engellemek amacıyla, kirişler birbirlerine çelik makaslar ile şekil-9' da gösterilen şekilde bağlanmıştır. İmalatın bu aşaması, fabrika içinde, yüksekte ve iki çatı kirişi arasında yapıldığından en zor ve riskli aşamasıdır. Ayrıca bu kirişler, manto kolonlarında oluşturulan guseler ile emniyete alınmıştır.





Şekil-7 Tamamlanmış bir kolon manto imalatı



Şekil-8 Çapraz-basınç çubuğu elemanı imalatı



Şekil-9 Kiriş aralarında çelik makas sistemi

### 3. Sonuç ve Öneriler

Ülkemizde, endüstriyel tesislerde genelde prefabrik sistemler tercih edilmektedir. Ancak bu sistemlerin yatay yükler altında, yanlış detaylandırmalardan kaynaklanan yetersiz davranışları, yakın geçmişte yaşanan depremlerde büyük zararlara sebep olmuştur. Türkiye’de yapılmakta olan hemen hemen bütün prefabrik yapılar deprem tesirlerine karşı oldukça yetersiz detaylara sahiptir. Marmara Bölgesi’nde yaşanan depremlerde birçok prefabrik yapı yatay yüklerle karşı detaylandırılmadıkları için büyük hasar görmüştür. Hasar görmemiş olmasına rağmen bir çok prefabrik yapının ise güçlendirilmeye ihtiyacı bulunmaktadır. Bu tür prefabrik sistemlerin onarım ve güçlendirme çalışmalarının, tesislerin işleyişini engellemeden yapılması zorunludur. Bu çalışmada açıklanan yöntem ile prefabrik bir fabrikanın onarım ve güçlendirmesi, üretimde herhangi bir kesintiye sebebiyet vermeden yapılabilmektedir. Uygulanan yöntem ile sistemin yatay yükler altındaki davranışı önemli ölçüde gelişmektedir.

### Kaynaklar

1. Ersoy, U. “Betonarme Yapılarda Onarım/Güçlendirme Kursu” Türkiye İnşaat Mühendisliği XII. Teknik Kongre, Mayıs 1993
2. Tankut, T. “Betonarme Yapılarda Onarım/Güçlendirme Kursu” Türkiye İnşaat Mühendisliği XII. Teknik Kongre, Mayıs 1993
3. TS 500, “Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları”, Türk Standardları Enstitüsü, 1984, Ankara
4. TS 498, “Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri”, Türk Standardları Enstitüsü, 1987, Ankara
5. TS 648, “Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları”, Türk Standardları Enstitüsü, 1980, Ankara
6. “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1998, ANKARA