

# KOLEKSİYON A.Ş. TEKİRDAĞ MOBİLYA FABRİKASI DEPREM GÜVENLİĞİ VE GÜÇLENDİRME ÇALIŞMASI

## **Danyal KUBİN**

İnşaat Y. Mühendisi, Prota Mühendislik Ltd. Şti., Ankara

## **Haluk SUCUOĞLU**

Prof. Dr., ODTÜ, Ankara

## **Aydan SESKİR ÖZMEN**

İnşaat Mühendisi, Prota Mühendislik Ltd. Şti., Ankara

## **Faruk MALHAN**

Mimar, Koleksiyon Mobilya A.Ş., İstanbul

## **ÖZET**

Tekirdağ'da bulunan Koleksiyon A.Ş. Mobilya Fabrikası beton prefabrik yapı sistemi ile inşa edilmiş beş ayrı bloktan oluşmaktadır. Firmanın talebi üzerine yapılan çalışma kapsamında öncelikle yapıların mevcut taşıyıcı sistemleri 1997 Deprem Yönetmeliği koşullarına göre tahkik edilmiş ve yeterli bulunmamıştır. Daha sonra bölgenin depremselliği de göz önüne alınarak yapılarda güçlendirme çalışması yapılmıştır. Seçilen güçlendirme sistemleri aynı zamanda fabrika bloklarında yeni kullanım alanları oluşturacak biçimde fonksiyonel olarak tasarlanmıştır.

## **1. GİRİŞ**

17 Ağustos 1999 Kocaeli ve 12 Kasım 1999 Düzce depremlerinde beton prefabrik sanayi yapıları büyük ölçüde hasar görmüştür. Bu hasarların temel nedenleri gerek Türkiye Prefabrik Birliği, gerekse bağımsız kuruluşlar tarafından hazırlanan raporlarda irdelenmiştir. Başlıca hasar nedeni, prefabrik sanayi yapılarının esasında düşey yük için geçerli olan sistemlerle yapılması, deprem etkileri için özellikle bu amaçla tasarlanmış yatay yük dayanım sistemine sahip olmamalarıdır. Prefabrik sanayi yapıları 1999 yılına kadar olan uygulama biçimleriyle yatay yüklere karşı iki yönlü çerçeve etkisi oluşturmakta yetersizdirler. Çatı sistemleri genellikle yapıda üç boyutlu sistem davranışını sağlamak için gerekli olan diyafram rijitliği etkisine sahip değildir. Yatay yük dayanımı ise çoğunlukla 15 metre aralıklı olarak yerleştirilen 40x40 cm kesitli, altı ankastre, üstü mafsallı bir kolon sistemiyle karşılanmaya çalışılmıştır. Bu sistemin 1. ve 2. Deprem bölgelerinde yetersiz olduğunu göstermek çok basittir. 1999 depremleri de bu sonucu kanıtlamıştır.

Ülkemizdeki deprem bölgelerinde inşa edilmiş olan prefabrik sanayi yapılarının büyük çoğunluğu yukarıda anlatılan sistem özellikleri ile inşa edildiğinden yeterli deprem güvenliğine sahip değildir. Özellikle Marmara Bölgesi'nde bulunan yapılar, 1999 Kocaeli depreminden sonra artan bir deprem riski ile karşı karşıyadır. Tekirdağ da deprem riski artan bölgeler arasındadır. Bu durumu değerlendiren Tekirdağ Koleksiyon A.Ş. Mobilya Fabrikası yetkilileri, fabrika yapılarının deprem güvenliğinin irdelenmesi ve gerekirse güçlendirilmesi kararını almışlardır. Burada sunulan bildiri de bu çalışmanın sonuçları anlatılmaktadır. Bu çalışmada amaç geçmişte ülkemiz koşullarında çok başarılı çalışma örnekleri vermiş olan prefabrik inşaat sektörünün geleceğe yönelik çalışmalarına katkıda bulunmaktır.

## **2. BÖLGENİN DEPREMSELLİĞİ VE TASARIM DEPREMİ YER HAREKETİ ŞİDDETİ**

Koleksiyon Mobilya Fabrikası Tekirdağ'ın hemen güneyinde yer almaktadır. Bölgenin deprem aktivitesinin başlıca kaynağı Saros Körfezinden Marmara'ya Kuzeydoğu yönünde uzanan Saros-Gaziköy (Ganos) fayıdır. Sağ yanal atımlı bir fay olan Saros-Gaziköy fayı Tekirdağ'ın 10 km. güneyinde Marmara Denizi içinden geçmektedir. Bu fayda son yüzyılda meydana gelen en büyük deprem 9 Ağustos 1912'de 7.3 büyüklüğündeki Şarköy-Mürefte depremidir. Bir gün sonra 6.3 büyüklüğünde bir artçı deprem daha meydana gelmiştir. Tekirdağ civarında, 26 Temmuz 1959'da ise 5.4 büyüklüğünde bir deprem olmuştur.

Tekirdağ ve civarını geçmişte etkileyen en büyük deprem 1766'dadır. 22 Mayıs 1776'da Marmara Denizi'nde meydana gelen büyük deprem, Marmara Denizi'nin tüm kıyılarında ve İstanbul'da yoğun hasara neden olmuştur. Osmanlı kayıtlarında ölü sayısı 5.000 civarında verilmiştir. Marmara ve civarında tarihi bilinen en büyük depremdir. 5 Ağustos 1776'da bu depremi izleyen, bu kez Marmara'nın batısını etkileyen bir başka büyük deprem olmuştur. Depremin en fazla etkilediği bölge Tekirdağ ve batısında kalan Gaziköy (Ganos) ve Gelibolu'dur. En ağır yıkım Tekirdağ ile Mürefte arasındaki kıyı kesiminde kaydedilmiştir. Şarköy (Peintatis), Gaziköy (Ganos) ve Mürefte (Myriophyto), Hasköy (Hora) tamamen yıkılmış, Tekirdağ (Rodosto) ve Silivri'de sağlam taş bina kalmamıştır. Hasar Bursa, İstanbul ve Edirne'ye kadar ulaşmıştır. Tarihi kayıtlara göre 5 Ağustos depreminin hasarı 22 Mayıs depreminden daha yaygındır.

Saroz-Gaziköy fayı aktivitesini sürdürmektedir. Neredeyse 90 yıldır bu fayda büyük bir deprem olmaması gerilme birikiminin arttığını göstermektedir.

Türkiye deprem bölgesi haritasında Tekirdağ 2. derece deprem bölgesinde, ancak 1. ve 2. bölgeler sınırının hemen kuzeyinde yer almaktadır. Bölgenin depremselliği göz önüne alınarak Koleksiyon Fabrikası için depreme karşı güçlendirme projesinde 1. derece deprem bölgesi şartlarının uygulanmasına karar verilmiştir. Türkiye Deprem Yönetmeliği (1997) tasarıma esas yer hareketi ivme şiddeti olarak 1. derece deprem bölgesinde 0.40g, 2. derece bölgesinde 0.30g değerini öngörmektedir (g : yerçekimi ivmesi). 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi sırasında Tekirdağ'da kaydedilen yer hareketi en fazla 0.03g ivmeye sahiptir. 17 Ağustos'ta kırılan faya yakın bölgelerde kaydedilen ivmeler Yarımca'da 0.32g, Sakarya'da 0.40g ve Düzce'de 0.36g olmuştur. Saros-Gaziköy fayı Kocaeli depremine yakın büyüklükte deprem üretme potansiyeline sahiptir. Ayrıca Tekirdağ, fayın kırılma doğrultusundadır. Bu nedenle Koleksiyon Fabrikası güçlendirme tasarımında 2. derece yerine 1. derece deprem bölgesi şiddeti kullanılması uygun görülmüştür.

### 3. FABRİKA YAPILARININ TANIMI

Koleksiyon A.Ş. Tekirdağ Mobilya Fabrikası 5 ana bloktan oluşmaktadır. Bunlar üretim hollerinin yer aldığı A1, A3, A5 ve B bloklar ile idari kısımlar ve teşhir salonunu içeren C bloktur. Blokların genel yerleşim şeması Şekil 1'de verilmiştir.

A1 blok 60 m x 30 m boyutunda tek katlı bir yapı olup kat yüksekliği makas altında 6.10 m'dir. Aks aralığı 6 m olan çerçeveler 2 açıklıklıdır ve toplam açıklık 30 m'dir. Taşıyıcı sistem 40 x 40 cm boyutunda prefabrik betonarme kolonlar ile değişken kesitli çatı makaslarından oluşmaktadır. Diğer yönde ise oluk kirişleri yer almaktadır. Kolon alt uçları ankastre, kolon üst uçları ile çatı makasları ve oluk kirişleri bağlantıları ise mafsallıdır. Çatı boşluklu modüler betonarme plaklar ile kapatılmıştır. Çatı döşemesinin üstünde 5 cm kalınlıkta kaplama betonu yer almaktadır. Cephe kaplaması, kolonlardaki boşluklara geçmeli yatay prekast paneller ile oluşturulmuştur. Temeller soketli tip olup yerinde dökmedir. Temeller arasında bağ hatılları kullanılmıştır. Bina inşaatı 1990 yılında tamamlanmıştır.

A3 blok 72 m x 30 m boyutunda tek katlı bir yapı olup kat yüksekliği makas altında 6.10 m'dir. Taşıyıcı sistem tipi A1 blok ile aynıdır. Bina inşaatı 1990 yılında tamamlanmıştır.

A5 blok 72 m x 75 m boyutunda tek katlı bir yapı olup kat yüksekliği 6.10 m'dir. Aks aralığı 8 m olan çerçeveler 5 açıklıklıdır ve toplam açıklık 75 m'dir. Taşıyıcı sistem 40 x 40 cm boyutunda prefabrik betonarme kolonlar ile değişken kesitli çatı makaslarından oluşmaktadır. Diğer yönde ise oluk kirişleri yer almaktadır. Kolon alt uçları ankastre, kolon üst uçları ile çatı makasları ve oluk kirişleri bağlantıları ise mafsallıdır. İnşaatı diğer bloklardan sonra yapılan A5 blok bir kenarından diğer blokların kolonlarına mafsallı olarak bağlanmıştır. Çatı, metal levhalar ile kaplanmıştır. Cephe kaplaması düşey prekast paneller ile oluşturulmuştur. Paneller taşıyıcı sisteme montaj kaynakları ile bağlanmıştır. Temeller soketli olup yerinde dökmedir. Temellerde bağ hatılları kullanılmıştır. İnşaat 1995 yılında tamamlanmıştır.

B blok 192 m x 30 m boyutunda olup çatı kotu 6.10 m'dir. Aks aralığı 6 m olan çerçeveler 2 açıklıklıdır ve toplam açıklık 30 m'dir. Çatı taşıyıcı sistemi 40 x 40 cm boyutunda prefabrik betonarme kolonlar ile değişken kesitli çatı makaslarından oluşmaktadır. Diğer yönde ise oluk kirişleri yer almaktadır. Kolon alt uçları ankastre, kolon üst uçları ile çatı makasları ve oluk kirişleri bağlantıları ise mafsallıdır. Çatı boşluklu modüler betonarme plaklar ile kapatılmıştır. Çatı döşemesinin üstünde 5 cm kalınlıkta

kaplama betonu yer almaktadır. Bina içinde, +3.50 kotunda 36 m boyunda ve 15 m genişliğinde bir ara kat yer almaktadır. Ara kat döşemesi, çatı döşemesini taşıyan kolonlar ile çerçeve orta noktalarında yer alan ve ara kat kotuna kadar çıkan 40 x 40 cm boyutunda kolonlar ile taşınmaktadır. Bu kolonlara mafsallı bağlanan ve uzun yönde yerleştirilen kirişler, 20cm kalınlığında boşluklu modüler döşeme plaklarını taşımaktadır. Cephe kaplaması kolonlardaki boşluklara geçmeli yatay prekast paneller ile oluşturulmuştur. Temeller soketli tip olup yerinde dökmedir. Temeller arasında bağ hatılları kullanılmıştır. Bina inşaatı 1990 yılında tamamlanmıştır.

{ INCLUDEPICTURE "http://www.probina.com.tr/muhendislik/makaleler/images/koleksiyon01.gif" \\* MERGEFORMATINET }  
RESİM 1. A3 BLOK ÖN CEPHE GÖRÜNÜŞÜ

{ INCLUDEPICTURE "http://www.probina.com.tr/muhendislik/makaleler/images/koleksiyon02.gif" \\* MERGEFORMATINET }  
RESİM 2. A5 BLOK YAN CEPHE GÖRÜNÜŞÜ

C blok 24 m x 48 m boyutunda iki katlı bir blok olup birinci kat yüksekliği 3.50 m, çatı kotu 6.10 m'dir. Aks aralığı 6 m olan çerçeveler 8 açıklıklıdır ve toplam açıklık 48 m'dir. Bina taşıyıcı sistemi 40 x 40 cm boyutunda prefabrik betonarme kolonlar ile 25 x 50 cm ve 25 x 75 cm boyutlarında kirişlerden oluşmaktadır. Kısa yönde ise dış akslarda yer alan kirişler dışında herhangi bir bağlantı elemanı yer almamaktadır. Kolon alt uçları ankastre, kolon ve kiriş bağlantıları mafsallıdır. Döşemeler boşluklu modüler betonarme plaklar ile oluşturulmuştur. Cephe kaplaması, kolonlardaki boşluklara geçmeli yatay prekast paneller ile teşkil edilmiştir. Temeller soketli tip olup yerinde dökmedir. Temeller arasında bağ hatılları kullanılmıştır. Bina inşaatı 1990 yılında tamamlanmıştır.

{ INCLUDEPICTURE "http://www.probina.com.tr/muhendislik/makaleler/images/koleksiyon03.gif" \\* MERGEFORMATINET }  
ŞEKİL 1. GENEL FABRİKA ŞEMASI

#### 4. MEVCUT DURUMDA DEPREM GÜVENLİĞİ İNCELEMESİ

Bu bölümde yer kısıtlaması nedeniyle sadece A1, A5 ve C bloklara ait sonuçlar verilecektir. A1 blok için verilen sonuçlar A3 ve B bloklar için de yaklaşık olarak geçerlidir. Hesaplarda 2. Derece deprem bölgesi koşulları ve fabrikanın yer aldığı zemin özellikleri (Z3) göz önüne alınmış, deprem güvenliği 1997 Deprem Yönetmeliği hükümlerine göre irdelenmiştir. Hesaplarda R katsayısı 5 olarak alınmıştır.

{ INCLUDEPICTURE  
"http://www.probina.com.tr/muhendislik/makaleler/images/koleksiyon04.gif" \\* MERGEFORMATINET }

ŞEKİL 2. A1 BLOK 3-BOYUTLU ANALİZ MODELİ

Yapılar SAP2000 programı ile 3 boyutlu olarak modellenmiş, mevcut boyutlar, malzeme özellikleri ve detaylar kullanılmıştır. Yapıların projelerine uygun olarak imal ve inşa edildikleri fabrikada yapılan arazi çalışmaları ile saptanmıştır. Yapısal modellemede, projelerde olduğu gibi kolonlar temelde ankastre, çatıda mafsallıdır. Tüm kiriş-kolon birleşimleri mafsallıdır. Üç boyutlu yapı modelleri şekil 2, 3 ve 4'te gösterilmektedir. Modellerde rijit diyafram varsayımı yapılmıştır.

{ INCLUDEPICTURE  
"http://www.probina.com.tr/muhendislik/makaleler/images/koleksiyon05.gif" \\* MERGEFORMATINET }

ŞEKİL 3. A5 BLOK 3-BOYUTLU ANALİZ MODELİ

{ INCLUDEPICTURE  
"http://www.probina.com.tr/muhendislik/makaleler/images/koleksiyon07.gif" \\*  
MERGEFORMATINET }

ŞEKİL 4. C BLOK 3-BOYUTLU ANALİZ MODELİ

{ INCLUDEPICTURE "http://www.probina.com.tr/muhendislik/makaleler/images/koleksiyon06.gif" \\* MERGEFORMATINET }

Yapısal çözümlenmelerde önce yapıların özdeğer analizleri yapılarak titreşim modları ve periyodları hesaplanmış, daha sonra spektrum analizi ile deplasmanlar ve kolon ankastre momentleri hesaplanarak yönetmelik sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tabloda kolon momentleri kritik kolonlar için verilmiştir. Ancak yapı sistemlerinin simetrik, rijit diyaframlı, son derece düzenli ve tekrarlı olması nedeniyle tüm kolonlarda yaklaşık benzer zorlamalar elde edilmiştir. Tabloda sunulan sonuçlar tüm bloklarda gerekli olan deprem güvenliğinin sağlanamadığını göstermektedir.

## 5. DEPREME KARŞI GÜÇLENDİRME SİSTEMİ TASARIMI

A1 blokta ve benzer şekilde burada sunulmayan A3 ve B bloklarda uygulanan güçlendirme sistemleri çelik çaprazlarla destekli ara kat platformları oluşturularak tasarlanmıştır. Çelik çaprazların tipik bir cephe çapraz görünüşü Şekil 5'te, planda yerleştirilmesi Şekil 6'da gösterilmektedir. Çelik elemanların prefabrik kolon ve kirişlerle birleşiminde epoksi ankrajlı elemanlar içeren detaylar geliştirilmiştir.

{ INCLUDEPICTURE  
"http://www.probina.com.tr/muhendislik/makaleler/images/koleksiyon08.gif" \\*  
MERGEFORMATINET }

ŞEKİL 5. A1 BLOK YAN CEPHE ÇAPRAZ GÖRÜNÜŞÜ

A5 blokta rijit çatı diyaframı olmadığı için, kenar akslarda makas altına tespit edilen yatay çelik çaprazlı sistemlerle rijitlik sağlanmıştır. Yatay dayanım için ilave elemanlar kullanmak yerine büyük yatay dayanıma sahip olan cephe panellerinin sistemle birleştirilerek birlikte çalışmasının sağlanması tercih edilmiştir. Bu amaçla düşey konumlu ve sistemden yük almayan cephe panelleri temel üstü ve oluk kirişleri altından birbirlerine, temele, dış aks kolonlarına ve oluk kirişlerine, geliştirilen özel çelik detaylarla bağlanarak bir kutu sistemi elde edilmiştir. Böylece atıl duran kapasite değerlendirilerek ekonomi sağlanmıştır.

{ INCLUDEPICTURE  
"http://www.probina.com.tr/muhendislik/makaleler/images/koleksiyon09.gif" \\*  
MERGEFORMATINET }

ŞEKİL 6. FABRİKA ŞEMASINDA ÇELİK ÇAPRAZ KONULAN BÖLGELER  
( Koyu renk çizgiler çapraz yerlerini göstermektedir.)

C blok diğerleri içinde deprem zaafı en fazla olandır. Çerçeve sistemi tek yönlüdür. İki katlı olması ve düşey yüklerin ağırlığı nedeniyle betonarme yerinde dökme perde sistemi ile güçlendirilmesine karar verilmiştir. Tip kat perde planı Şekil 7'de görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi ayrıca kirişsiz yönde yerleştirilen çelik bağ kirişleri ile bu yönde çerçeve etkisi sağlanmıştır. Perdeler için temel tasarımı yapılmış, perde içlerinde gerekli mimari fonksiyonlar için kapı ve pencere boşlukları bırakılmıştır.

{ INCLUDEPICTURE  
"http://www.probina.com.tr/muhendislik/makaleler/images/koleksiyon10.gif" \\*  
MERGEFORMATINET }

ŞEKİL 7. C BLOK TAKVİYE PERDE VE ÇELİK KİRİŞ YERLEŞİMİ

Her üç blok için güçlendirilmiş duruma ait hesap sonuçları Tablo 2'de sunulmaktadır. Tablo 2'deki sonuçların Tablo 1 ile karşılıklı değerlendirilmesi ile prefabrik fabrika yapılarında güçlendirmeden sonra gerekli deprem güvenliğinin sağlandığı görülmektedir.

{ INCLUDEPICTURE  
"http://www.probina.com.tr/muhendislik/makaleler/images/koleksiyon11.gif" \\*  
MERGEFORMATINET }

## 6. SONUÇ

Özellikle 1. ve 2. Derece deprem bölgelerinde yer alan prefabrik sanayi yapıları, gerek deprem dayanımı bakımından sahip oldukları yapısal olumsuzluklar, gerekse 1997 Deprem Yönetmeliği'nin gerektirdiği yüksek performans koşulları nedeniyle yeterli deprem güvenliğine sahip değildiler. Ancak bu sistemlerin gerekli deprem güvenliği seviyesine yükseltilmesi ekonomik çözümler üretmek mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada yeni fonksiyonlar üreten ekonomik çözüm seçenekleri değerlendirilmiş ve bu konseptte uygun deprem güvenliği tasarımları sunulmuştur.

Türkiye Prefabrik Birliği  
10. Prefabrikasyon Sempozyumu  
Mayıs 2000 İstanbul