

YATAY YÜK DAVRANIŞI ZAYIF BETONARME ÇERÇEVELERİN ÇELİK ÇAPRAZLI PERDELER İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

Kerem PEKER

İnş.Yük.Müh

Erdemli Proje ve Müşavirlik Ltd.Şti.

İstanbul / Türkiye

Nesrin YARDIMCI

Prof. Dr.

İstanbul Teknik Üniversitesi

İstanbul / Türkiye

ÖZET

Yapıların yatay yük etkisindeki davranışında ana parametreler yapının yatay dayanımı ve yatay rijitliğidir.

Ülkemizde sıklıkla karşılaşılan, sadece düşey yükler için boyutlandırılmış, ya da düşük yatay yük etkisi öngörülerek tasarlanmış betonarme çerçeveli yapı sistemlerinin güçlendirilmesinde hedef yapının davranışını tanımlayan bu iki parametrenin iyileştirilmesidir.

Bu araştırma, zayıf betonarme çerçevelerin yatay yük etkisindeki davranışının çelik çaprazlı sistemler yardımı ile iyileştirilmesi amaçlı yapılacak tasarımlara ışık tutabilmek amacı ile yapılmış bir grup parametrik çözümün derlenmesi ile oluşturulmuştur.

Farklı geometrik karakteristiklerin ve çapraz eleman narinliklerinin, sistem davranışı üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada ana amaç ekonomik bir metot ile mevcut sistemin yatay yük kapasitesinin artırılması ve yatay rijitliğinin iyileştirilmesidir.

AMAÇ

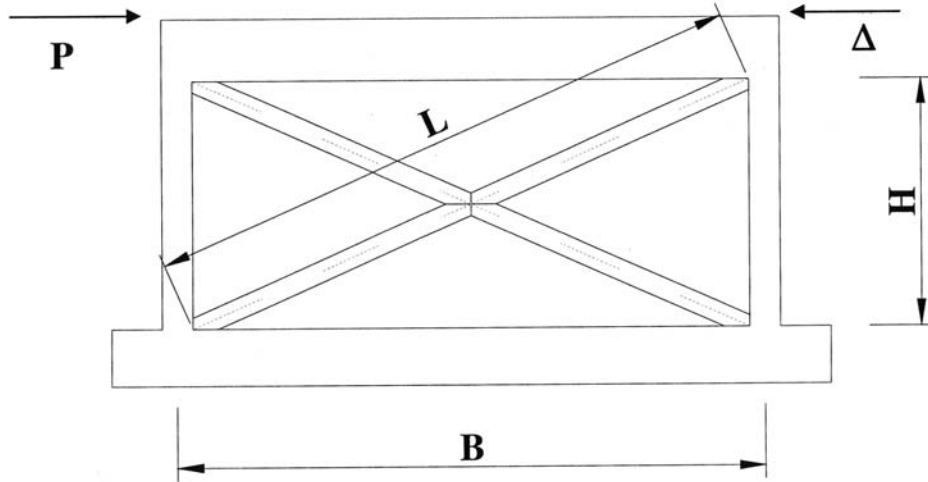
Düşük yatay rijitlikli ve zayıf yatay yük dayanımlı betonarme çerçevelerin rehabilitasyonu için kullanılabilecek, ucuz ve hızlı metotlardan biri, yapıya çelik çaprazlı perde sistemleri eklenmesidir.

Sistem rijitliğini ve dayanımını arttırmak amacı ile yapılacak böyle bir rehabilitasyon tasarımında, yapı davranışında etken parametrelerin belirlenmesi, etkileşimli olarak incelenmesi, bu çalışmanın ana amacını oluşturur.

PARAMETRİK ÇALIŞMA

Öncelikle konu ile ilgili literatür taraması yapılmış ve önceki araştırmacıların davranışını incelediği parametreler tespit edilerek parametrik çalışmamızın veri tabanı oluşturulmuştur.

Bu amaçla Şekil-1 de verilen tipik güçlendirme çerçevesi için B(çerçeve teorik açıklığı), H(çerçeve teorik yüksekliği), L(çelik çapraz teorik boyu) ve i(çelik çapraz atalet yarıçapı) değerlerinin, sistem rijitliği ve dayanımını ne ölçüde etkiledikleri araştırılmıştır.



Şekil-1 Tipik güçlendirme çerçevesi

Tablo-1 de bu incelemelerin yapılabilmesi için planlanan parametrik çalışmada kullanılan sayısal model elemanlarının, geometrik ve karakteristik detayları verilmiştir. Aynı yüksekliğe sahip, altı farklı açıklıktaki betonarme çerçevenin her biri, dört farklı narinlik derecesinde merkezi çaprazlı perdeler ile güçlendirilmiştir.

Tablo-1 Parametrik çalışmada kullanılan farklı sistemlerin tanımları

H (mm)	B (mm)	L (mm)	i₁ (mm) L/i=40	i₂ (mm) L/i=80	i₃ (mm) L/i=120	i₄ (mm) L/i=160
3000	750	3092	77,30	38,65	25,77	19,33
	1500	3354	83,85	41,93	27,95	20,96
	2250	3750	93,75	46,88	31,25	23,44
	3000	4243	106,08	53,04	35,36	26,52
	4500	5408	135,20	67,60	45,07	33,80
	6000	6708	167,70	83,85	55,90	41,93

Çapraz elemanlar seçilirken farklı narinlik etkisi dikkate alınması ile birlikte çapraz elemanın alanının değişmesi engellenmiş ve böylece dayanımların karşılaştırılabilmesi mümkün olmuştur.

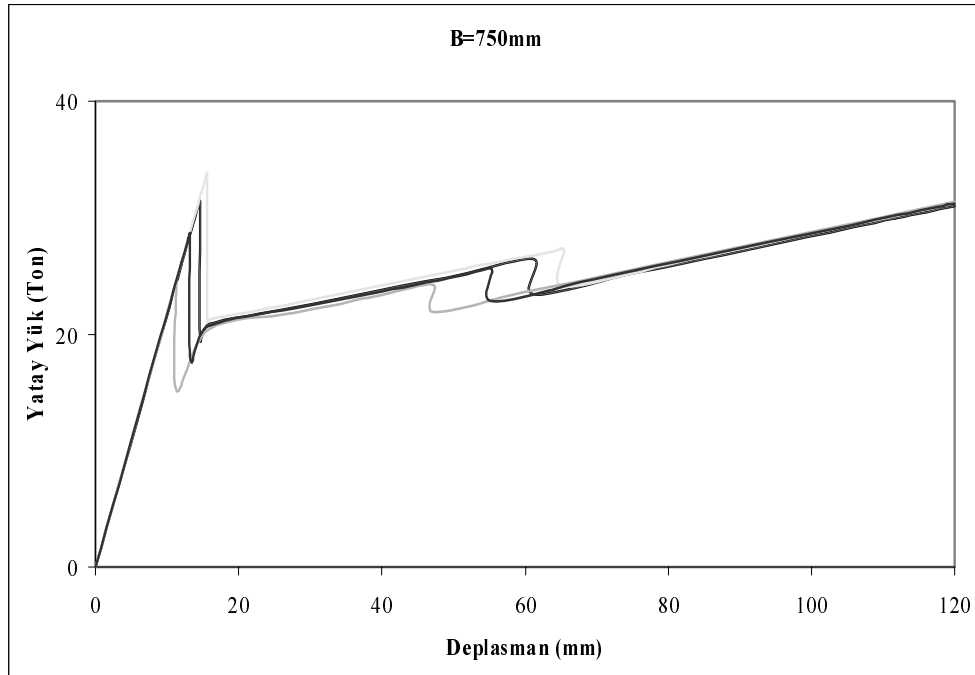
ANALİZ METODOLOJİSİ

Örnek model yapının, rijitlik ve dayanım özelliklerinin değişen parametreler ile takibinin yapılabilmesi için analiz metodu olarak lineer olamayan statik itirme analizi metodu seçilmiştir.

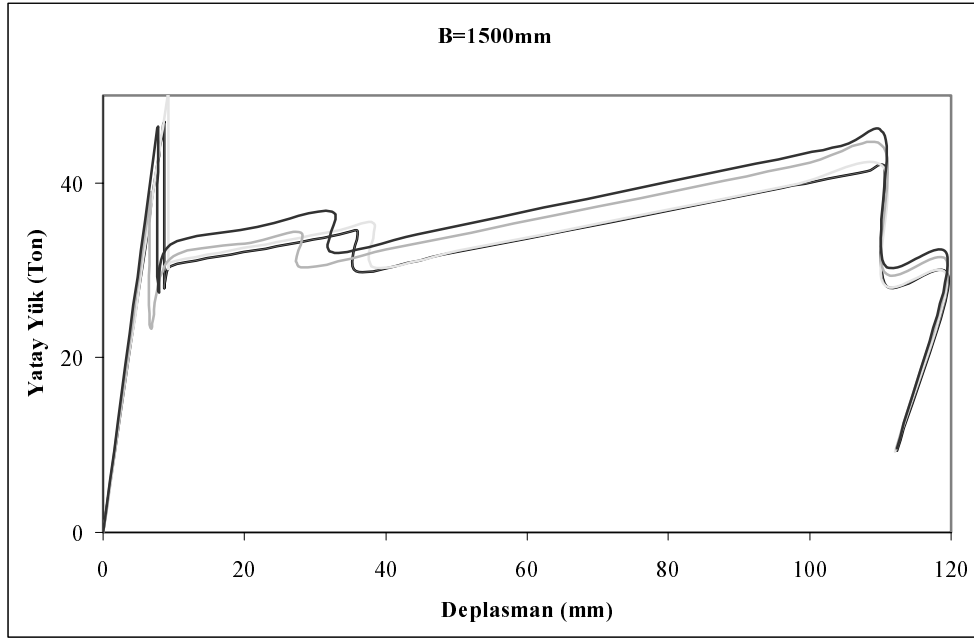
Çelik çapraz elemanları için basınç ve çekme davranışlarını yansıtacak plastik mafsallı davranış modeli FEMA-356 raporunun ilgili tablolarından alınmıştır. Bu şekilde plastik deformasyon sırasında tüketilen enerjilerin de

modellenmesi sağlanmış ve sistem suneğliği ve akma sonrası davranışı için yorum yapılabilmesi sağlanmıştır. Olası birçok elik çubuk tipi arasından her iki doğrultuda atalet yarıçapı eşit olması sebebi ile boru kesitler tercih edilmiştir.

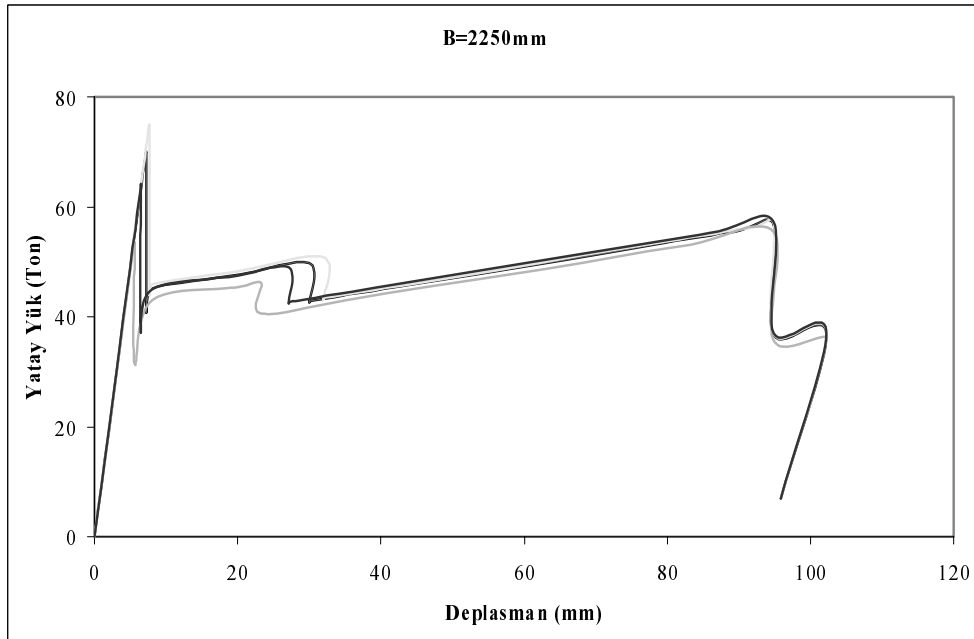
Düzlem dışı sistem davranışı etkileri ihmal edilmiş ve adım-adım artan yatay yük altında tepe deplasmanı takip edilmiştir. Bu durumda, şekil-1, şekil-7 arasında gösterilen değişken “P” yatay yükü etkisinde oluşan “Δ” yatay tepe deplasmanı değerleri grafiksel olarak hazırlanmış ve aşağıda sunulmuştur.



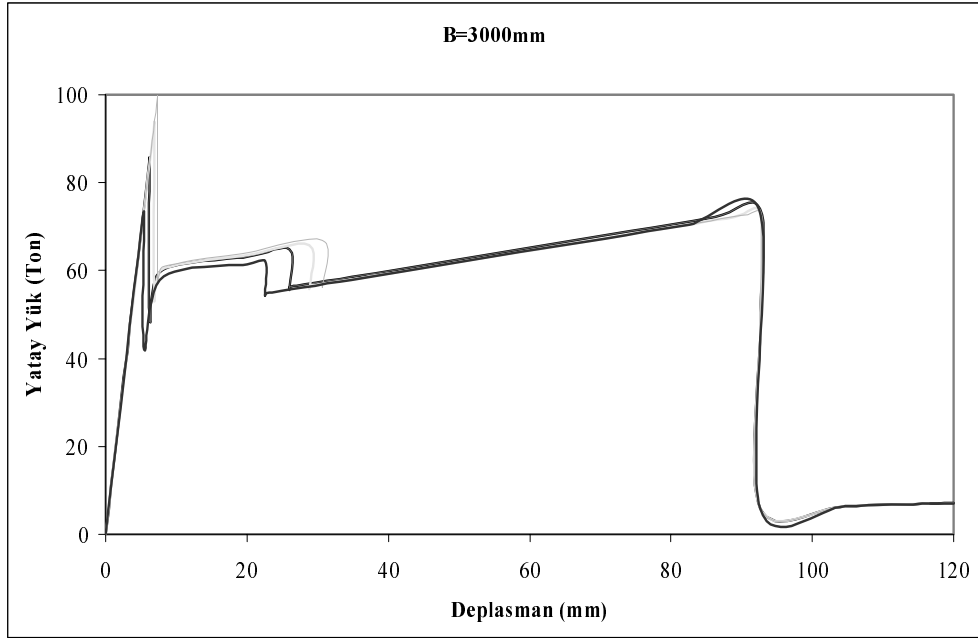
şekil-2 B=750mm H=3000mm P-Δ Eğrileri



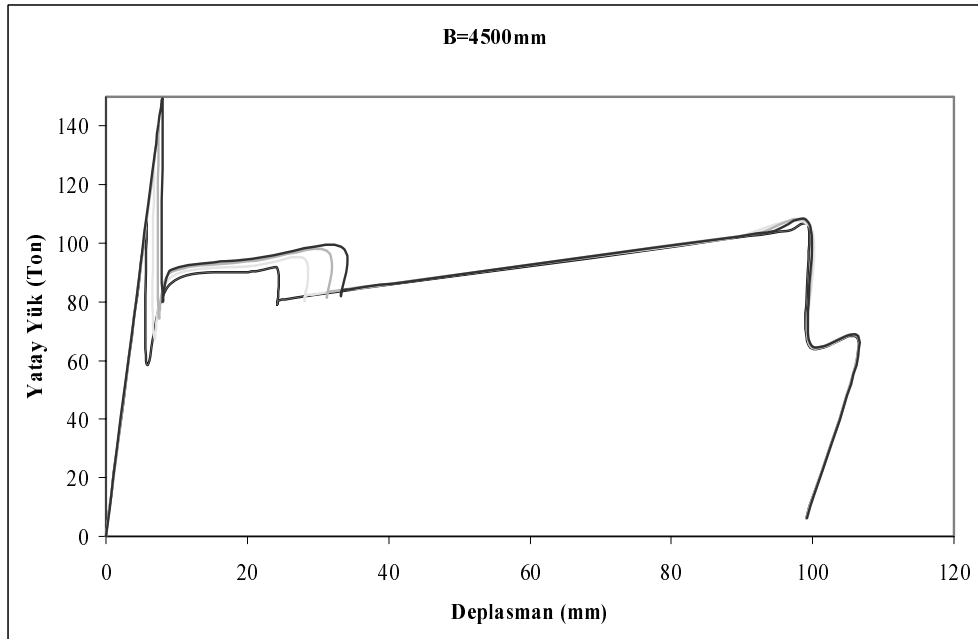
Şekil-3 B=1500mm H=3000mm P-Δ Eğrileri



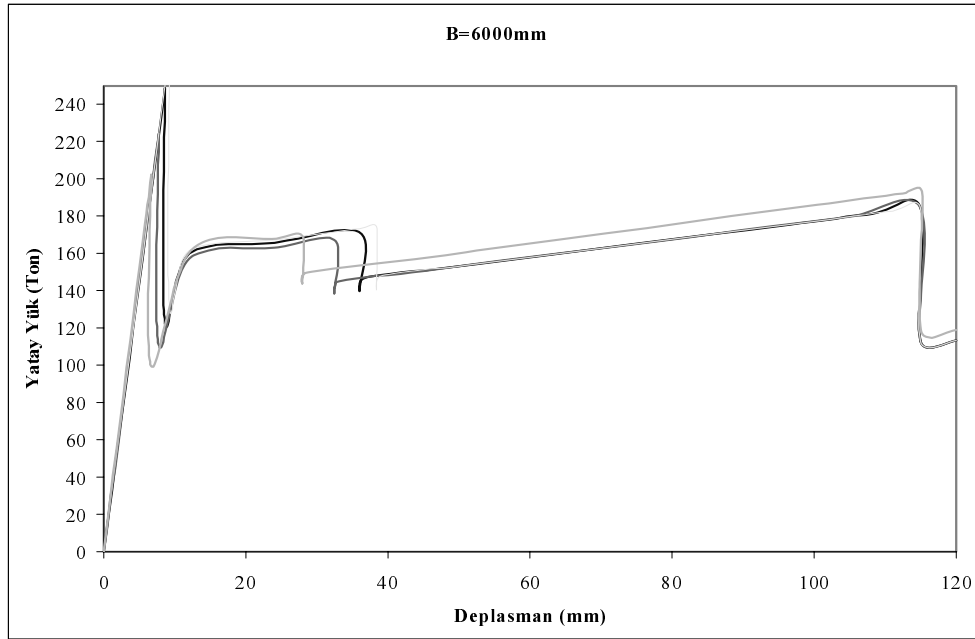
Şekil-4 B=2250mm H=3000mm P-Δ Eğrileri



Şekil-6 B=3000mm H=3000mm P-Δ Eğrileri



Şekil-6 B=4500mm H=3000mm P-Δ Eğrileri



Şekil-7 B=6000mm H=3000mm P-Δ Eğrileri

SONUÇLAR VE TAVSİYELER

Çalışmamız sonuçları değerlendirildiğinde aşağıdaki gözlemler sıralanabilir.

- Seçilen sistemler ortak bir davranış ile, yatay yük altında deformasyon yapmaya başladığında elastik bir rijitlik ile basınç çubuğunun akma ve burkulma yüküne kadar kararlı bir davranış göstermektedir. Basınç çubuğunun burkulmasını takiben %40-%50 civarında bir dayanım boşalması oluşurken, çekme çubuğunun akması ve pekleşmesi ile bunun yaklaşık %10'luk bir kısmı geri kazanılır. Sistem kararlılığı çekme çubuğu, kopma deformasyonuna ulaştığında ortadan kalkar.
- P-Δ eğrisinin şekli ve içerdiği süreksizlikler açısından sistemler birbirine benzer olmasına karşın, sistem davranışı tamamen

YATAY YÜK DAVRANIŞI ZAYIF BETONARME ÇERÇEVELERİN ÇELİK ÇAPRAZLI PERDELER İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

Kerem PEKER

İnş.Yük.Müh

Erdemli Proje ve Müşavirlik Ltd.Şti.

İstanbul / Türkiye

Nesrin YARDIMCI

Prof. Dr.

İstanbul Teknik Üniversitesi

İstanbul / Türkiye

ÖZET

Yapıların yatay yük etkisindeki davranışında ana parametreler yapının yatay dayanımı ve yatay rijitliğidir.

Ülkemizde sıklıkla karşılaşılan, sadece düşey yükler için boyutlandırılmış, ya da düşük yatay yük etkisi öngörülerek tasarlanmış betonarme çerçeveli yapı sistemlerinin güçlendirilmesinde hedef yapının davranışını tanımlayan bu iki parametrenin iyileştirilmesidir.

Bu araştırma, zayıf betonarme çerçevelerin yatay yük etkisindeki davranışının çelik çaprazlı sistemler yardımı ile iyileştirilmesi amaçlı yapılacak tasarımlara ışık tutabilmek amacı ile yapılmış bir grup parametrik çözümün derlenmesi ile oluşturulmuştur.

Farklı geometrik karakteristiklerin ve çapraz eleman narinliklerinin, sistem davranışı üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada ana amaç ekonomik bir metot ile mevcut sistemin yatay yük kapasitesinin artırılması ve yatay rijitliğinin iyileştirilmesidir.

giydirilecek bir ek elik ereve yardımı ile yük dağılımını sağlaması hem bileşik çalışmayı gerçekleştirerek ereve davranışını iyileştirir hem de bağlantı problemlerinin aşılmasını kolaylaştırır.

elik aprazlı perdeler ile güçlendirme metodu, atölyede imalatın temiz, sağlıklı ve güvenilir olması, yerinde yapı içinde yapılacak imalat ve montajın minimize edilmesi, yapı ağırlığı arttırılmadan yapıya büyük bir rijitlik ve dayanım katılabilmesi ve çapraz sistemi dışında kalan alanların boşluk olarak kullanılabilmesi sebepleri ile tercih edilebilecek metotların başında gelmektedir. Ancak sistem ve bağlantı tasarımıının dayandırılacağı sayısal ve deneysel çalışmaların yaygın olmaması uygulama örneklerinin sınırlı kalmasına sebep olmuştur. Konu ile ilgili detaylı sayısal ve deneysel çalışmalar yapılması ve özellikle bağlantı ve bileşik çalışma üzerinde durulması, elik aprazlı perdeler ile güçlendirme tasarımında, uygulamacı mühendislerin nn açacaktır.

KAYNAKLAR

1. Shahin, T., Sadek, A.W. "Seismic upgrading of gravity designed concrete frames using steel bracing", 11th European Conference on Earthquake Engineering, 1998, Rotterdam
2. Bai, J.W., "Seismic retrofit for reinforced concrete building structures", Final Report for Consequence-Based Engineering Institute, 2003, Texas
3. ASCE (2000), "Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, (FEMA 356)," prepared by American Society of Civil Engineers for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
4. Badoux, M. and Jirsa, J.O. (1990), "Steel Bracing of RC Frame for Seismic Retrofitting," *Journal of Structural Engineering*, Vol. 116, No. 1, pp. 55-74.
5. Bush, T.D., Jones, E.A., and Jirsa, J.O. (1991), "Behavior of RC Frame Strengthened Using Structural Steel Bracing," *Journal of Structural Engineering*, Vol. 117, No. 4, pp. 1115-1126.
6. Elnashai, A.S. and Salama, A.I. (1992), "Selective Repair and Retrofitting Techniques for RC Structures in Seismic Regions," *Research Report ESEE/92-2*, Engineering Seismology and Earthquake Engineering Section, Imperial College, London.
7. Goel, S.C., Masri, A.C. (1996), "Seismic Strengthening of an RC Slab-Column Frames with Ductile Steel Bracing," *11th World Conference on Earthquake Engineering*, Paper No. 506.
8. Pincheira, J.A. and Jirsa, J.O. (1995), "Seismic Response of RC Frames Retrofitted with Steel Braces or Walls," *Journal of Structural Engineering*, Vol. 121, No. 8, pp. 1225-1235.
9. Thermou, G. and Elnashai, A.S. (2002), "Performance Parameters and Criteria for Assessment and Rehabilitation," Seismic Performance Evaluation and Retrofit of Structures (SPEAR), European Earthquake Engineering Research Network Report, Imperial College, UK.

STIFFENING REINFORCED CONCRETE STRUCTURES BY STEEL BRACED INFILL SHEAR WALLS AGAINST SEISMIC LOADS

Kerem PEKER

İnş.Yük.Müh

Erdemli Proje ve Müşavirlik Ltd.Şti.

Istanbul / Turkey

Nesrin YARDIMCI

Prof. Dr.

Istanbul Technical University

Istanbul / Turkey

SUMMARY

Lateral stiffness of a structure under seismic loading conditions, is the major indicator of the structure's seismic performance.

For the reinforced concrete frame structures with low lateral stiffness due to low code seismic design and/or poor seismic engineering there are two possible ways to improve the performance; either stiffening the structure and increasing its capacity or decreasing the demand on the structure.

In this study authors will present a method of stiffening RC-frames with steel braced infill shear wall systems. Composite action of steel brace system and the reinforced concrete frame will be investigated.

Strength, stiffness and ductility properties of rehabilitated and un-rehabilitated frames will be compared and presented by pushover curves.

Proposals will be presented to improve seismic performance of the composite behavior of (RC-frame-steel brace) shear wall system.

Proposals will be presented for defining the composite wall system in fast elastic analysis, which will also consider the stiffness and ductility properties of the composite wall systems.

DÖŞEME TİTREŞİMİNE YÖNELİK TASARIM İLKELERİ VE KARŞILAŞTIRMALI İNCELEME

Mustafa ÇOBANOĞLU*

Birim Müh. Müh. Ltd. Şti.

İnşaat Mühendisi

Ankara, TÜRKİYE

Özgür AKÇA*

Birim Müh. Müh. Ltd. Şti.

İnşaat Mühendisi

Ankara, TÜRKİYE

Burak DOĞAN *

Birim Müh. Müh. Ltd. Şti.

İnşaat Mühendisi

Ankara, TÜRKİYE

ÖZET

Bu çalışmada sıklıkla karşılaşılan çelik çerçeveli döşeme sistemlerindeki titreşim sorunu incelenmiştir. Öncelikle döşemelerin dinamik yükler altındaki davranışı, ardından da döşemelerde oluşan titreşiminin karakteristik özellikleri üzerinde durulacaktır. Titreşime yönelik tasarım kriterlerinin kısa bir tarihçesinden sonra, günümüzdeki tasarım yaklaşımları ve uygulama pratikleri ortaya konacaktır. Günümüzde en çok kabul görmüş ve en kapsamlı tasarım kılavuzu olarak kullanılan AISC (American Institute of Steel Construction)“İnsan Aktivitesinden Kaynaklanan Döşeme Titreşimi”¹ ele alınacaktır. Son olarak ise, kompozit bir döşemenin dayanım ve sehime göre tasarımının titreşime yönelik kontrolünün AISC döşeme titreşim kılavuzuna göre incelendiği bir örneklere yer verilecektir. Gerekli görülen deplasman limitleri döşeme titreşimi ve oluşabilecek rezonans etkilerini kapsamamaktadır.

* Birim Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti.

Mahatma Gandhi Sokak 9/9 G.O.P., ANKARA / TÜRKİYE

Tel : +90 (312) 437 49 25 Fax : +90 (312) 437 94 11

GİRİŞ

Yapısal tasarımı belirleyen en önemli kriterlerden biri kullanılabilirliktir. Günümüzde birçok yapı insan aktiviteleri ve mekanik titreşimlerden kaynaklanan ritmik yüklere maruz kalmaktadır. Bu yapılarda kullanım yükleri altında oluşan sehimlerin yanı sıra oluşan titreşim yapının işlevini etkilemekte ve kullanılabilirliğini belirlemektedir. Ritmik yükler altındaki her tür yapıda karşılaşılabilecek titreşim sorunu kendini betonarme yapılardan daha çok çelik ve kompozit sistemlerde göstermektedir. Ülkemizde çeliğin artan önemiyle beraber uygulamalarda karşılaşılan en büyük sorunlardan biri olan titreşim daha çok döşemelerde ve taşıyıcı kirişlerde hissedilmektedir. Yapısal tasarım koşullarına ek olarak, kullanım koşulları bakımından döşeme titreşiminin de göz önünde bulundurulması, konut, iş merkezi gibi sosyal yapıların yanı sıra hassas ekipmanlar içeren yüksek teknoloji binaları için de gereklidir. Döşeme tasarımında titreşime yönelik yaklaşım ve kontrol, yapının kullanım koşullarını belirleyici niteliktedir. Sıklıkla karşılaşılan çelik yapılardaki döşeme titreşimine dair ülkemizde tasarım kriteri bulunmamaktadır. Kapasite ve sehime yönelik tasarım ilkeleri dinamik yüklere maruz kalan döşeme ve taşıyıcı elemanlarda oluşan titreşimi içermemektedir.

AMAÇ

Bu bildirinin amacı çelik taşıyıcı sistemli döşemelerdeki titreşim konusunda temel prensipleri ve basit analitik yaklaşımları sunabilmektir. Bu bildiride döşeme titreşimi konusunda kısa literatür özeti ve tarihçe sunulup, ardından temel tasarım kriterleri, çeşitli tasarım kılavuzları eşliğinde örneklerle uygulanmış ve karşılaştırılmıştır. Son olarak ise çeşitli standartların döşeme titreşimi için tasarım kriterleri ve sehim kontrolleri incelenmiştir.

TARİHÇE

Yapı anlayışımız günümüze kadar insanların deneyimlerini içererek ve evrimleşerek gelmiştir. Yapıların kullanım alanı ve koşulları değiştikçe yeni sorunlar ve farklı çözüm arayışları var olmuştur. Yapılardaki hareketli ve

ritmik yüklerin, yapı kullanma alışkanlıklarımız değiştikçe, yatay taşıyıcı elemanlarda meydana getirdiği titreşim dikkat çekici olmaya başlamıştır. Tragold (1828) kirişlerin uzun açıklıkları geçerken üzerindeki sarsılmaması için derinliğinin artırılması gerektiğini belirterek titreşim sorununa ilk kez değinmiştir. Zamanla titreşim sorunu, kitlelerin yoğunlaştığı ve beraber hareket halinde olduğu işyerleri, spor ve askeri yapılarda yapının tüm kullanılabilirliğini belirleyici hale gelmeye başlamış, hatta rezonans yapıları tehdit eder olmuştur. Döşeme rijitliği ve rezonans çelik taşıyıcılı döşeme sistemlerinde, basit köprülerde ve yaya geçitlerinde önemsenmeye başlanmıştır. Konutlarda döşeme deplasmanı 2 kPa yük altında, açıklığın 360'da biri ($L/360$) olarak sınırlandırılmıştır. AISC (1989) asma tavanlı çelik kirişli döşemelerde $L/360$ sınırlamasını titreşim kontrolünde hala kullanmaktadır. Daha iyi rijitlik kriteri olarak döşemenin 1 kN'luk noktasal yük altındaki deplasmanı 1 mm ile sınırlandırılmıştır. Ancak son yıllara kadar yürüme ve ritmik yüklerden kaynaklanan rezonans ihmal edilmiştir. 1960'larda standartların öngördüğü rijitlik kriterine rağmen döşemelerde titreşim problemi devam etti. Lenzen (1966), döşeme sisteminin sönümlenmesinin ve kütesinin, sistemin rijitliğinden çok daha önemli olduğunu ortaya koydu. Deplasman kontrolüne ek olarak ivmeye dayalı yeni bir yaklaşım geliştirilmeye başlandı. Döşemenin kütle ve sönümlenmesinin, dinamik davranışına etkisini basit bir ampirik tasarım kriterine dönüştürebilmek için Allen ve Rainer (1976) darbeye dayalı etki-tepki deneylerini yayımlamışlardır. 1981'de Murray birçok döşemede benzer deneyler yürütüp ve Allen ile birlikte 1993'te yürüme etkisi altında gerekli döşeme özellikleri ve tasarım metodunu açıkladılar. Bu deneylerin sonuçları Kanada Standartlar Enstitüsü (CSA), İngiliz Standartlar Enstitüsü (BSI) tarafından çelik yapıların tasarım kriterinde kullanılmaktadır.

ÇELİK TAŞIYICI SİSTEMLİ DÖŞEMELERİN DOĞAL FREKANSI

Çelik çerçeveli döşeme sistemleri genellikle iki yönlü ve birkaç farklı titreşim moduna sahip sistemlerdir. Döşeme sistemlerinin doğal frekansı sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak modal analiz sonucu bulunabilir. Fakat tüm yapının analizi veya yerel etkilerin de hesaba katılması bu

yaklaşımı karmaşıktırdığından dolayı döşemeler için doğal frekans hesabının basitleştirilmesi yerindedir.

Döşemeler için en kritik modal davranışın aşıklar ve kirişlerle beraber düşey hareketlenme olduğu öngörülebilir. Döşeme sisteminin rijitliği düşeyde tek yönlü bir serbestlik derecesine indirgenerek hesaplanabilir. Rijitliğin doğrusal yay sabiti olduğu hatırlanırsa, aşık ve kirişlerle mesnetlenen döşeme plağının doğal frekansı, aşık ve kirişlerin modal davranışı ayrı ayrı dikkate alınıp sonra birleştirilerek bulunur. Tüm bu sistemi düşeyde taşıyan kolonların da düşeydeki ötelenmeye etkisi göz önünde bulundurulmalıdır. Aşıkların veya kirişlerin döşemeyle beraber davranışı kompozit kesit olarak düşünülmelidir. Bu kompozit kesitlerle modellenen aşık ve kirişlerin doğal frekansları düzgün yayılı yüklenmiş basit mesnetli kiriş olarak düşünüldüğünde;

$$f_n = \frac{\pi}{2} \left[\frac{g \cdot E_s \cdot I_t}{w \cdot L^4} \right]^{1/2} \quad (1)$$

f_n : Doğal frekans, (Hz)

g : Yerçekimi ivmesi, (9.86 m/s²)

E_s : Çelik elastisite katsayısı

I_t : Dönüştürülmüş atalet momenti, kesme etkileri altındaki etkin atalet momenti

w : Birim mesafede düzgün yayılı yük (Servis yükü)

L : Eleman uzunluğu

Denklem (1) düzgün yayılı yük altındaki kirişin maksimum sehimini

$$\Delta = 5/384 \cdot w \cdot L^4 / E_s \cdot I_t$$

ile yeniden yazıldığında.

$$f_n = 0.18 \sqrt{\frac{g}{\Delta}} \quad (2)$$

Döşeme sisteminin aşıklar ve kirişlerle beraber çalışan kompozit aşıklar-panel ve kiriş-panel elemanlarına indirgenmesiyle denklem (3)'daki gibi doğal frekans hesaplanır. Yüksek binalarda düşey kolonların frekansı ritmik yükler altında rezonans yaratabilecek kadar azdır. Bu tür yapılarda kolonlar ayrıca ele alınmalıdır. Denklem (4)'e kolonlardan kaynaklanan sehimde eklenerek sistemin doğal frekansı bulunur.

$$\Delta_j = \text{maksimum aşıklar sehim} \quad f_n = 0.18 \sqrt{\frac{g}{\Delta_j + \Delta_g}} \quad (6)$$

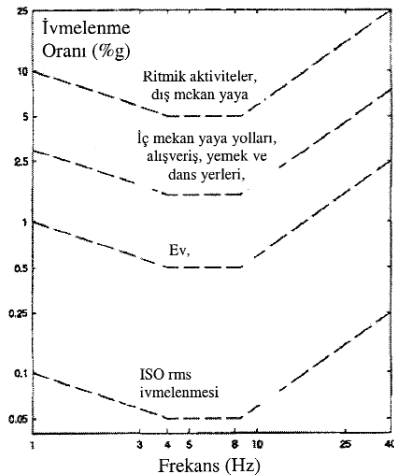
$\Delta_g = \text{maksimum kiriş sehim}$
 $\Delta_c = \text{eksenel kolon kısalması}$

$$f_n = 0.18 \sqrt{\frac{g}{\Delta_j + \Delta_g + \Delta_c}} \quad (7)$$

TİTREŞİM KABUL KRİTERLERİ

ISO (International Standard Organization) insanların ivmelenmeye hassasiyetinin, yatayda 0 – 2 Hz aralığında, düşeyde ise 4 - 8 Hz aralığındaki titreşimlerde maksimum olduğunu kabul eder. Yapıların kullanılabilirliğinde yapıların frekansına yakın olan düşey titreşim esas belirleyicidir. İnsanların döşeme titreşimine hassasiyeti algı seviyelerinden yaşlarına, beklentilerinden uğraştıkları işlere göre farklılıklar gösterir. Ev ve işyerindeki insanlar algısal %0.5 yerçekimi ivmesine kadar hassasken, aktivite içindeki kişiler 10 kat daha fazla ivmeyi (%5 g) algılayamıyor. Allan ve Murray (1993) deneyleri sonucunda şekil 1'deki dinamik yük titreşiminin ivmelenmesine oranının insanların hassasiyetine göre tasarım kriteri olarak sınır değerler getirmişlerdir.

Dinamik yüklerin ivmelenme oranı, zamana göre değişen bu yükün karelerinin toplamının karekökü alınarak bulunan rms (root mean square) değerinin yerçekimi



Şekil 1 : İnsan hassasiyeti için tavsiye edilen ivmelenme oranı

ivmesine oranıdır. ISO (International Standard Organization) Allen ve Murray'ın bu çalışmalarını standart olarak kabul etmiş ve bu na göre referans eğresi belirlemiştir. Bu referans eğresini konut ve işyerleri için 10, alışveriş yerleri için 30, ritmik aktiviteler için 100 katına çıkarılarak tasarım sınırlamaları getirilmiştir.

Murray çok sayıda döşeme üzerinde yaptığı darbe testleri sonucunda döşeme titreşiminin genliğinin döşemenin doğal frekansı ile olan ilişkisini amprik olarak modeller. Döşemenin düşeyde ivmelenmesiyle, döşemenin rijitliği arasında bir ilişki kurmuş olur. Deneylerinden sentezlediği ve tablolastırdığı doğal frekans, f_n ve dinamik yük faktörü (DLF) ilişkisini döşemenin sönümlenmesini belirlemekte kullanır. Döşeme için gerekli minimum sönümlenme oranını bulup, şekil 2 yardımıyla bulunabilecek mevcut sönümlenmeyle kıyaslayarak döşeme tasarımını kontrol etmeyi amaçlar. Şekil 3 yardımıyla tasarımcıya gerekli sönümlenme oranına göre tasarımını kıyaslama olanağını verir.

Kaynak	Sönümlenme	Açıklama
Sade döşeme	1% - 3%	Hafif betonlu ince döşemeler için alt sınır, Normal ağırlıktaki kalın beton döşemeler için üst sınır
Tavan	1% - 3%	Asma tavanlar için alt sınır, Kirişlere tutturulmuş taş kaplama için üst sınır
Mekanik Sistemler	1% - 10%	Eşya ve ekipman miktarına ve cinsine göre değişir
Bölme Duvarlar	10% - 20%	Bölme duvarların döşemeye en az üç noktadan tutturulduğu ve en az her beş döşeme girişinde bir bölme duvar olmak koşulu ile;

Şekil 2 : Mevcut döşeme sistemi sönümlenme oranları için tavsiye edilen aralıklar

Eğer döşemenin mevcut sönümlenme oranı 8%'den büyük veya doğal frekansı 10 Hz'den büyük ise döşeme zaten yeterlidir. Bunun dışındaki durumlarda mevcut sönümlenme oranı aşağıdaki gibi bulunabilecek gerekli sönümlenme oranıyla kıyaslanır.

$$A_{ot} = (DLF)_{\max} \times \frac{L^3}{80.E.I_t} \quad (8)$$

$$N_{eff} = 2.97 - 0.0578 \cdot \left(\frac{S}{d_e} \right) + 2.56 \times 10^{-8} \cdot \left(\frac{L^4}{I_t} \right) \quad (9)$$

$$A_o = \frac{A_{ot}}{N_{eff}} \quad (10)$$

$$D_{reqd} = 35 \cdot A_o \cdot f_n + 2.5 \quad (11)$$

$$D_{reqd} \leq D_{avail} \rightarrow \text{Döşeme yeterlidir.}$$

$$D_{reqd} \geq D_{avail} \rightarrow \text{Döşeme yeterli değildir}$$

A_{ot} : Kirişin maksimum genliği

A_o : Dönüştürülmüş kirişin maksimum genliği

DLF : Dinamik yük faktörü, (Murray'ın amirik tablosundan)

N_{eff} : Toplam etkin kiriş sayısı

S : Kiriş açıklığı

d_e : Etkin kiriş derinliği

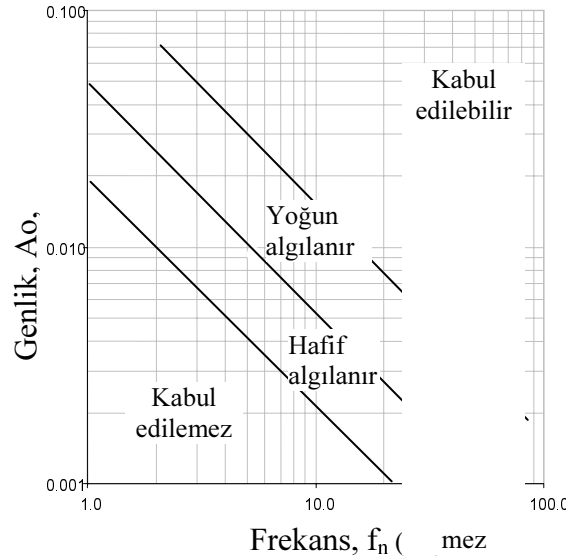
f_n : doğal frekans

Gerekli Sönümlenme aralığı	Açıklama
$D_{reqd} < 3.5 \%$	Döşeme sistemi, hiçbir bölme duvarlar olmasa bile yeterlidir.
$3.5 \% < D_{reqd} < 4.2 \%$	Tasarımcı ofis yerleşimini ve kullanımını dikkatlice gözden geçirmelidir.
$4.2 \% < D_{reqd}$	Tasarımcı sönümlenmenin kaynağını kesin olarak belirlemeli veya yapay ek bir sönümleyici sağlamalıdır. Gerekirse döşeme yeniden tasarlanmalıdır.

Şekil 3 : Gerekli Sönümlenme Oranı Kıyaslama Tablosu

Lenzen (1960), Reiher-Meister'in 1931'deki insanın titreşim algısı üzerine yaptıkları çalışmaların geliştirerek, sönümlenme oranı 5%'den küçük olan döşeme sistemlerinde doğal frekans ve salınım genliği (sehim)

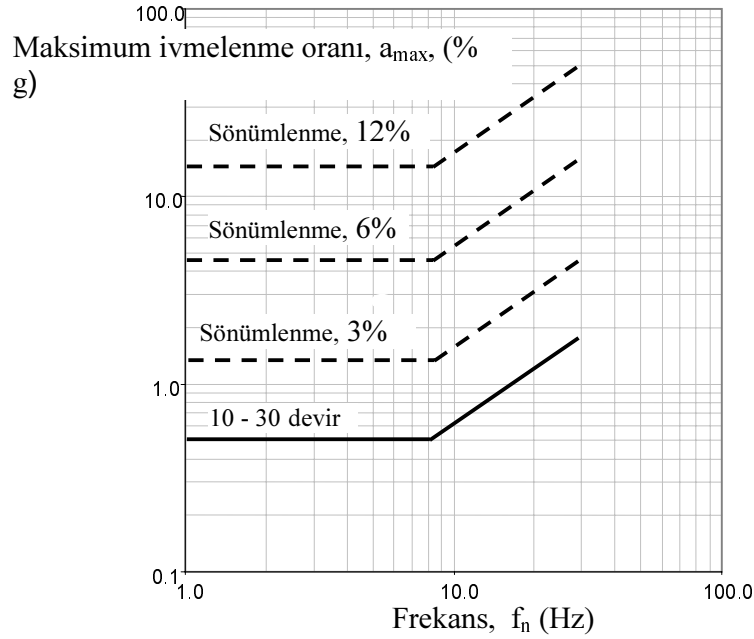
parametrelerini insanın algısına göre sınıflandırdı. Şekil 4’de görülebilecek Geliştirilmiş Reiher-Meister ölçeğiyle, Murrey denklemlerinden elde edilebilecek titreşim genliği, A_o ve doğal frekansa göre döşemeler için sönümlenmeyi içermemesine rağmen geçerli bir değerlendirme yapılabilir.



Şekil 4 : Geliştirilmiş Reiher- Meister algılanabilirlik ölçeği

Allen ve Reiner döşeme titreşimine yenilik getirerek titreşimin ivmelenmesinin etkisi üzerinde durdular. Maksimum ivmelenmeyi doğal frekans ve sönümlenme oranı cinsinden ifade eden çalışmaları CSA (Canadian Standard Association) (S16.1-1974 Steel Structure for Buildings – Limit State Design) ek olarak alındı. Maksimum ivmelenme, $a_{\max}$ salınım genliği, A_o ve harmonik döşeme tepkisinin doğal frekansın fonksiyonu olarak aşağıdaki gibi bulunur ve şekil 5’deki CSA döşeme titreşim kriterine göre kontrol edilir..

$$a_{\max} = (2.\pi.f_n).A_o \quad (12)$$



Şekil 5: CSA döşeme titreşim kriterin

AISC (American Institute of Steel Construction), CSA'nın kabul ettiği ivmeye ve frekansa dayalı döşeme titreşim kontrolünü geliştirerek ve Murrey çalışmalarını içererek 1997'de "İnsan Aktivitesinden Kaynaklanan Döşeme Titreşimi"¹ başlıklı kapsamlı bir tasarım kılavuzu yayımladı.

Bu kılavuzda maksimum ivmelenmenin rezonans altında olduğu durumlarda, döşeme ivmelenmesi aşağıda belirtildiği gibi bulunup, kabul edilebilir sınırlar içinde olup olmadığı kontrol edilir.

$$\frac{a}{g} = \frac{R \cdot \alpha_i \cdot P}{\beta \cdot W} \cos(2 \cdot \pi \cdot i \cdot f_{step} \cdot t) \quad (12)$$

a / g : döşeme ivmelenme oranı

P : Kişinin ağırlığı, (tasarım için 0.7kN alınır)

α_i : i 'inci harmonik kuvvet için dinamik yük katsayısı

i : Adım frekansının harmoniği

f_{step} : Adım frekansı

R : Azaltma katsayısı
(yaya yolları için 0.7, döşemeler için 0.5)

β : Modal sönümlenme

W : Etkili döşeme ağırlığı

Yürümeden kaynaklanan maksimum ivmenin birinci harmonikte olması ve dinamik katsayı α_i ve frekans f , arasındaki ilişki $\alpha = 0.83.\exp(-0.35.f)$ şeklinde sadeleştirildiğinde.

$$\frac{a_p}{g} = \frac{P_0 \cdot \exp(-0.35.f_n)}{\beta.W} \leq \frac{a_0}{g} \quad (13)$$

a_0 / g : döşeme ivmelenme oranı

a_p / g : Limit ivmelenme oranı

P_0 : Sabit yük (döşemeler için 0.29 kN, yaya yolları için için 0.41 kN)

f_n : Döşeme doğal frekansı

Doğal frekansı 3 Hz'den küçük döşemeler kesinlikle kabul edilemezdir. Birçok yapı için 4–8 Hz aralığı tavsiye edilir. AISC'ye göre doğal frekansı 3–20 Hz aralığında olan döşemelerde şekil 1'deki Murrey'in 4–8 Hz aralığı için tavsiye ettiği maksimum ivmelenme oran kullanılır. Spor salonu gibi özel yapılarda doğal frekansın 5 Hz'ten büyük olması tavsiye edilir. Döşeme doğal frekansı 9'den büyükse adım vuruşlarının darbe etkisi rezonanstan daha kritik olur. Doğal frekansın daha büyük olabileceği durumlarda, tüm kesit boyunca minimum 1 kN/mm rijitlik koşulu getirilmiştir.

ÖRNEK UYGULAMA

Kaba inşaatı tamamlanmış bir iş merkezi binasında bazı döşemelerde titreşim sorunuyla karşılaşmıştır. Binanın döşeme sistemi, çelik çerçeveli taşıyıcı sistem ve trapez sac üstüne beton uygulanarak kompozit bir döşemedir. Döşeme frekansı 5.2 Hz olarak bulunmuştur.

Pratikte bu frekanstaki bir döşemede titreşim olmaması gerekmektedir.

Murrey sönümlenme kriterine bakılırsa;

Kiriş uzunluğu, $L = 12.8$ m

Kiriş aralığı, $S = 1$ m

$$\begin{aligned}
\text{Etkin döşeme derinliği, } d_e &= 7.2 \text{ cm} & A_{ot} &= 0.8 \text{ cm} & \text{denklem (8)'den} \\
\text{Kompozit } I_t &= 50485 \text{ cm}^4 & N_{eff} &= 3.53 & \text{denklem (9)'dan} \\
\text{DLF} &= 0.7337 & A_o &= 0.02 \text{ cm} & \text{denklem (10)'dan} \\
A_{ot} &= 0.8 \text{ cm} & D_{reqd} &= 4.2 \text{ \%g} & \text{denklem (11)'den}
\end{aligned}$$

Mevcut sönümlenme oranı şekil 2'nin yardımıyla

$$D_{avail.} = 3\% \text{ döşeme} + 1\% \text{ asma tavan} + 1\% \text{ mekanik sistemler} \approx 5\%$$

Mevcut sönümlenme oranı gerekli sönümlenme oranından yüksektir.

Döşeme Murrey kriterini sağlamaktadır.

Şekil 4'teki geliştirilmiş Reiher- Meister algılanabilirlik ölçeğine göre, maksimum salınım genliği, $A_o = 0.02 \text{ cm}$ ve doğal frekansı 5.2 olan döşemede hafif salınım hissedilebilir.

Denklem (12) yardımıyla döşemedeki maksimum ivmelenme 2.6 %g olarak bulunabilir. Şekil 5'teki CSA döşeme titreşim kriterine bakılırsa, Murrey kriteri için gerekli sönümlenme oranı için maksimum ivmelenme 3.1 %g olarak bulunabilir. Döşeme sistemi, CSA döşeme titreşim kriterine uygundur.

Döşeme tasarımı titreşim kriterlerine uygundur. Binanın kaba inşaatı sırasında titreşim gözlemlenmiştir. Döşemedeki ince malzemelerin ve bölme duvar, asma tavan, mekanik sistemler gibi sönümleyici elemanların binanın kaba inşaatında olmayışından olayı titreşim sorunun oluştuğu düşünülmüştür. Bina tamamlandıktan sonra titreşimin ortadan kalkması bu düşüncenin doğru olduğunu göstermiştir.

SONUÇ

Döşemelerde oluşabilecek titreşim sorunu tasarım aşamasında iken yapılabilecek kontrollerle rahatlıkla önlenabilir. Yapının işlevi gereği titreşime neden olan yüklere maruz döşemelerde, başta döşeme taşıyıcı elemanlarının doğal frekanslarının belirli bir aralıkta tutulması olmak üzere, mimari detaylar, malzemelerin özellikleri titreşimi engelleyebilmektedir. Bu kapsamda kullanılan asma tavanlar, bölme duvarlar ve bina içindeki döşemeye bağlı tesisatlar ve aksesuarlar döşeme titreşimin enerjisini soğurmakta ve titreşime engel olmaktadır. Mimari detaylar içinde özellikle bölme duvarlar döşeme titreşimini engelleme konusunda diğerlerine göre üç-dört kat daha etkindirler.

Daha tasarım aşamasında yapının işlevi ve mimarisi göz önüne alındığında karşılaşılabilecek döşeme titreşimi potansiyeli basit önlemlerle giderilebilir. Uygulama örneğinde de görüldüğü gibi, titreşimi ortadan kaldırmak için sadece taşıyıcı sistem elemanlarını güçlendirmek etkili ve ekonomik bir çözüm olmamaktadır. Kaldı ki belli bir doğal frekansın üstüne çıkan elemanlarda da dinamik yüklerin darbe etkisi farklı bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, yapı taşıyıcı sisteminin 4-8 Hz doğal frekans aralığında tutulması, titreşimin önlenmesi için yukarıda belirtilen diğer mimari ve tesisat enstrümanlarından yararlanılması doğru ve gereklidir.

KAYNAKLAR

1. AISC Steel Design Guide Series 11, "Floor Vibrations Due to Human Activity", 2nd
2. AD 256: "Design considerations for the vibration of floors" – Part 3 New Steel Construction, Vol 10, No. 2
3. HICKS, S. J., KING, C. M. and DEVINE, P. J. "Design guide on the vibration of the floors", SCI, Second Edition
4. IRC, Institute for Research in Construction, http://nrc-cnrc.gc.ca/practice/gen4_E.html
5. "Design Practice to Prevent Floor Vibrations", Frazad Naeim, Ph.D., S.E.

DESIGN CRITERIES FOR FLOOR VIBRATION AND COMPARATIVE STUDY

ABSTRACT

In this article, basic design principles for floor vibration problem on steel frame systems were considered. Modal behaviours of the slab under vertical loads and on the dynamic response of the slab were discussed. After the historical background of the floor vibration and the fundamental definitions were presented, different design practices and design guides were discussed to give the concept of the floor vibration control. For floor vibration control, Murrey's Acceptability Criterion, Modified Reiher-Meister Scale, CSA Scale (Canadian Standard Association) ve AISC (American Institute of Steel Construction) Design Guide Series 11 "Floor vibration due to Human Activity" were gone over. Acceleration and the displacement controls were explained as a basic design parameter. After all, a composite slab was discussed as a case study of the floor vibration. To satisfy the serviceability and human comfort, structural designs should be checked for floor vibration.

ÇELİK VE PREFABRİK HANGAR YAPILARDA İNŞAAT MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ninel ATA
(Ar. Gör.)

Ayhan NUHOĞLU
(Yrd. Doç. Dr.)

Hikmet AYDIN
(Prof. Dr.)

Ege Üniv. Müh. Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü
Bornova, İzmir / TÜRKİYE

ÖZET

Çelik ve prefabrik betonarme olarak dizayn edilmiş olan benzer hangar yapılarının ilk inşa maliyetleri araştırılmış ve elde edilen sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışma kapsamında 15, 20, 25, 30, 35 metre açıklıklığa, 6, 9 metre yükseklikte olmak üzere toplam 10 adet hangar tipi yapı çelik ve prefabrik olarak dizayn edilmiştir. Benzer yapısal özellikler esas alınarak analiz edilen yapıların İzmir ilinde inşa edilecekleri düşünülmüştür. Böylece elde edilen taşıyıcı sistem boyutlarına göre gerekli keşifler yapılarak ilk inşa tutarları hesap edilmiştir. Maliyet tespiti yürürlükte olan resmi birim fiyatlar ve inşaat bölgesindeki piyasa fiyatları dikkate alınmıştır. Çalışma kapsamında seçilerek incelenen yapılar için elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, prefabrik hangar yapısının çelik hangar yapısına kıyasla %16-36 arasında değişen oranlarda daha ucuza inşa edilebildiği görülmüştür. Bununla birlikte yapıların ekonomik ömürleri, bakım masrafları, geri dönüşüm özellikleri ve depreme karşı davranışları dikkate alındığında, çelik taşıyıcı sisteme sahip hangar yapılarının uzun zaman diliminde daha avantajlı olacağı değerlendirilmiştir.

1. GİRİŞ

Farklı alternatifler arasından uygulanmasına karar verilecek yapı tipinin seçilmesine etki eden birçok faktör vardır. Bunlardan güvenlik, uygulanabilirlik, fonksiyonellik, estetiklik, inşa ve kullanım süreleri gibi parametreler başlıca olanlardır. Fakat tüm bunlara bağlı olarak sonuç değerlendirmede ekonomiklik esas unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüz yapı mühendisliğindeki büyük yapıları, taşıyıcı sisteminde kullanılan malzemeye göre betonarme, çelik veya betonarme-çelik karma olmak üzere üç sınıfta toplamak mümkündür. Betonarme sınıfında yer alan prefabrik yapılar ülkemizde özellikle son yıllarda çelik yapılara da alternatif olarak sıklıkla tercih edilmektedir. Uygulayıcılar yapılacak yapının türüne, kullanım amacına ve boyutlarına göre hangi tip taşıyıcı sistemi seçeceklerini geniş kapsamlı olarak değerlendirerek karar vermelidir. Sürekli olarak gelişen ve değişen ülkemiz inşaat sektörü koşullarında her yönden uygun yapı tipinin seçilmesiyle genel kapsamda ve uzun vadede önemli katkıların sağlanacağı aşıkardır.

Bu çalışmada, benzer geometrik özelliklere sahip hangar tipi çelik ve prefabrik betonarme yapıların ilk inşa maliyetleri araştırılmış ve elde edilen değerler karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Açıklıkları 15m, 20m, 25m, 30m ve 35m, yükseklikleri 6m ve 9m olan farklı boyutlardaki 10 adet hangar, çelik ve betonarme prefabrik olarak dizayn edilmiş ve taşıyıcı sistemlerinin statik, çelik ve betonarme hesapları aynı dış yük verileri için gerçekleştirilerek, imalat projesine esas olarak boyutlandırılmıştır. Yapıların boyutları belirlenirken her iki tip taşıyıcı sistemin de yaygın olarak kullanılabilir olacağı düşünülmüştür. Yapısal analizler yürürlükte olan mevcut yönetmelikler kapsamında yapılmıştır. Söz konusu yapılar İzmir ili dahilinde inşa edileceği kabul edilmiştir. Fiyatlandırmada yalnızca taşıyıcı sistem ile ilgili olan temel, kolon, makas ve bağlantı elemanları gibi elemanlar dikkate alınmıştır.

Çalışmanın amacı, ülkemiz mevcut koşullarında çelik ve prefabrik betonarme yapılar arasında çeşitli boyutlar için ekonomiklik kıyaslaması yapabilmektir. Genellikle depo, fabrika veya atölye gibi sanayi amaçlı veya sergi, alışveriş ve

gösteri mekanları oluşturmak için kullanılan hangar tipi yapılar özellikle büyük açıklıklar durumunda çelik veya prefabrik betonarme olarak inşa edilmektedir. Çalışmada incelenen örnek yapıların içinde yatay ve düşey taşımaları sağlayan 10 ton kapasiteli kren sistemi dikkate alınmıştır. Farklı açıklık ve yükseklik değerlerine sahip taşıyıcı sistemlerin seçilmesindeki amaç maliyet değişiminin yapı boyutuyla olan ilişkisi hakkında da fikir edinebilmektir.

2. ÇALIŞMA YÖNTEMİ

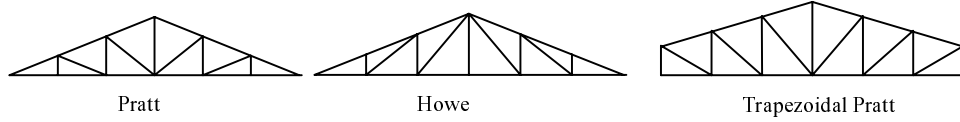
Çalışma, değişik boyutlardaki çelik ve prefabrik betonarme hangar yapılarına ait bir dizi yapısal hesapları ve bu analizler sonucunda boyutlandırılan yapıların taşıyıcı sistemlerine ait ilk inşaat maliyeti keşiflerini içermektedir.

2.1. Hangarın Yapısal Özellikleri ve Analizleri

Ülkemizdeki çelik taşıyıcı sistemler genellikle fabrika, atölye, depo, gösteri ve sergi salonu gibi yapılarda kullanılmaktadır(Çelebi, 1975). Bu amaçlarla inşa edilen ve hangar olarak da adlandırılan yapılarla sıklıkla karşılaşmaktadır. Çalışmada incelenen yapılarda bu amaçlarla kullanılabilecek tüm yapı elemanları göz önünde bulundurulmuştur. Hangarlarda çoğunlukla yapı içerisinde yatay ve düşey taşıma, yükleme ve boşaltmaların yapılmasını sağlayan kren sistemi kullanılmaktadır. Yük hesaplarında 10 ton kaldırma kapasiteli bir krenin çalışacağı düşünülmüştür. İncelenen hangarlarda birkaç farklı açıklığın ve yüksekliğin seçilmesindeki amaç, bu parametrelere bağlı olarak hangi malzeme ile yapılan yapının daha ekonomik olacağının tespit edilmesidir. Hangarlar 15, 20, 25, 30 ve 35 metre olmak üzere beş farklı açıklık ve her biri için 6 ve 9 metre olmak üzere iki farklı yüksekliktedir. Aktif olarak kullanılacak hacimlerin de hem prefabrik betonarme çözümde hem de çelik çözümde aynı olması gerektiğinden çatı eğimleri de aynı kabul edilmiştir. 15, 20 ve 25 metre açıklıklar için çatı eğimi % 10, 30 ve 35 metre için % 8'dir. Makas aralıkları prefabrik betonarme uygulamada genellikle 6 metre tercih

edildiğinden tüm sistemlerde makaslar arası mesafe için bu değer alınmıştır. Dolayısıyla plandaki makas toplam sayısı 11 adet ve boyuna doğrultudaki toplam uzunluk ise 60 metredir.

Celik hangarlar: Çatı makasları düzlem kafes sistem olarak seçilmiştir. Şekil 1. de görülen Howe, Pratt ve Trapezoidal Pratt tipi çelik çatı makasları, 35metreye kadar olan açıklıklarda ve düşük çatı eğimlerinde uygun çözümler vermektedir (Hibbeler, 1999). Bu üç makas tipinden hangisinin tercih edileceğinin tespiti, her bir makas için yapılan statik, kesit ve ağırlık hesaplamaları sonucunda belirlenmiştir. Çatı makası kolon birleşimi her iki mesnet noktasında da mafsallı olarak düşünülmüştür.



Şekil.1 İncelenen çelik kafes makaslar

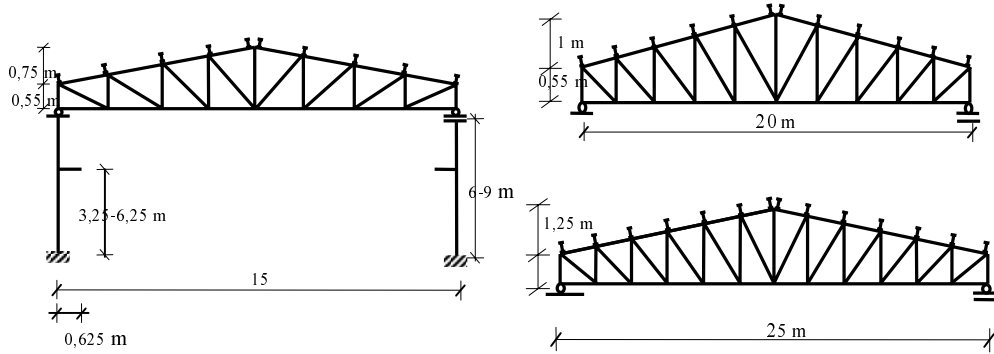
Kolonlar temellere ankastre olarak bağlanmıştır.Yapıların en dışında bulunan akslarda kafes kiriş yerine dolu gövdeli kirişlerden oluşan yatay ve düşey elemanlarla desteklenmiş kalkan duvar dizayn edilmiştir. Binanın yatay yöndeki stabilitesini sağlamak amacıyla çatı düzleminde ve yan duvarlarda 1-2, 5-6, 9-10. akslar arasına yatay stabilite bağlantıları yerleştirilmiştir.

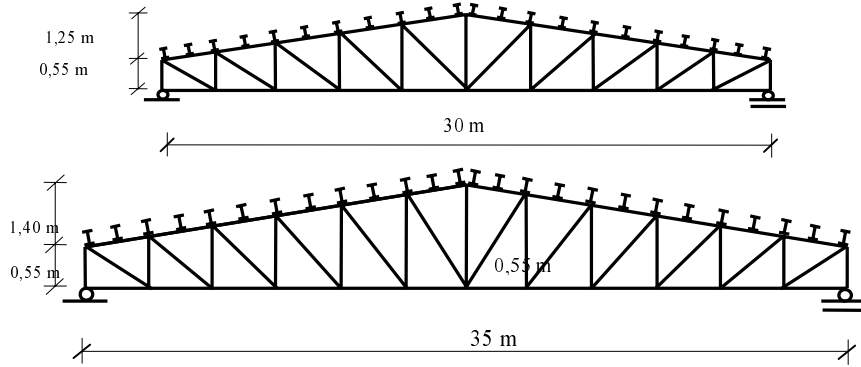
Çatı kaplama malzemesi olan alüminyum sandviç panelin zati ağırlığı ve kar yükü altında geçilebilecek maksimum açıklıklara göre aşık aralığı belirlenmiştir. Aşıklar planda sürekli kiriş olarak çalışmaktadır. Gerekli yerlerde ek yapılacaktır. Aynı zamanda aşıkların çatı eğimi doğrultusunda sehimini azaltmak ve dolayısıyla aşık kesitlerini küçültmek amacıyla, iki aks arasında üçte bir noktalardan gergi çubukları kullanılmıştır.

Her bir açıklıktaki çatı makasında en ekonomik olan kafes sistemi tayin edebilmek amacıyla dikmeler arası uzaklıklar farklı şekilde seçilmiştir. Bu seçimde kullanılan çatı kaplama malzemesinin emniyetli geçebileceği

maksimum mesnet mesafesi dikkate alınarak kafes sistemler aşağıda belirtilen şekillerde oluşturulmuştur.

20 ve 25 metre açıklıklarda kafes sistem dizayn edilirken, ilk alternatif olarak aşıkların dikme-diyagonal birleşimleri üzerinde olduğu, İkinci alternatif olarak aşıkların hem dikme diyagonal birleşimleri üzerinde hem de iki düğüm noktasının (üst başlıktaki) tam ortasında olduğu düşünülmüştür. 30 ve 35 metre açıklıklarda kafes sistem dizayn edilirken aşıkların hem dikme diyagonal birleşimleri üzerinde hem de iki düğüm noktasının tam ortasında olduğu düşünülmüştür. Ekonomik olanın bulunabilmesi için bu şekilde farklı iki dikme aralığı dikkate alınarak iki sistem dizayn edilmiştir. 15 metre hariç her bir açıklık için ikişer tip kafes sistem dizayn edilmiştir. Her bir açıklıkta iki farklı sistem için aşık aralıklarına bağlı olarak aşık kesitleri belirlenmiştir. Her bir açıklık için seçilen kafes sistemler öncelikle basit mesnetli kiriş olarak çözülmüşlerdir. Böylece 15 metre açıklık için üç, 20, 25, 30 ve 35 metre açıklıklar için altışar kafes sistem bütün yüklemeler göz önünde bulundurularak SAP2000 paket programı yardımı ile statik olarak analiz edilmiştir. Statik analizler ülkemizdeki mevcut standartlar ve yönetmelikler dahilinde hazır bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır. Yük analizinde zati, tam kar, yarım kar, rüzgar, kren, kren freni ve deprem yükleri dikkate alınmıştır. Yapılar 1. derece deprem bölgesi dahilindedir. Zemin sınıfı Z2, zemin emniyet gerilmesi 18t/m^2 , don derinliği 80cm, kar yükü 75 kg/m^2 alınmıştır.



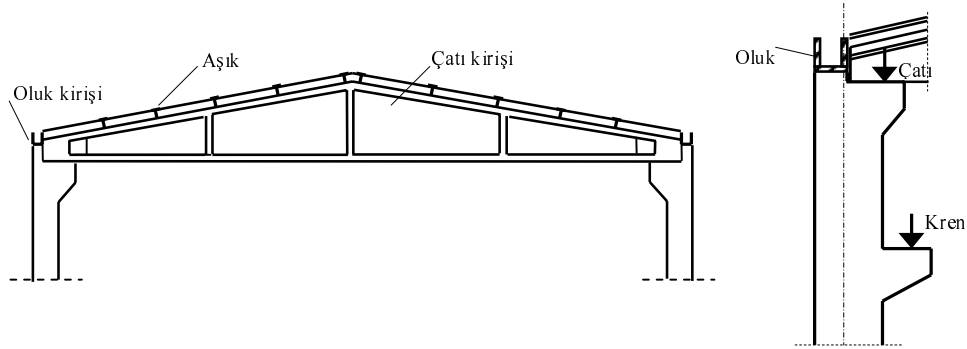


Şekil 2. Farklı açıklıklar için seçilen çatı

Bu kapsamda, belirlenen aşıklar ve bunların zati yükleri, kafes sistemin tahmini zati yükü, çatı kaplamasının zati yükü ve kar yükünden meydana gelen yük kombinasyonu için kesit tesirleri maksimum değerleri vermiştir. Elde edilen bu kesit tesirleri ile kafes sistemlerin üst başlık, alt başlık, dikme ve diyagonal kesitleri tayin edilmiştir. Her bir açıklık için hesaplanan bu profillerin toplam ağırlıkları ve boya alanları hesaplanmış ve en ekonomik olan çatı kafes sistemi belirlenmiştir. Bu analizler sonucunda her bir açıklık için seçilen kafes makaslar ve tipik hangar düşey kesiti Şekil 2. de gösterilmiştir.

Taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılmasında ilgili standartlar ile birlikte mevcut piyasa koşulları da dikkate alınmıştır. Çelik hangarlarda piyasada yaygın olarak kullanılan I, L ve U kesitli profiller tercih edilmiştir. Kolonlar, çatıdan gelen zati ve kar yükleri, enine doğrultudaki rüzgar yükleri, deprem yükleri, kren ve krenin hareketinden dolayı etkiyen fren yükleri tesirinde oluşacak en büyük moment ve eksenel kuvvet tesirlerini veren yük kombinasyonuna göre boyutlandırılmıştır. Kolonlar betonarme tekil temellere ankastre olarak bağlanmıştır. Çatı düzleminde kenar açıklıklıklarda ve orta açıklıkta diyagonal stabilite bağlantıları teşkil edilmiştir. Ayrıca her bir hangar için uygun kalkan duvarı dizayn edilmiştir.

Prefabrik Hangarlar: Çelik olarak dizayn edilen hangarlar aynı geometri ve yük durumları için prefabrik betonarme olarak hesaplanmıştır. Bu amaçla İzmir bölgesinde prefabrik üretim yapmakta olan çeşitli firmalar ile koordine kurularak çalışmalar yapılmış ve taşıyıcı elemanların boyutları belirlenmiştir. Statik ve betonarme hesaplar, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1998), TS 500 (2000), TS498, TS 9967 (1992), TS 3233 kapsamında yapılmıştır. Tipik prefabrik hangar çatı kirişi ve kolon düşey kesiti Şekil 3. de gösterilmiştir.



Şekil 3. Prefabrik çatı kirişi ve kolon düşey kesiti

Prefabrik aşıklar T kesitlidir (20cm yükseklik, 17cm genişlik) ve saçaklarda 40cmx35cm kesitinde oluk kirişi mevcuttur. Kolon hesabı için çatı kirişinden gelen yüklerle oluk kirişinden gelen yük, kolonun zati ağırlığı, kren yüklemeleri ve deprem yüklemeleri dikkate alınmıştır. Kritik olan yükleme deprem yüklemesidir. Deprem hesabı Eşdeğer Statik Deprem Yüğüne göre yapılmıştır. Kolonlara etkiyen yükler hesaplandıktan sonra iki noktada topaklanmış kütleler hesaplanmış ve yapıların birinci doğal titreşim periyotları SAP 2000 programı yardımı ile bulunmuştur. Periyotlara göre spektrum katsayısı ve spektral ivme katsayısı hesaplandıktan sonra yapılara etkiyen deprem kuvvetleri bulunmuştur. Bütün yükler ile çözüm yapılmış ve gerekli kesit değerleri elde edilmiştir. Temeller kare şeklinde ve yuvalı tekil temel olarak dizayn edilmiştir. Temel zemin seviyesinden 80 cm derinlikte bulunmaktadır.

2.2. Metrajlar ve Maliyet Keşifleri

Her bir açıklık ve yükseklik için hesaplanan yapı elemanlarının metrajları yapılmış ve maliyetleri hesaplanmıştır. Maliyet hesaplarında Bayındırlık Bakanlığı birim fiyatları ve piyasada çeşitli firmalardan alınan fiyatlar göz önünde bulundurulmuştur. Prefabrik betonarme imalat için Bayındırlık Bakanlığı birim fiyat listesinde yer almadığından prefabrik betonarme sistemler için maliyet hesabında çeşitli firmalardan alınan fiyatlar esas alınmıştır. Çelik hangarların ilk inşaat maliyeti hesabı her bir hangar için, Bayındırlık Bakanlığı Birim Fiyatları ile ve piyasada bu konuda imalat yapan çeşitli firmalardan alınan anahtar teslim fiyatların ortalaması ile ayrı ayrı yapılmıştır. Prefabrik yapılar için farklı firmalardan alınan anahtar teslim fiyatlar arasında önemli oranlara varan farkların mevcut olduğu görülmüştür. Buradaki fiyatlandırmada, firmaların vermiş olduğu genel fiyatlar, kilogram birim fiyatına dönüştürülmüş ve bunların ortalama değeri yaklaşık olarak alınmıştır.

Çelik hangarlar için yapılan metrajlarda, aşık, gergi çubuğu, çatı makası, kolon ve kren konsolu, kalkan duvarı, stabilite bağlantısı, kolon levhası, betonarme temel imalatına giren, demir, boya ve beton. prefabrik yapılarda ise aşık, oluk kirişi, çatı makası, kolon ve temel imalatına giren betonarme imalatın her bir kaleminin metrajı yapılmıştır.

Çelik hangarların taşıyıcı sistemlerinin maliyet hesabı Bayındırlık ve İskan Bakanlığı birim fiyatlarına (2004) ve aynı zamanda piyasada uygulanan fiyatlara göre ayrı ayrı bulunmuştur. %25 müteahhit karı ve genel giderlerin dahil olduğu Bayındırlık fiyatları ile yapılan keşifte nakliye bedeline karşılık olarak keşif bedelinin %10' u yaklaşık olarak ilave edilmiştir. Piyasa rayiçleri, çeşitli firmalardan anahtar teslim fiyat teklifi olarak alınmıştır. Prefabrik yapıların maliyetleri bu tip kalemlere ait analizler Bayındırlık ve İskan Bakanlığı birim fiyat listelerinde doğrudan yer almadığından yalnızca piyasa rayiçlerine göre yapılmıştır. Piyasada prefabrik betonarme üretimi yapan farklı firmalardan alınan fiyatların ortalama değeri piyasa rayici olarak uygulanmıştır.

Tüm birim fiyatlarda yılbaşı tarihi esas alınmıştır. Yalnızca inşaat ile ilgili imalat kalemleri dikkate alınmış, makine ve elektrik tesisatı gibi tüm imalatın her iki tip yapıda da benzer olduğu kabul edilmiştir.

Yukarıda açıklanan ilkeler doğrultusunda yapılan hesaplamalarda her bir tip hangar için elde edilen ilk inşa maliyetleri Tablo 1. de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 1. Hangarların ilk inşa maliyetleri (01/01/2004 tarihi itibarıyla) ve karşılaştırılması

HANGAR BOYUTLARI		ÇELİK HANGAR MALİYETİ (YTL)		PREFABRİK BETONARME HANGAR MALİYETİ (YTL)	PİYASA MALİYETL ERİ FARKININ ÇELİK MALİYETİ NE ORANI
L (m) Açıklık	H (m) Yükseklik	Bayındırlık İşkan Bakanlığı Fiyatları ile (01/01/2004)	Piyasa Fiyatları ile (01/01/2004)	Piyasa Fiyatları ile (01/01/2004)	
15	6	58.468	54.889	44.390	%19
15	9	68.261	64.237	54.047	%16
20	6	72.649	67.866	46.075	%32
20	9	99.692	93.266	63.579	%32
25	6	92.049	85.694	60.818	%29
25	9	119.197	111.117	82.946	%25
30	6	135.090	124.956	80.281	%36
30	9	162.774	150.813	104.633	%31
35	6	161.272	149.024	95.154	%36
35	9	190.443	176.063	116.913	%34

Verilen değerler ilk keşif mahiyetinde olup yaklaşık ve/veya ortalama değerlerdir. Aynı özelliklere sahip bir yapı için farklı firmaların farklı fiyat teklifi vermesi günümüz piyasa koşullarında olağandır. Prefabrik retim tesisinin konumu, üretim teknoloјisi, ham madde temini ve ekonomik koşullar piyasa fiyatlarının farklı olmasındaki önemli etkenlerdir. Dolayısıyla bu çalışmada elde edilen sonuçlar genel değerlerdedir. Bununla beraber her bir tip hangarın da benzer kabuller ve esaslarla yapıldığı dikkate alınmalıdır. Bu aşamada vurgulamak gerekir ki, aynı hacimleri örten farklı taşıyıcı sistemlerin seçilmesi inşa maliyetini önemli miktarlarda etkileyebilmektedir.

Tablo 1. de elde edilen taşıyıcı sistemlerin ilk inşa maliyetleri piyasa fiyatları esas alınıp değerlendirildiğinde, betonarme prefabrik hangarın aynı özelliklerdeki elik hangara göre %13 ile %36 arasında değişen oranlarda daha az masrafla inşa edilebildiği görülmektedir. Yapıların anahtar teslim halindeki maliyetleri dikkate alınırsa bu değerler yarıya yakın oranlarda düşecektir. Keza bu taşıyıcı sistemin inşasında sonra yapılacak imalatın bedeli her iki tip yapı için de yaklaşık aynı olacaktır. Çalışmada yapıların yalnızca elik veya betonarme prefabrik olabileceği kabul edilmiştir. Örneğin çatısı elik, kolonları prefabrik olan karma taşıyıcı sisteme sahip diğer bir alternatif değerlendirilmemiştir.

2.3. elik ve Betonarme Prefabrik Yapıların zellikleri

elik yapılar ile betonarme prefabrik yapılar bir çok yönden karşılaştırılabilirler. elik yapının prefabrik yapıya göre daha hafif olması özellikle zayıf zeminlerde temel taşıyıcı sisteminin maliyetini olumlu yönde etkiler. Prefabrik taşıyıcı sistemdeki kesitlerin elik yapıya kıyasla daha büyük olması yapı kullanım alanını ve fonksiyonelliğini olumsuz yönde etkileyecektir. elik yapılar depreme karşı daha tutarlı bir davranış gösterirler. Tekrarlı yükler etkisinde her defasında benzer bir davranış sergilerler. Gerektiğinde güçlendirilmeleri ve onarılmaları daha kolay ve pratiktir. Betonarme prefabrik yapıların ilk inşa maliyetlerinin daha düşük olmasına karşılık deprem

etkisindeki zaafıları ön plana çıkmaktadır. Ülkemizde son yıllarda meydana gelen depremlerde bir çok betonarme prefabrik yapının yıkıldığı veya hasar gördüğü, bu olumsuzlukların genelde yapı elemanları arasındaki uygun olmayan bağlantılardan ve aşırı yatay deplasmanlardan kaynaklandığı tespit edilmiştir (Bayülke,1998).

Çelik yapının geri dönüşün durumunda çok az fire ile yeniden kullanım veya eritilerek yeniden üretilmesi mümkündür. Çelik yapılarda korozyon, yangına karşı dayanım zayıflığı ve malzeme yorulması karşılaşılan önemli sorunlardır. Günümüzdeki ilgili şartnamelerinde tüm yapılar için yangına karşı önlem alınması zorunlu kılınmıştır. Günümüzde kullanılan boyalar ile çelik malzemesi bir seferde yaklaşık 40 yıl korozyondan korunabilmektedir. Korozyona karşı yapılan uygulamalar ek bir maliyete neden olmaktadır. Bu çalışmada incelenen hangarlarda boya maliyeti taşıyıcı sistem maliyetinin yaklaşık %07-09 'si civarındadır.

Çelik taşıyıcı elemanların sürekli dinamik yüklere (kren, rüzgar) maruz kalması yapının dayanımını azaltmakta ve aniden yıkılmasına neden olabilmektedir. Gu ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada (1999) önerilen bağlantılar dikkate alındığında burada incelenen hangar yapılarının ömrü yaklaşık 350 yıl olduğu hesaplanmıştır. İyi korunmuş ve yeterli pas payı sağlanmış günümüz betonarme prefabrik yapılarında ise bu süre 80-100 yıl olarak kabul edilmektedir.

3. SONUÇLAR

Çeşitli açıklıkta ve yükseklikteki, çelik ve prefabrik betonarme olmak üzere farklı taşıyıcı sisteme sahip hangar yapılarının taşıyıcı sistemleri boyutlandırılmış ve olağan piyasa koşullarındaki ilk inşaat bedellerinin hesabı yapılmıştır. İzmir ili merkezinde inşa edileceği kabul edilen ve açıklıkları 15m-35m, yükseklikleri 6m-9m olan yapıların taşıyıcı sistemlerine ait ilk inşaat maliyetleri karşılaştırıldığında, betonarme prefabrik hangar yapılarının çelik

hangar yapılarına kıyasla %16-%36 arasında değişen oranlarda daha dūřuk kaldığı görülmüştür. Bir anlamda yalnızca kaba inşaat imalatı için belirlenen bu değerler, yapıların anahtar teslim fiyatları dikkate alındığında yarıya yakın oranlarda azalabilmektedir.

Çalışmada incelenen yapılar, kabul edilen yapısal özelliklere göre incelenmiştir. Deprem ve iklim bölgesi, yapının konumu, zemin sınıfı ve piyasa koşulları gibi özelliklerin değişmesi yapı maliyetine doğrudan etki ederler.  elik taşıyıcı sisteme sahip yapıların, korozyona ve yangın zaaflarına karşılık deprem tesirinde uygun davranış göstermeleri, geri dönüşüm özellikleri ve ekonomik ömürlerinin daha uzun olması gibi faktörler dikkate alındığında uzun zaman diliminde daha ekonomik çözüm verecekleri değerlendirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Çelebi T., 1975, Sanayi Yapı Projeleri, İnkılap ve Aka Basımevi, İstanbul, 242s.
- Deren H., 1984, Çelik Yapılar, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul
- Hibeler R.C., 1999, Structural Analysis, Prentice-Hall Inc., 600 s.
- Bayülke N., 1998, 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan Depreminde Prefabrike Yapı Hasarı, İMO Ankara Şubesi Bülteni
- Allam A.M., Gren M.G., Burgess I.W., Plank R.J., 1998, Fire Engineering Design Steel Frame Structures - Integration of Design and Research, Journal of Constructional Steel Research, Vol.46, s.286-297
- Gu M., Xu Y. L., Chen L. Z., Xiang H. F., 1999, Fatigue Life estimation of steel girder of Yangpu Cable-Stayed Bridge due to Buffeting, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 80, pp. 383-400
- TS 648 , 1980, Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS 9967, 1992, Yapı Elemanları Taşıyıcı Sistemler ve Binalar - Prefabrike Betonarme ve Öngerilmeli Betondan- Hesap Esasları ile İmalat ve Montaj Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS 498, 1987, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk standartları Enstitüsü, Ankara
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1998, İMO İzmir Şubesi, İzmir, 85s.
- TS 500, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- SAP2000, 2000, Integrated Structural Analysis and Design Software, Computers and Structures, Inc., Berkeley, California, USA
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyatları, 2004, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara

YAPI MALZEMESİ SEÇİMİ KÜLTÜRE Mİ DAYALI YOKSA EKONOMİ VE MANTIĞA MI?

Mürüde ÇELİKAĞ

Yrd. Doç. Dr., CEng, MICE, Eur Ing, FEANI

Doğu Akdeniz Üniversitesi

Gazimağusa, KKTC

ÖZET

Gelişmiş ülkelerde akademi ve endüstri arasında iki tarafı da faydalandıran sağlam bir işbirliği vardır. Yapı malzemeleri bu işbirliği sayesinde sürekli yenilenir. Daha kaliteli, sağlam, uzun ömürlü ve ekonomik yapıları inşa edecek malzemeler üretilir. İnşaat sektöründe çalışan değişik kademelerdeki kişilerin sürekli eğitimle bilgilerini güncellemelerini, yapı malzemelerinin seçimini yaparken mantıklı davranıp, amacına uygun, ekonomik ve uzun ömürlü olmasına dikkat etmelerini sağlar. Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ise ileri teknoloji araştırmalarının azlığı, yeni yapı malzemelerinin üretime geçmesinde yaşanan zorluklar, inşaat sektöründe çalışanların eğitim eksiklikleri, mesleki eğitimden ve yeni gelişmelerden haberdar olmaması, ithal malzemelerinin maliyetinin yüksek olması gibi nedenler, bu kişileri yapı malzemelerini seçerken daha çok kültüre dayalı hareket etmeye yönlendirir. Türkiye ve KKTC, gelişmekte olan ve AB üyeliği için yoğun bir şekilde çalışma yapan ülkeler olarak yukarıda belirtilen sıkıntıları aşabilme potansiyeline sahiptirler. İstatistiki bilgiler Türkiye’de çelik kullanımının tutarlı bir şekilde artmakta olduğunu göstermektedir. Ayrıca, inşaat sektöründe çalışanların, mal sahiplerinin daha bilinçli davrandığına ve eğitimin öneminin giderek arttığına işaret etmektedir. Bütün bu göstergeler, ilgili kurumların çalışmalarını yoğunlaştırarak devam ettirdikleri takdirde istenilen amaçlara varılabileceğine işaretir.

AMAÇ

Çelik, toplumun her kesiminde, günlük yaşamda, değişik alanlarda kullanılan ve çok önemli özellikleri olan bir malzemedir. Bu çalışmanın amacı yapısal çeliğin inşaat mühendislerini ilgilendiren kullanımını, özelliklerini incelemek, mühendis ve mimarlarımızı bir adım ileriye götürecek bir takım güncel bilgileri aktarmak, yapısal çeliğin neden daha yaygın kullanılmadığını irdelemek ve nasıl daha yaygın kullanılabileceği konularında öneriler sunmaktır.

YAPISAL ÇELİK – KISA TARİHÇE

1740 yılında ilk kez üretimi başlayan çelik, ancak 1856 yılında Bessemer'in çelik üretimindeki buluşu ile yaygın hale gelmiş ve 1870'li yıllarda ilk kez büyük köprü yapımlarında kullanılmıştır. İskoçya'da halen kullanılmakta olan Firth of Forth demiryolu köprüsü buna çok iyi bir örnektir.

19. yüzyılın büyük bir bölümünde yapısal çelik büyük yapılarda kullanılan bir malzeme olarak algılanmış, talebin kısıtlı olması, üretimin dünyada yaygın olmaması nedeni ile de çelik fiyatları yüksek kalmış ve dolayısıyla bu malzeme kısıtlı bir şekilde kullanılmıştır. Bugün halen çeliği çok katlı yapılarda kullanılan bir malzeme olarak düşünen birçok teknik kişi vardır.

Yapısal çelik, 1980'li ve 1990'lı yıllarda kompozit kiriş ve döşemenin etkili bir şekilde kullanımı ile birlikte Avrupa'da, özellikle İngiltere'de, daha popüler bir malzeme durumuna gelmiştir. Bölgemizde henüz yeterli derecede kullanılmayan yapısal çelik özellikle 1999 Kocaeli depremi sonrasında inşaat sektöründe adından sıkça söz edilen bir yapı malzemesi olmuştur. Durum böyle iken betonarme yapılar hala daha ilk seçenek olarak sunulmakta ve genelde bu konuda bilinçsiz olan bireyler alternatifleri talep etmemektedir. Halbuki bölgemizde yapılan araştırmalarda (1,2) yapıların maliyet fiyatları karşılaştırıldığında çelik yapılarda betonarmeye oranla % 30'a varan kazanımlar elde edildiği gözlemlenmiştir. Aynı zamanda çelik yapılarda en son malzeme ve metodların kullanımıyla kazanımların arttığı görülmüştür (3). Dolayısıyla, bölgemizde çelik yapıların az olmasına

gerekçe olarak gösterilen betonarme yapılardan daha pahalı olduğu görüşü geçersizdir. Asıl neden başında çelik çerçeve yapı sistemlerinin tasarım, üretim ve montaj konularında mimar ve mühendislerin yeterli bilgi ve deneyime sahip olmamalarıdır. Çelik kullanımının bölgemizde az olmasının çeşitli nedenleri aşağıdaki bölümlerde detaylı bir şekilde aktarılmıştır.

DÜNYADA ÇELİK ÜRETİMİ VE TÜRKİYE’NİN KONUMU

Uluslararası Demir ve Çelik Enstitüsü’nün (IISI) verdiği istatistiksel bilgiler doğrultusunda genelde dünyada üretilen 965 milyon ton ham çeliğin her geçen yıl arttığını ve son dört yılda en yüksek oranların elde edildiğini göstermektedir (Tablo 1). Dünyada üretilen çeliğin % 60’ı geri dönüştürülmüş çelik malzemeden yapıldı. 1994-2003 yılları arasında çelik üretiminin bölgelere göre dağılımında yüzdelik olarak en yüksek artışın % 71.8 ile Orta Doğu Bölgesinde olduğu görülüyor. Asya bölgesi % 65 ile ikinci sırayı alırken diğer ülkelerde olan artışlar % 37 ve altında bulunmaktadır (Tablo 2). 2003 yılı esas alındığında en çok ham çelik üreten ülkelerin başında gelen Çin 1994 yılında 92.4 ton olan çelik üretimini 2003 yılında 220.1 ton’a çıkarmıştır (Tablo 3). Diğer yandan 2003 yılı sonunda ham çelik üretiminde Türkiye 13’cü sırayı alırken 1994 yılında 12.6 ton olan çelik üretimini 2003 yılında 18.3 ton’a çıkarmıştır. Dünyada ham çelik üretiminde ilk 20 sırayı alan ülkeler arasında 1994-2003 yılları arasında üretimini % 45.6 artıran Türkiye bu nedenle de altıncı sırada bulunmaktadır.

Tablo 1 1970-2003 Yılları arasında dünya ham çelik üretimi,
(milyon ton) (4)

Yıl	Üretim	Yıllık avaraj büyüme oranı,	
		Yıllar	Üretim
1970	595	1970-75	1.6
1975	644	1975-80	2.2
1980	717	1980-85	0.1
1985	719	1985-90	1.4
1990	770	1990-95	-0.5
1995	752	1995-00	2.4
1996	750	2000-03	4.4
1997	799		
1998	777		
1999	789		
2000	848		
2001	850		
2002	902		
2003	965		

Tablo 2 1994-2003 Yıllarında bölgelerde toplam ham çelik
üretimi, (milyon ton) (4)

Bölgeler	1994	2003	+/-	% değişim
Avrupa Birliği (15)	151.7	160.7	+ 9.0	5.9
Diğer Avrupa Ülkele	47.3	52.1	+ 4.8	10.1
C.I.S.	77.9	107.5	+ 29.6	38.0
Balkan Ülkeleri	0.3	0.5	+ 0.2	66.7
Kuzey Amerika	116.2	126.2	+ 10.0	8.6
Güney Amerika	34.9	43.0	+ 8.1	23.2
Afrika	13.3	16.3	+ 3.0	22.6
Ortadoğu	7.8	13.4	+ 5.6	71.8
Asya	266.4	440.0	+ 173.6	65.2
Okyanusya	9.2	8.4	- 0.8	-8.7
99 ülkenin toplamı	725.0	968.1	+ 243.1	33.5

Tablo 3 2003 Yılında en çok ham çelik üreten ülkeler ve 1994 yılı üretimleri ile

Ülkeler	1994		2003		+/-	% değişim	Sıralama
	Sıralama	Ton	Sıralama	Ton			
Çin	2	92.6	1	220.1	127.5	137.7	1
Japon	1	98.3	2	110.5	12.2	12.4	12
ABD	3	91.2	3	90.4	-0.8	-0.9	17
Rusya	4	48.8	4	62.7	13.9	28.5	8
Güney Kore	6	33.7	5	46.3	12.6	37.4	7
Almanya	5	40.8	6	44.8	4.0	9.8	15
Ukranya	9	24.0	7	36.9	12.9	53.8	4
Hindistan	10	19.3	8	31.8	12.5	64.8	2
Brezilya	8	25.7	9	31.1	5.4	21.0	10
İtalya	7	26.1	10	26.7	0.6	2.3	16
Fransa	11	18.0	11	19.8	1.8	10.0	14
Taivan, Çin	16	11.6	12	18.8	7.2	62.1	3
Türkiye	15	12.6	13	18.3	5.7	45.2	6
İspanya	14	13.4	14	16.5	3.1	23.1	9
Kanada	13	13.9	15	15.9	2.0	14.4	11
Meksika	19	10.3	16	15.2	4.9	47.6	5
Birleşik Krallık	12	17.3	17	13.3	-4.0	-23.1	20
Belçika	17	11.3	18	11.1	-0.2	-1.8	18
Güney Afrika	20	8.5	19	9.5	1.0	11.8	13
Polonya	18	11.1	20	9.1	-2.0	-18.0	19

1994-2003 döneminde Türkiye'nin çelik tüketimi 6.9 tondan 14.6 tona kadar arttı. Aynı dönemde % 45.6 olan üretim artışına karşın tüketim de % 112 oranında arttı. Bu istatistiksel bilgiler Türkiye'de çelik kullanımında önemli ölçüde bir artış olduğunu gösterirken nedenlerinden bazıları şöyle sıralanabilir:

- ülke gelişimi
- endüstrileşme
- mesleki gelişim
- çevreyi koruma adına geri dönüşümlü malzemelere ilgi
- kalıcı yapıya olan önemin artması
- depreme karşı güvenli yapı arayışı
- toplum bilincinin artması
- AB sürecinde uyumluluk çalışmalarının pozitif yansımaları

2003 yılı esas alındığında Türkiyede üretilen 18.3 milyon ton çelikten yaklaşık 0.5 milyon tonun yapı sektöründe kullanıldığı, toplam inşaatların % 5'inde ve konutların ise % 0.5'inde yapısal çeliğin kullanıldığı söylenebilir [5].

YAPISAL ÇELİK KULLANIMININ ARTMASI İÇİN SÜREKLİ EĞİTİM VE BİLİNÇLENME

İnşaat sektöründe çalışanların kendini devamlı eğitmesi ve yenilemesi gerekliliği herkesçe kabul edilmekte, fakat bu eğitimi almak ve yeni bilgileri uygulamaya koymak için çok az kişi gerekli çabayı göstermektedir. Bu da, İnşaat sektörünün gelişmesinde ne yazık ki önemli bir engel teşkil etmektedir. Sürekli mesleki eğitimin belli kurallar çerçevesinde gelişmiş ülkelerde olduğu gibi (İngiltere, Amerika) profesyonel kurumlarca ve yasal olarak zorunlu hale getirilmesi, sektörün sağlıklı gelişiminde önemli bir adım olacaktır.

Bugün bölgemizde, inşaat sektöründe, yaşanan sıkıntı ve sorunların başlıca nedenlerinden biri kendini geliştirmemiş veya geliştirememiş meslektaşlarımızın sıkça tekrarladığı hatalar ve bunlardan alınmayan derslerdir. Dolayısıyla yeni malzeme ve yapı metodlarının piyasada çabuk ve rahat bir şekilde uygulanabilmesi o malzemenin veya metodun sadece çok iyi olmasından kaynaklanmaz, konuyla ilgili kişilerin yeterli bilgiye sahip olmasını da gerektirir.

Sürekli eğitim sadece mühendis için değil, inşaat sektörünün tüm kademelerinde çalışan kişiler için de gereklidir. Onların da zaman içerisinde bilgi ve becerilerini yenilemeleri gerekmektedir. Bu noktada unutulmaması gereken mesleki hizmet verilen kişiler ve kurumların da bilinçlendirilmesidir.

Hiç kuşkusuz ülkelerin siyasi ve ekonomik yapısı da bazı durumlarda arzu edilen gelişmeleri engellemektedir. Fakat bizim esas sorunumuz yenilikleri takip etmeme ve uygulamamadır. Türkiye’den başlayıp, doğuya ve güneye doğru gittikçe gelişmekte olan veya gelişmiş sayılabilecek birçok ortadoğu ve körfez ülkesinde hangi malzemenin kullanılacağı konusunda karar verilirken projenin ekonomik boyutu, malzemelerinin projeye uygunluğu, çevre koşullarına uyumu gibi gerekçeleri incelemek yerine inşaat sektöründe çalışanların yapmaya alışık olduğu, bir tür yapı kültürü haline gelmiş, yapı malzemeleri kullanımı tercih edilmektedir. Doğal olarak, yıllarca kullanılmaya alışıl原因emiş malzemeler ve bu malzemeleri hesaplamaya, inşa etmeye alışmış bir kitlenin içerisinde bu kültürü değiştirmek çok zor ve uzun vadeli olacaktır. Değişimi hızlandırmak sürekli eğitimi yaygınlaştırmak ve ilgili kesimi bilinçlendirmekle mümkündür.

Gelişmiş ülkelerde inşaat mühendisleri odaları, mühendisler konseyi veya birliği, müteahhitler birliği ve müşavirler birliği gibi kuruluşlar profesyonel olarak çalışan kişilerin kontrolündedir. Yönetici kişiler meslek gelişimi ve çıkarları için gerekli tüm çalışmaları yapar, yasal düzenlemeler için girişimlerde bulunur, meslek içi eğitimde gerekli alanları saptar, üyelerini planlı ve düzenli bir şekilde bu önemli ve gerekli alanlara yönlendirir ve zamanında bilgilerin güncellenmesini sağlar. Bundan öte, üyelerin zorunlu olarak meslekte bir seviyeye kadar ilerlemesini, kendini geliştirmesini sağlamak amacı ile çeşitli kurallar, sınavlar ve sertifikaları zorunlu yapar. Gelişmekte olan ülkelerde ise adı geçen mesleki kurumlar genelde gönüllü kişilerce zaman yettiğinde çalışma yapar. Pro-aktif değil re-aktif olarak çalışır. Eksiklikleri arada bir dile getirerek ama gidermek için yeterli adımları atmadan, uzun vadeli planları olmadan, düzensiz çalışır.

PROFESYONEL MÜHENDİSLİK NEDİR?

Avrupa Birliği’nde bulunan ülkelerde yukarıda belirtilen kurumlar mevcut olmakla birlikte, gerçek anlamda profesyonelce yürütülen en başarılı kurumlardan birisi İngiltere’nin İnşaat Mühendisleri Enstitüsü’dür (ICE). Bu ve buna benzer diğer mühendislik enstitülerinin bağlı olduğu Mühendisler Konseyi (EC) vardır. Bu kuruma ait, İngiltere’de uzun

yıllardır var olan ve mühendislerin imza hakkı alabilmek, proje yönetebilmek için tamamlamaları gereken, çok önemli bir sistem vardır. İmtiyazlı Mühendis (CEng, Chartered Engineer). Son yıllarda AB bünyesinde bulunan tüm ülkelere ortak bir 'İmtiyazlı Mühendis' yetiştirme programı hazırlamak çabasında olan Avrupa İnşaat Mühendisleri Konseyi (ECCE) bu sistemi kendisine örnek almış ve benzeri bir sistemi tüm AB üyesi ülkelere zorunlu yapma düşüncesindedir.

Peki bu sistem nedir? İnşaat Mühendisleri Enstitüsü'nün (ICE) akredite ettiği üniversitelerden şeref listesinde girebilmiş mezun öğrenciler ICE'ye mezun üye olarak doğrudan kayıt yaptırma hakkına sahiptir. Bu kayıt onlara enstitünün bazı olanaklarından yararlanmayı sağlar fakat imza yetkisi vermez. En yaygın olan uygulama ise, yeni mezun mühendisin çalıştığı kurum ile bir 'antlaşmalı eğitim' antlaşması yapmasıdır. Bu bağlamda çalıştığı kurum yeni mezunun gerekli eğitim, öğretim ve sınavlarına sponsor olacağına dair taahhüt verir. Böylece, yeni mezun, çalıştığı kurum ve enstitü arasında bir antlaşma yapılır. Yeni mezun mühendis enstitünün temel amaçları ve çalıştığı firmanın özel amaçları doğrultusunda en az dört yıl süre ile eğitilir. Çok düzenli ve planlı olan bu yaklaşım içerisinde teknik tasarımdan tutun, proje yönetimi, yapı ekonomisi, iş yerinde sağlık ve emniyet, çevre duyarlılığı ve daha birçok konuyla ilgili eğitim ve öğretim yeralmaktadır. Bunlar, ilgili mühendis tarafından, müşavirlik veya müteahhitlik bürolarında, şantiyede, meslek içi eğitim amaçlı en az otuz iş günlük kurslarda ve enstitünün gece toplantılarında en az dört yıl sonunda tamamlanabilir.

Yeni mezun mühendis bilgi ve tecrübe birikimini enstitüye proje raporu, genel tecrübe raporu, eğitim süresince yazılan raporlar, en az otuz iş günü kurslara katılım sertifikaları ve diğer ilgili bilgilerin toparlanması şeklinde sunar. Bu raporların yeterli bulunması durumunda yeni mezun mühendis enstitünün seçtiği tecrübeli mühendisler tarafından önce mülakata alınır ve sonrasında sınav ortamında verilen iki konu ile ilgili kısa makale hazırlanması istenir. Bu makalelerde yeni mühendis sadece teknik bilgisini değil ayrıca bir proje yöneticisinde aranan özelliklerden olan dil bilgisini kullanabilme, yazacağı konuyu planlayıp istenilen bilgileri başkalarına kısa zaman ve kısıtlı kelime sayısı ile birlikte etkili bir şekilde yazı ile aktarabilme yeteneğini göstermek zorundadır. En az dört yıl süren bu eğitimde 1990'lı yıllarda sadece % 40 olan başarı oranı son yıllarda % 60'lara çıkmıştır.

Artık Türkiye ve KKTC'nin de kendi ortmalarına uygun benzeri bir sistemle yeni mezun mühendislerini gerçek hayata hazırlaması gerekmektedir. Bu tür bir eğitimden geçmeyen mühendislerimiz çalışma hayatlarının başlangıcında tecrübe ve pratik bilgi eksikliği nedeni ile büyük sıkıntılar çekmekte ve bazen çok ciddi hatalar yapmaktadırlar. İnşaat sektörünün sağlıklı bir şekilde işlev görmesi, yeniliklere açık olması, kaliteli, geri dönüşümlü, kalıcı yapıların inşa edilmesi böyle bir sistemin kurulması ile mümkün olacaktır. İngilizler bu sistemin bugün bulunduğu noktaya gelmesi için çok yıllar harcadılar. Ülkelerimizde de buna benzer bir sistemin belli aşamalardan geçerek başlatılması ve kademeli olarak zorlaştırılarak amaçlanan noktaya planlı ve düzenli bir şekilde varılması için çaba gösterilmesi gerekmektedir.

İnşaat sektörü sadece mühendislerden oluşmadığına göre diğer ilgili kişilerin de kendi alanlarında benzeri sistemler çerçevesinde eğitilmesi şarttır. Örneğin akademisyenler de böyle bir sistemden geçerek, piyasa deneyimi edindikten sonra başka mühendisleri yetiştirme yoluna gitmelidir. Böylece mühendis adaylarına piyasa tecrübesi ile daha etkin eğitim verebilme ve hayata hazırlayabilme şansına sahip olacaklardır. Bu tür profesyonel yaklaşımlar kişileri geliştirdiği gibi mesleğe bakış açılarını genişletir, seçeneklerini sadece kültüre dayalı değil ulaşabilecekleri bilgileri mantıklı bir şekilde kullanarak, ekonomik boyutunu hesaplayarak yapmalarını sağlar. Kısaca ülkelerimizde oluşturulacak bu tür kurumlar ve sistemler AB ülkeleri, Amerika ve Kanada'da olduğu gibi profesyonel mühendisler yetiştirilmesinde yardımcı olacaktır. Çelik imalatçılarının da belli standartlarda benzeri sistemlerden geçerek uluslararası kaliteyi yakalaması şarttır. Bu noktada Türkiye'de uzun yıllardır zor koşullarda hizmet veren Türkiye Mimar ve Mühendis Odaları Birliği (TMMOB) - İnşaat Mühendisleri Odası (İMO) ve Türkiye Yapısal Çelik Derneği (TUCSA) gibi kurumlara çok önemli görevler düşmektedir.

YAPISAL ÇELİK BÖLGEMİZ İNŞAAT SEKTÖRÜNE NELER KAZANDIRABİLİR?

Yapısal çelik yukarıda da görüleceği üzere çok değişik alanlarda etkili bir şekilde kullanılabilir. Hafif yapısal çeliği konut, apartman ve benzeri yapılarda kullanarak deprem bölgesinde bulunan bölgemize hafif ve depreme dayanıklı yapılar kazandırabiliriz. Her ne kadar da yerel ve doğal malzeme kullanalım diyorsak da kum olsun, çakıl olsun bu tür malzemelerin aşırı kullanımı, örneğin KKTC'de bazı yörelerin doğal dengesini

bozmaktadır. Yeni malzemelerin ve yapı sistemlerinin kullanımı bu dengeyi korurken beraberinde yeni detay ve yan malzemelerin kullanımını da getirecektir. Yeni malzemeler piyasalarda seçeneği artırırken kalitenin de yükselmesinde yardımcı olacaktır. Bazı yeni malzemelerin yerel olarak üretilmesi durumunda yeni sanayi kuruluşları ve iş imkanları yaratılabilecektir.

Gelişmiş ülkelerde yüz yılı aşkın bir süre kullanılan yapılara karşın ülkemizde bazı yapıların 5-10 yıl gibi kısa bir süre sonra ciddi yapısal sorunlarla karşı karşıya kaldığını gözlemlemekteyiz. Hiç şüphe yok ki uzun ömürlü yapılar sahiplerine avantajlar sağlarken ülke ekonomisine de büyük katkılar getirir. Çelik üretimi ve kullanımında başta gelen ülkelere biri olan İngiltere’de Çelik Konstriksiyon Enstitüsü’nün (Steel Construction Institute, SCI) son yıllarda yaptığı araştırmalardan çıkan önemli sonuçlar arasında soğuk şekillendirilmiş galvanize hafif yapı elemanları ile inşa edilmiş yapıların 200 yıl gibi uzun bir ömrü olduğudur.

Yapısal çelik ile ilgili caydırıcı olarak sıkça söylenen çelik paslanır, yanar gibi tanımların çok daha dikkatli irdelenmesi ve ne derece doğru olduğunun mantıklı bir şekilde düşünülmesi gerekmektedir. Çelik de diğer yapı malzemeleri gibi değişik avantaj ve dezavantajlara sahip bir malzemedir. Kullanımında dikkat edilmesi gereken detaylar vardır ve doğru kullanıldığı takdirde çok iyi sonuçlar verebilir.

Bugün zor şartlarda inşa edilen ve işlev gören Offshore Platformlarının yapımında kullanılan ana malzeme çeliktir. Bu yapılar yüksek paslanma ortamı olan denizlerde ve yangın ve patlama tehlikesi çok yüksek olan gaz ve petrol işlerinde kullanılmaktadır. Yine çeliğin çok sık kullanıldığı endüstriyel binalar hem paslanma hem de yangın tehlikesinin yüksek olduğu yerlerdir.

SONUÇ

Gelişmekte olan ülkelere, eğitim ve mesleki gelişim yetersizliği sonucunda yapısal çelik gerektiğinde kullanılmamaktadır. Bu makalede verilen bilgiler ışığında yapısal çeliğin artık ülkemizde daha düzenli olarak kullanılması gerekliliği açıktır. Malzeme seçimi yapılırken inşa edilecek yapının kalıcı, geri dönüşümlü, çevreye duyarlı, ekonomik, depreme dayanıklı gibi birçok konuda uygun olması gerekmektedir. Yukarıda belirtilen özelliklere sahip yapıların inşası ülke ekonomisini de olumlu bir düzeyde etkileyecektir. Toplum bilincini artırma, inşaat sektöründe çeşitli kademelerde çalışan

kişilere düzenli mesleki eğitim sunma yapısal çelik kullanımının artmasına yardımcı olacaktır. Bu organizasyonları yapma, gerekli yasaların hazırlanmasında yardımcı olma ise İMO ve TUCSA gibi kurumların ana hedefi olmalıdır. Sağlam ve sağlıklı bir Endüstri-Akademi işbirliği yeni yetişen mühendis ve teknisyenlerin bu konularda yeterli eğitimi almalarını sağlayacak ve üniversitelerimizde yapılan araştırmaların ülke ihtiyaçlarına direkt cevap verebilecek tarzda olmasını sağlayacaktır. Ayrıca akademisyenlerin endüstri deneyimli olmalarının endüstri ile sağlıklı işbirliği için büyük avantaj sağlayacağı da vurgulanması gerekmektedir. En çok üzerinde durulması gereken nokta ise ilgili tüm kesimlerin bu yaklaşıma inandırılması, planlı ve düzenli bir sistemle olayın çözümlenmesidir. Unutulmaması gereken ise ‘hiçbir değişim ve gelişimin sıkıntısız olmayacağı’ gerçeğidir.

KAYNAKLAR

1. **Bozkir, S.**, “Feasibility of using structural steel in North Cyprus & Turkey”, *MS Thesis*, EMU, January 2003.
2. **Celikag, M, and S Bozkir**, “Feasibility of Using Structural Steel in North Cyprus and Turkey”, *7th International Conference on Steel and Space Structures*, 2-3 October 2002, Singapore, pp.373-380.
3. **Celikag, M.**, “Economic aspects of using steel framed buildings with composite floor: case studies from United Arab Emirates”, *Construction and Building Materials Journal*, 2004, Vol 18/6, pp. 383-390, Elsevier Science Ltd., USA.
4. **International Iron and Steel Institute, IISI**, “World Steel in Figures-2004 Edition”, 2004. <http://www.worldsteel.org/>
5. **Türk Yapısal Çelik Derneği, TUCSA**, <http://www.tucsa.org/tuc/>

ABSTRACT

In developed countries there is a strong cooperation between the industry and the academy that works for the benefit of both sides. This cooperation helps to continuously develop the existing vast selection of construction materials and also to introduce new ones. It helps in the production of new construction materials which in turn will help in achieving better quality, stronger, sustainable and more economic structures. It forces people in the construction industry to renew their knowledge through continuing education and makes them to use their logic and knowledge for selecting construction material that will be fit for the purpose, economic and sustainable. In underdeveloped or developing countries there is inadequate research into advanced technologies which makes it difficult to produce new and innovative materials. When lack of training, experience and awareness of people in the construction industry is added together with the high cost of import materials then it is natural for engineers to select the common construction methods and material for structures. Both Turkey and TRNC are developing countries who are going through intense and planned route to be members of European Union and therefore they have the potential to overcome the difficulties addressed above. Statistical information shows that the consumption of steel is steadily increasing in Turkey. In addition, there are indications that more people in the construction industry are realizing the benefits of continuing education and training and the clients are also becoming more aware of their choices. In the light of all these, if the parties involved continue to work hard on this matter then there are good indications that the objectives will be achieved.