İnşaat mühendisliği ve mimarlık çok kalın çizgilerle ayrılmıyor. Özellikle binalar söz konusu olduğunda her iki disiplin birbirlerinin tamamlayıcı parçaları. Taşıyıcı sistem mimarlıkta, çoğu zaman, tüm düzeni kurgulamaya yönelik bir dayanak noktası oluşturuyor. Yapının bölümleri, dili, detayları taşıyıcı sisteme bağlı olarak şekilleniyor, tersten gidildiğinde de taşıyıcı sistemin kurulmasında mimarlık çıkış noktasını belirliyor. Özellikle yüksek yapıların tasarımında taşıyıcı sistem seçimi ve tasarımı mimarinin hem önünü açmaya hem de onu kısıtlamaya yönelik temel zemini oluşturuyor.

Yüksek yapıları çok boyutlu olarak araştıran ve değerlendiren bu kitap birden fazla nedenle özgün bir eser ve temel bir başvuru kaynağı olmaya aday. Öncelikle gerek mimari özelliklerine gerekse taşıyıcı sistem seçimlerine yönelik olarak çok geniş bir örnekleme alanına dayanan bu araştırma mimarlıkla taşıyıcı sistem arasındaki sürekliliği temel tartışma ekseni olarak işlevselleştiriyor. Bu kapsam içinde biryandan mühendisler için temel bir başvuru kaynağı niteliği kazanırken öte yandan mimarlar için tasarım aşamasında kullanacakları bir el kitabı niteliği kazanıyor. Araştırma çok sayıda yapıyı ölçü, oran ve taşıyıcı sistem özelliklerine göre karşılaştırmalı olarak değerlendiriyor. Kitap bütün bu özellikleri ile, ülkemizde de giderek yaygın bir tipoloji haline dönüşen yüksek yapılara yönelik önemli bir eksikliği gideriyor, varolan bilgileri güncelliyor, birçok araştırma için bir başlangıç noktası oluşturuyor.

Doç. Dr. C. Abdi Güzer

9 789754 392787

ODTÜ mf

ODTÜ Mimarlık Fakültesi 2010 / METU Faculty of Architecture 2010

YÜKSEK BİNALAR: TAŞIYICI SİSTEM VE AERODİNAMİK FORM

M. HALİS GÜNEL • H. EMRE ILGIN

ODTÜ mf

YÜKSEK BİNALAR

TAŞIYICI SİSTEM VE AERODİNAMİK FORM

M. HALİS GÜNEL
H. EMRE ILGIN

ODTÜ mf

ODTÜ Mimarlik Fakültesi 2010 / METU Faculty of Architecture 2010

Doç. Dr. Mehmet Halis Günel

ODTÜ İnşaat Mühendisliği mezunudur. Aynı bölümden 1995 yılında Doktora derecesini almıştır. ODTÜ Mimarlık Bölümü'nde ders vermektedir.

Y. Mimar Hüseyin Emre Ilgın

ODTÜ Mimarlık Bölümü mezunudur. Aynı bölümden 2006 yılında Yüksek Lisans derecesini almıştır. ODTÜ Mimarlık Bölümü'nde Ek-Öğretim Görevlisi olarak ders vermektedir.

Y Ü K S E K B İ N A L A R

TAŞIYICI SİSTEM VE AERODİNAMİK FORM

M. HALİS GÜNEL
H. EMRE ILGIN

ODTÜ Mimarlık Fakültesi 2010 / METU Faculty of Architecture 2010

©2010, yazar
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Mimarlık Fakültesi,
İnönü Bulvarı, 06531, Ankara/Türkiye
tel: +90 312 210 2202, faks: +90 312 210 2297

Yayın Türü:	Özgün Kitap
Yayın Kurulu Kararı:	11.1.2010
Yayın Kurulu:	Melih Pınarcıoğlu, Figen Işık Tüneri, Oğuz Işık, Ufuk Serin
Kapak Tasarımı:	Gülgün Özütürk Çetin, Güliz Korkmaz Tirkeş
Kapak Fotoğrafı:	Ön kapak John Hancock Center: Marshall Gerometta / CTBUH Arka kapak 30 St Mary Axe: Nigel Young / Foster + Partners Al Faisaliah Center: Adrian Peret Aspire Tower: CTBUH Burj Dubai : Adrian Peret O-14: Reiser + Umemoto, RUR Architecture, PC Onterie Center: Marshall Gerometta / CTBUH Sears Tower: Antony Wood / CTBUH Shun Hing Square: Derek Forbes
Sayfa Düzeni:	Güliz Korkmaz Tirkeş
Baskı:	Seyit Kapusuz, Hacı İnaltun

ODTÜ Mimarlık Fakültesi Basım İşliği, 2010

ISBN: 978-975-429-278-7

Kitabın içeriğinde kullanılan fotoğraflar ve diğer görsel malzemelerin telifi, aksi belirtilmedikçe yazara aittir.

Bu kitabın tüm yayın hakları saklıdır. Telif sahibinin önceden yazılı izni olmadan kısmen ya da tamamen yeniden bastırılamaz, herhangibir kayıt sisteminde saklanamaz, hiçbir şekilde elektronik, mekanik, fotokopi ya da başka bir araçla çoğaltılıp işletilemez.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, Antony Wood / CTBUH, Marshall Gerometta / CTBUH, Nigel Young / Foster + Partners, ve Niels Jakob Darger'a, gösterdikleri yakın ilgi ve vermiş oldukları görsel desteğinden dolayı teşekkür ederler.

Yazarlar,
Metni inceleyerek değerli önerilerini paylaşan Prof.Dr. S. Tanvir Wasti ve Doç. Dr. Çağatay Keskinok'a,
Kitabın oluşumundaki süreçte değerli katkıları olan,
Doç. Dr. Melih Pınarcıoğlu
Doç. Dr. Serap Kayasü
Dr. Güliz Korkmaz Tirkeş
Mimar Gülgün Özütürk Çetin'e şükranlarını sunar.

ACKNOWLEDGEMENTS

Special thanks are due to Antony Wood (CTBUH), Marshall Gerometta (CTBUH), Nigel Young / Foster and Partners, and Niels Jacob Darger for their friendly interest and for providing illustrative material for this book.

The authors wish to express their gratitude to the following:
For having perused the manuscript and for offering helpful suggestions
Prof. Dr. S. Tanvir Wasti
Assoc. Prof. Dr. Çağatay Keskinok
For their assistance in expediting the preparation of this book:
Assoc. Prof. Dr. Melih Pınarcıoğlu
Assoc. Prof. Dr. Serap Kayasü
Dr. Güliz Korkmaz Tirkeş
Architect Gülgün Özütürk Çetin

GÖRSEL KAYNAKLAR

Yazarlar aşağıda adı geçen fotoğraf sahiplerine, fotoğrafçılara, kurum ve şirketlere vermiş oldukları görsel malzeme desteğinden dolayı teşekkür eder.

ILLUSTRATION CREDITS

The authors owe special thanks to the following people and organizations for courteously granting permission to include their illustrations in this book.

Adrian Peret, adrian.peret@gmail.com: Al Faisaliah Center, Burj Dubai

Antony Wood / CTBUH: Chrysler Building, Seagram Building, Sears Tower, The Marina CityTowers, The Petronas Twin Towers, Two International Finance Center,Woolworth Building

CTBUH (Antony Wood, Jan Klerks): Aspire Tower

CTBUH (Antony Wood, Marshall Gerometta): 780 Third Avenue Building

David Randerson: Eureka Tower

Dbox Inc. (Carolina Botero/Oppenheim Architecture + Design): COR Building

Derek Forbes: Shun Hing Square, The Center

Fiona Spalding-Smith (Greg Heal / B+H Architects): First Canadian Centre

Marshall Gerometta / CTBUH: 311 South Wacker, Chase Tower, DeWitt-Chestnut Apartment Building, John Hancock Center, Olympia Centre, One Magnificent Mile Building, Onterie Center

MIDMAC Contracting Co. W.L.L. (Omar Mousfi): Aspire Tower

Niels Jakob Darger: Cheung Kong Center, Jin Mao Building, The Transamerica Pyramid, Torre Agbar, Two International Finance Center, World Tower

Nigel Young / Foster + Partners (Kathryn Tollervey / Foster + Partners): 30 St Mary Axe

PERI GmbH (Christina Hornung): Torre Agbar, Turning Torso

Reiser + Umemoto, RUR Architecture, PC (Erin Kelly): O-14

RWDI (Marc Bubel): Taipei 101 rüzgâr tüneli test modeli (Taipei 101 wind tunnel test model)

RWDI (Marc Bubel, Candice DCruz / EMAAR): Burj Dubai rüzgâr tüneli test modeli (Burj Dubai wind tunnel test model)

Saadet Aytis: Park Row Building

Wilfried Blümler: Jin Mao Building

ÖNSÖZ

Bu kitabın hazırlanma amacı yüksek bina tasarımına ilişkin temel bilgileri vermektir. Betonarme, çelik ve kompozit binaların taşıyıcı sistemleri örneklerle anlatılırken, yüksek binalarda çok önemli ve kritik olan rüzgâr yükünün, mimari ve strüktürel tasarıma etkisi tartışılmıştır. Bu bağlamda aerodinamik tasarım yaklaşımının mimarideki yansımaları üzerinde durulmuştur. Kitabın ana okuyucu kitlesi, mimar ve yapı mühendisleri ile adaylarıdır. Bunun yanında, ele alınan konuların okuyucuya olabildiğince yalın bir dille aktarılma çabası sayesinde kitap, genel kültür düzeyinde yüksek binalarla ilgilenen kesime de hitap edebilecek şekilde kurgulanmıştır.

Yüksek binaların mimari ve strüktürel tasarımında, rüzgâr ve deprem kaynaklı yanal yükler etkin rol oynar. Özellikle rüzgâr yüküne karşı alınabilecek önlemler içinde mimari tasarımın rolü büyüktür. Yapı formunun -mimari kaygıları da içeren- aerodinamik uygunluğu ve taşıyıcı sistem seçimi, yanal yüklere karşı dayanımı önemli derecede etkiler. Yüksek bina tasarımı, mimarların taşıyıcı sistemler ve aerodinamik bina formu temel bilgilerine sahip olmalarını ve tasarım sürecinde strüktür ile aerodinamik başta olmak üzere, ilgili diğer alanlardaki uzmanlarla da işbirliği yapmalarını gerektirir. Aksi takdirde, mimari tasarım sonrasında üretilmeye çalışılan strüktürel ve aerodinamik çözümler, ekonomik olmaktan uzak ve hatta uygulanması imkânsız olabilir.

Kitapta, mimar ve yapı mühendislerinin yüksek bina tasarımı için sahip olması gereken temel bilgiler ana hatlarıyla anlatılmıştır. Birinci bölümde, yüksek bina tanımı ve tarihsel gelişimi; ikinci bölümde, yüksek binalara etkiyen rüzgâr ve deprem kaynaklı yanal yükler; üçüncü bölümde yüksek bina taşıyıcı sistemleri; dördüncü bölümde yüksek binalarda rüzgâr etkisi; son bölümde ise yüksek binalarda rüzgâr etkisine karşı tasarım yaklaşımları konu edilmiştir.

İÇİNDEKİLER

Teşekkür **iii**

Görsel Kaynaklar **v**

Önsöz vii

İçindekiler ix

Giriş 1

1. Yüksek Binalar 7
1.1 Tanım 9
1.2 Ortaya Çıkış ve Tarihsel Gelişim 10

2. Yüksek Binalara Etkiyen Yanal Yükler **17**
2.1 Rüzgâr Yükleri 19
2.2 Deprem Yükleri 20

3. Yüksek Bina Taşıyıcı Sistemleri **23**
3.1 Yüksek Bina Taşıyıcı Sistemleri 28
3.2 Rijit Çerçeve Sistemler (Rigid Frame Systems) 31
3.3 Kirişsiz Döşemeli Sistemler (Flat Plate/Slab Systems) 33
3.4 Çekirdek Sistemler (Core Systems) 34
3.5 Perde Duvar Sistemler (Shear Wall Systems) 36
3.6 Kafes Perdeli Çerçeve ve Perde Duvarlı Çerçeve Sistemler (Perdeli Çerçeve Sistemler) (Shear Trussed Frame / Braced Frame and Shear Walled Frame Systems) 37
3.6.1 Kafes perdeli çerçeve sistemler (Shear trussed frame / Braced frame systems) 41
3.6.2 Perde duvarlı çerçeve sistemler (Shear walled frame systems) 44

3.7 Mega Kolon (Mega Çerçeve, Uzay Kafes) ve Mega Çekirdek Sistemler 48
[Mega Column (Mega Frame, Space Truss) and Mega Core Systems]
3.8 Yatay Perdeli Çerçeve Sistemler (Dirsek Perdeli Çerçeve Sistemler) (Outriggered Frame Systems) 55
3.8.1 Yatay perdeli çerçeve sistemlerin davranışı 66
3.8.1.1 Tek yatay perdenin en uygun yerleşimi 70
3.8.1.2 İki yatay perdenin en uygun yerleşimi 72
3.8.1.3 İki yatay perdeden birinin yapı tepesinde olması halinde diğerinin en uygun yerleşimi 74
3.8.1.4 Tek yatay perdenin yapı tepesinde olması halinde yapı tepesinin yanal ötelenmesi 74
3.8.2 Yatay perdeli çerçeve sistemlerin değerlendirilmesi 75
3.9 Tüp Sistemler (Tube Systems) 76
3.9.1 Çerçeve-tüp sistemler (Framed-tube systems) 78
3.9.2 Kafes-tüp sistemler (Trussed-tube systems) 85
3.9.3 Demet-tüp sistemler (Bundled-tube systems) 96
3.10 Yüksek Bina Örnekleri 101

4. Yüksek Binalarda Rüzgâr Etkisi 157
4.1 Rüzgâr Kaynaklı Bina Hareketleri 160
4.1.1 Rüzgâr yönünde, rüzgâra dik yönde ve burulma hareketleri 160
4.2 Rüzgâr Tüneli Testleri 162

5. Rüzgâr Etkisine Karşı Tasarım Yaklaşımları 165
5.1 Mimari Tasarım Yaklaşımı 168
5.1.1 Aerodinamik-etkin tasarım 168
5.1.2 Strüktür-etkin tasarım 177
5.2 Strüktürel Tasarım Yaklaşımı 177
5.3 Mekanik Tasarım Yaklaşımı 177

Kaynaklar 183

Ek-A Yüksek Bina Örnekleri ve Taşıyıcı Sistemleri 189

Ek-B Yatay Perdeli Çerçeve Sistemlerin Davranışı 207