

İSTANBUL'DAKİ ÖZEL VE ENDÜSTRİYEL YAPILAR ÜZERİNE DÜŞÜNCELER

Gülay ALTAY ve Kemal B. HANOĞLU
Boğaziçi Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

Giriş

Özel yapı sistemleri başlığı altında ele alınan sistemler, öncelikli ayırtdedicileri konut harici kullanım amacıyla inşa edilmiş olmak olan; tasarım teknolojileri, uluslararası standartları yansıtmakla birlikte baskın olarak ülkemizin tasarım ve inşaat geleneği tarafından belirlenen, ve bu nedenlerle de geometri, mimari ve yapısal sistem tipi konut benzeri yapılardan farklı inşaatlardır. Bu tanıma uyan en büyük iki yapı grubu, yüksek yapılar ve sanayi yapılarıdır. Bu bildirinin amacı, 1999 yılında yaşadığımız 17 Ağustos ve 12 Kasım depremlerinin sağladığı gözlem imkanından yararlanarak, depremden büyük ölçüde etkilenen bölgelerde yaptığımız saha çalışmalarının İstanbul'a uyarlanması durumunda yukarıda bahsedilen yapı tipleri ile ilgili öngörülerde bulunmak ve bazı öneriler sunmaktır.

Deprem mühendisliğini tanımlamak için Newmark tarafından yapılan bir benzetme tıbbın psikiyatri dalı ile deprem mühendisliğini benzeştirerek "Patolojik vakaları inceleyerek insanın zihnini anlamaya çalışmayı" deprem hasarlarının gözlenerek yapısal davranışın inceliklerine varmakla eş tutmaktadır. Deprem gibi büyük bir yıkıcı etkinin, ortaya koyduğu kusurlarla mühendislerin görgü ve eğitimine büyük katkıda bulunduğu yadsınamaz bir gerçektir. 1995 yılında yapılan bugünküne benzer bir sempozyuma dönersek, hatırlayacağımız en önemli nokta uzmanların aynı veya benzer motiflerle şu anda tartıştığımız konuları dile getirmelerine rağmen, mühendislerin depremden sonra ortaya çıkabilecek yıkımı tam anlamıyla kavrayamamalarıydı. Bu engeli bugün, yaşanan acı deneyim ve görgüyle, pek çok mühendisimiz aşmıştır.

Özel Yapıların Performansını Etkileyen Parametreler

Yapı tasarım alışkanlığımızın oluşturduğu spektrumun iki ucuna yerleşen yüksek yapılar ve endüstri yapılarının, tasarım ve dayanımını yöneten parametreleri listelersek temel gözlemlerimiz, bu yapı tiplerinin İstanbul'un bazı kesimlerinde yoğunlaştığı, kullanılan yapısal sistemlerin bir yapıdan diğerine büyük farklılıklar göstermediği, inşaat ve malzeme teknolojisinde alışılmışlığın, etkinliğe tercih edildiği yönündedir. Bu gözlemleri yapı tiplerine yansıtmak ve daha özele indirgemek eldeki yapıların gelecekteki deprem performansına işaret etmesi için gereklidir.

Yüksek Yapılar

İstanbul genelinde yüksek yapıların büyük bölümünün aynı bölgeye yerleştirilmiş olması, bu yapılar için kullanılan tasarım prensiplerinin de benzeşmesini ve bunun sonucunda ortaya çıkan yapı tipilerinin de benzer olması sonucunu doğurmaktadır. Yüksek yapılar, büyük yatırımlar gerektirmeleri nedeniyle projelerinin ve planlamalarının tasarımın öncesinde ve ötesinde iyi tanımlı bir şekilde yürütülmesi ihtiyacı doğmakta, ve sonuçta bu tür yapıların yer seçiminde deprensellik ve zemin şartlarından kaynaklanan olumsuzlukları en aza indirmeye çalışmak temel sorunlardan biri olmaktadır. Ancak, yer seçiminde baskı oluşturan, şehrin merkezine yakın olmak, ofis kira alanı pazarlamasına yakın ve bu alanda oturmuş bir sektörün olduğu bölgelerde çalışmak gibi faktörlerin de yatırımcılar açısından önemli planlamaya yanıtılmaktadır.

Yüksek yapı tasarımında seçilen geometrinin yalınlığı, bir yandan yapısal düzensizlikleri kontrol altında tutmak, diğer yandan da tasarım adımları sırasındaki koordinasyonun ve yapılan kabullerin geçerliğini ve doğru uygulanmasını sağlamak amacıyla gerekli olmaktadır. Bu, insan hatası payını en aza indirmek için geçerli bir yol olmasına karşın, yapıların görünüş ve sistem itibarıyla tip klasmanlara ayrılmasına ve bu klasmanların çok sınırlı sayıda kalmasına neden olmaktadır.

Yüksek yapı inşaatında malzeme seçimi konusu ele alındığında ise, karşımıza istisnasız olarak betonarmenin tek alternatif olarak bulunduğu görülmektedir. Bu seçimin desteklenmesinde en sık kullanılan tez yapı işçilerinin yeteri kadar eğitilmiş ve yetenekli olmadıklarıdır. Bunun yanında gözardı edilen ise, mühendislerimizin ve tasarım bürolarımızın bilgi birikimindeki ve yeni bilgileri edinmedeki eksiklikleridir. Her ne kadar, bireylerin şahsi bilgi birikimlerine kredi vermek gerekse de, çok az sayıda yatırımcı, tek bir uzman mühendisin yetkinliğine güvenerek yatırımını bu yönde riske atmak isteyecektir. Ayrıca, bilgi birikiminin varlığına işaret edecek diğer göstergeler de göze çarpmaktadır. Bu tip göstergelerin en önemlilerinden biri hızlı ve kalıcı konut üretimi gereken durumlarda az katlı yapıların çelik sistemlerle imalatına çalışmak olurdu. Bilgi birikimi ile ilgili diğer bir problem ise çelik – betonarme karma yapı sistemlerinin oluşturulmasındaki tecrübe eksikliğidir. Deprem yüklerinin yüksek mertebelere ulaştığı durumda ekonomik ve hızlı uygulanabilen tasarımlar oluşturduğu için diğer ülkelerde sıklıkla kullanılan bu tip sistemlerin tasarımında, her iki malzeme ile ileri tasarımlar yapmış kişilerin varlığına ihtiyaç vardır. Ayrıca, doğru ve iyi mühendislik, sadece bir tek malzemede uzmanlaşmak değil, ihtiyaca göre işverene optimum çözümleri hem zaman, hem de maliyet boyutlarında arayıp bulabilmekle tanımlıdır. Betonarme ve yapısal çelik haricinde yapı malzemelerinin de artık kullanımda olduğuna da dikkatimizi vermeliyiz, karbon elyaf, epoksi ve bu gibi malzemelerin davranışlarını kavrayabilmek, doğru ve ekonomik kullanabilmek de mühendisliğimizi malzemeden bağımsız kılmaktan geçmektedir.

Endüstri Yapıları

Endüstri yapılarının yoğunlaştığı bölgeler de üretimin gereklerine göre belirlenmekte, bundan dolayı, yüksek yapıların aksine, deprensellik ve zemin şartları açısından optimizasyonun çoğunlukla mümkün olmadığı durumlara sık rastlanmaktadır. Toplam yatırım maliyeti açısından bakıldığında yüksek yapılara denk bütçelerle çalışılsa da, bunun ya-

pıya ayrılan kısmı minimum tutulmaya çalışılmaktadır. Buna en temel neden, yapının kendisinden bir katkı ve kazanç beklenmemesi, üretimin yapı kalitesi ve/veya görünümünden, kullanım şartları ve kullanıcılarına sağladığı ortam şartlarından, üretilen malı etkilemediği sürece, bağımsız olarak sürdürülebilmesidir.

Endüstri yapısı tasarımında, uzak geçmişimiz çelik imalatca baskınken, son yıllarda destekleyici endüstrinin de kurulmasıyla betonarme ön üretim ağırlık kazanmıştır. Betonarme ön üretim yapılarda tip üretime gidilmesini sağlayan, öncelikle eleman taşıyıcı kapasitelerinde tasarım gereğinden fazla olan kapasitenin ihmal edilebilecek maliyetlere elde edilebilmesi gelmektedir. Bu durumda hesap, neredeyse çelik yapılar için nominal kesit seçme seviyesi olarak bakılan tasarım adımı sonlanmakta, ve tip bağlantılarla tasarım tamamlanmaktadır. Böylelikle, betonarme ön üretimli yapılarda tasarım emeği tip kesit ve eleman detaylarının hazırlanmasına ve beher projeye göre temel yapılmasına gitmektedir. Çelik yapılarda ise en büyük emek sistem bütünlüğünün oluşturulmasına, bağlantı detaylarının ve hesaplarının yapılmasına harcanmaktadır. Soket temel alternatifleri temel konusunda da betonarme ön imalata kolaylık getirirken, temel bağlantıları çelik yapılarda en önemli tasarım adımlarından birini oluşturmaktadır. Bütün bu noktalar gözönüne alındığında iki ayrı malzemenin ön üretim aşamalarında betonarme için fazlasıyla basitleştirilmiş ve sistem bütünlüğünün hafife alındığı bir yaklaşım görülürken, çelik imalatı ise yapının analizinde yapılan kabullerin gerçek uygulamaya en büyük doğrulukla yansıtılmaya çalışılmasının emeği göze çarpmaktadır. Bu tespitin tasarım süresine yansıtılmasıyla da, neden son yıllarda beton ön üretimli endüstri yapılarının çoğaldığını anlamak mümkün olmaktadır.

Özel Yapıların Deprem Performansı Üzerine Gözlemler

Yüksek Yapılar

Önceden de bahsedildiği üzere İstanbul'daki yüksek yapıların yer seçimi avantajı dolayısıyla, karşılaşacakları depremsellik ve zemin şartlarından kaynaklanan olumsuzluklar minimum seviyede olmaktadır. Geçirdiğimiz deprem deneyi sonrasında bu yapılarda hasara rastlanmamış olmasının bu yapıların bir kalite belirteci olarak sunulması en yanlış yorum olacaktır. Depremler sırasında yaşanan yer ivmelenmeleri ve sonrasında oluşturulan eşşiddet dağılımlarının da gösterdiği üzere, bu tip yapıların maruz kaldıkları yükler, beklenen dayanımla karşılaştırıldığında çok alt seviyelerinde kalmaktadır. Bu mertedeki bir yüklemde yüksek yapılar için oluşacak hasarın sadece yapısal olmayan kaplama, dolgu veya aksesuar türü elemanların montaj ve yerleşimindeki işçiliği ölçecek kadar değeri vardır. Ancak, mevcut yüksek yapı stoğunun davranışını aletsel olarak ölçebilmek mümkün olsaydı, bu yapıların rijitlik anlamındaki tasarımlarının kontrolünde önemli bir fırsat yakalanmış olurdu. Ne yazık ki bu fırsatı kaçırmış bulunmaktayız.

Uygulanan yapısal sistemlere gelecekteki bir deprem sırasında olası davranışları açısından bakıldığında, yüksek yapıların çok katlı bodrumlarının olası temel problemlerini en aza indirecek yönde etkisi olduğu, istisnasız kullanılan betonarme perde sisteminin yan al deplasmanları kısıtlayıcı ve üst mod etkilerini kontrol altına alıcı etkilerinin varlığı, tüm sisteme bakıldığında ise yüksek periyod alanına denk gelen yapının alacağı yüklerin narin olmayan yapılara nazaran daha az olacağı, üretimde kalite kontrolü mekanizmalarının işleminin daha güvenilir yapısal eleman performansı sağlayacağı ve en

önemlisi prestij yapısı tasarımının yarattığı baskıların tüm kabullerin güvenli tarafta kalacak ve risk almayacak şekilde yapılmasının getirdiği yüksek dayanım gereği fazlasının bu yapıların performans seviyesini yükselteceği açıktır.

Yüksek yapı tasarımında mühendislerin diğer ülke standartlarından sıklıkla yararlandıkları, bazı durumlarda tasarımın tamamının veya teknoloji paketinin yurtdışı kaynaklarca yapıldığı veya sağlandığı da bir gerçektir.

İstanbul'da olacak bir deprem sonrası ilk şok atıldıktan ve ticari mekanizmalar yeniden yerine oturduktan sonra yüksek yapılarla ilgili olabilecek en büyük sorun, yapı sahibi ile tasarımcı arasındaki performans seviyesi anlayışı farkı olacaktır. Mal sahibi önceden bu seviyeden haberdar edilmediği sürece yapısının bir çizik veya çatlak dahi almayacağı kabulüyle yaşayacak, deprem sonrasında ise beklemediği, ancak tecrübeli bir tasarımcının öngörebileceği bir hasar seviyesiyle ve tamirat gereğiyle karşılaşacaktır. Bu nedenle, yüksek yapıların ancak son yıllarda ortaya konulabilmiş olan yapısal performans dayalı değerlendirme metodlarıyla üçüncü bir göz tarafından incelenmesi olası anlaşmazlıkların yaşanmadan önünün alınmasını sağlayabilir.

Endüstri Yapıları

Endüstri yapılarının yer seçimindeki kısıtlar neticesinde, bu tip yapılar, kara, deniz ve demiryollarının taşıma kapasitelerinin cevap verebildiği bölgelerde, hammadde ve mamul madde taşımacılığının kısa mesafeler içinde çözülebildiği konumlarda bulunmak zorundadırlar. İstanbul için bakıldığında bu yapıların en büyük deprem riskine sahip fay hattı yakınındaki bölgelerde kümelenmiş olmalarının ortaya koyduğu risk, daha önce bahsedilmiş olan, yapıya verilen önemin azlığı nedeniyle üretim ve uygulamada oluşan aksaklıkların da artmasıyla yaşanan hasarlarda kendini belli etmektedir.

İstanbul içindeki endüstri yapılarında görülen hasarların en ilginç yönü, deprem merkez üssünden uzakta olmalarına karşın karşılaşılan yapısal olmayan eleman ve ekipman hasarlarıdır. Bu tip hasarların çoğu tek bir büyük kapalı alan ihtiyacı olmayan, aksine iyi yalıtımlı ve ufak alanlara ihtiyaç duyan işletmelerde gözlenmiştir. Bu hasarların gözlendiği yapıların tamamı betonarme yapılarıdır. Prekast ve yerinde dökme elemanların sıklıkla beraber kullanılmış olduğu bu gibi yapılarda, yapının sistem bütünlüğü ve rijitlik sürekliliği ile ilgili kabuller iyi kontrol edilmediği zaman, monolitik betonarme yapı yaklaşımıyla yapılan hesapların gözlenen hasara neden olduğu açıktır. Yüzey kaplaması olarak kullanılan betonarme panellerin bir kutu benzeri çevre duvar oluşturabildiği durumlarda hasar az olmuştur. Bu panellerin bağlantıları gözönüne alındığında bu amaçla tasarlanmadıkları görülmektedir. Buna ek olarak, bu tip panellerin temellendirilmesi veya soketlenmesi mümkün olmayan durumlarda ise, örneğin ara kat hizalarında veya çepeçevre pencereler varsa, panel bağlantılarının koparak yapısal olmayan hasarları artırıcı etkisi olduğu açıktır.

Çelik endüstri yapılarının deprem hasarlarına bakıldığında merkez üssüne uzak yapıların kaplama ve panel bölgelerinde görülen hasarların yanında büyük hasar almadığı görülmektedir. Bunun temel nedenini çelik yapı tasarımında yanal rüzgar yüklerinin hesaba katılmış olması ve genel bir sistem yaklaşımının mevcut olmasıdır. Kaynağını bir ve iki boyutlu sistemlerin, üç boyutta stabilitesini sağlama amacından alan bu sistem düşüncesinin, birleşim noktalarında mevcut sekonder dayanım öğelerinin yok sayılıp basit birleşim kabul edilip yapılmasından ve hafif kaplama malzemelerinden dola-

yı oluşan düşük kütle etkilerinden büyük destek aldığı da yadsınamaz. Bunun yanında, mekanik aksam ve iş makinalarının etkilerinden oluşacak dinamik etkilerin hesaba yanıtılması da bir ölçüde ek dayanım fazlası yaratmakta etkili olmaktadır.

Merkez üssüne yakın hasarlı çelik endüstri yapılarının çoğu büyük ihtimalle sadece yanal rüzgar yüklerine uygun boyutlandırılmış ve bu yapılar ek açıklıklarla genişletilirken artacak kütle etkileri ihmal edilmiş, dolayısıyla yukarıda bahsedilen potansiyel dayanım fazlalıklarının tümü ortadan kaldırılmıştır. Bu yapılarda hasar alan noktalar çoğunlukla, rüzgar ve stabilite bağlantılarının bulon ve kaynakları, ve yanal yüke göre tasarlanmamış olan kolon-temel birleşimleridir.

Hem betonarme hem de çelik prefabrike veya yerinde imalat / birleştirme yapılarda kütle etkileri arttıkça artan hasar durumu, endüstri tipi yapılardaki karşılaşılan az hasar durumu, bu yapıların performansının rasyonel bir tasarım kuralından kaynaklanmadığını ve sadece tasarım sırasında dikkate alınmayan dayanım fazlasında olduğunu göstermektedir.

Prekast betonarme yapıların özelinde ise, üretimde uygulanan kontrolün eleman bazında kalite sağladığı, ancak yapısal sisteme katkısının bu elemanların akıllıca kullanımını ve iyi entegrasyonundan geçtiği hatırdan çıkarılmamalıdır. Buradan hareketle de prekast tasarımına yönelik yeni düzenlemeler sistem davranışını gözönüne alacak şekilde yapılmalıdır.

Sonuçlar

İstanbul şehri ve Marmara Bölgesi'ndeki diğer yerleşim bölgelerinde, 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinden etkilenen yapıların gözlemleri sonucunda rastlanılan tipik problemlerin, İstanbul ve çevresindeki yüksek yapılar ve endüstri yapılarına yansımalarını tartıştığımız bu bildiri de şu ana noktalara değinilmiştir.

1. Deprem mühendisliğinde uzmanlaşan mühendis ve öğretim üyelerimizin bilgi birikiminin tasarımcılara aktarımının, sadece anlatım ve uyarı yoluyla istenen amaca hizmet edemediği açıktır. İşaret edilmek istenen problemlerin büyüklüğünün ancak yaşanan felaketlerden alınacak derslerle özümlelenebildiği görülmektedir.
2. Konut kullanım amacı haricinde üretilen yapıların, daha kısıtlı bir toplum kesimine hizmet vermelerine karşın, genel olarak deprem mühendisliği adına yapılan hataları izole edebilen bir gösterge olarak kullanılabilceği görülmektedir.
3. Yüksek yapılar ve endüstri yapılarıyla sayısal çoğunluğu kapsanabilen özel yapıların, tasarım, yer seçimi, depremsellik, zemin şartları, inşaat teknoloji ve malzemeleri gibi yapısal parametrelerinin tamamını ekonomik faktörler belirlemektedir. Ancak, bu ekonomik etki sadece geleneğin şart koşulduğu bir baskı şeklinde gerçekleşmekte, mal sahibi, tasarımcı, veya uygulamacının optimizasyonuna açık tutulmamaktadır.
4. Yüksek yapılar ve endüstri yapılarının tasarımı, kullanım amacının belirlediği, genelde yalın yapısal sistemlerce baskın, ve bu sistemler arasında yerinde dökme betonarme ve prekast sistemler çoğunlukta.
5. Yüksek yapılarda tasarım risklerinin minimize edilmesi ve uygulamanın sağlığı kaygısı, eldeki alışılmış inşaat teknolojisi, işçi kalitesi ve tasarım birikiminin gerektirdiği ortak payda olan betonarme tip sistemleri standartlaştırmıştır. Bu tip yapılarda inşaat maliyetindeki artış ve seçilen sistemlerden dolayı yapıların kullanım alanlarının rijit ve değişmeyen biçimde, risk alarak yeni teknolojiler denemeye ve bu yolla daha

esnek kullanım alanları yaratabilecek ve maliyeti düşürebilecek alternatiflere karşı tercih edilmektedir.

6. Endüstri yapılarında kütle kaynaklı (deprem yükü) etkilerin karşılanması için rasyonel bir yaklaşım geleneği oluşmamış, betonarme yapılarda sistem mantığının, çelik ve karma yapılarda ise bu mantığın kütle etkilerine taşınmış halinin olmadığı görülmektedir.
7. Yapıların imalat aşamalarında yapılan kalite kontrolünün, genel çerçevede sistem davranışı tasarımının yapılmadığı durumda, sadece iyi kaliteli elemanlar oluşturmakta işe yaradığı, ancak bunun tüm sistemin performansına yansımalarının sistem sürekliliği ve bu elemanlara atanan görevlerin etkinliği ile sınırlı kaldığı açıktır.
8. Yüksek yapılar, deprem merkez üssüne uzaklıkları, kullanılan yapısal sistemlerin yalın ve düzensizliklerden uzak olmasından dolayı karşılaştıkları düşük mertebedeki yükler altında bir kusur göstermemişlerdir. Bu yapılarda, prestij yapısı tasarımındaki baskının yarattığı, dayanım gereğinden fazlasına göre boyutlandırmadan oluşan ve derinlemesine incelemenden görülemeyen fazla dayanımlar olduğu açıktır. Bu anlamda, yaşanan depremler sonrasında İstanbul'daki yüksek yapılar bir deprem sınavı vermemiş ve doğal olarak yapısal hasar görmemiştir.
9. Hasarlı endüstri yapılarında görülen en önemli husus, yanal rijitlik tasarımının hatalı olduğu durumlarda hasar ölçeğinin çok arttığıdır. Yapıdan beklenen performansın, yapının iç hacimlerindeki üretimin hassasiyeti ile orantılı artması gerektiği, pek çok tasarımcı tarafından ancak oluşan hasarlardan sonra farkedilmiştir.
10. Mal sahiplerinin yapıların tasarımında dikkate alınan parametrelerden habersiz olduğu açıktır. Yönetmeliklerin yapıların sıfır hasar almasına göre düzenlendiğini düşünen kişiler çoğunluktadır. Bunun önüne geçilebilmesi için mal sahibine yapısının deprem sonrası performansını belirleyebilme olanağının sağlanması ve buna uygun düzenlemelerin yapılması gereklidir.

Bibliyografi

- STESSA 2000 – Behaviour of Steel Structures in Seismic Areas, Mazzolani & Tremblay (eds.), 2000, Balkema, Rotherdam.
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 1998.
- UBC 1997 – Uniform Building Code, International Conference of Building Officials, Whittier, 1997
- FEMA 273 – NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington D.C., October, 1997.
- Üçüncü Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 27-31 Mart 1995, İstanbul
- Eurocode 8 – Design Provisions for Earthquake Resistance of Structures, CEN, European Committee for Standardization, ENV 1998-1-1, 1994.