

T.C.
BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
İnşaat Mühendisliği Bölümü

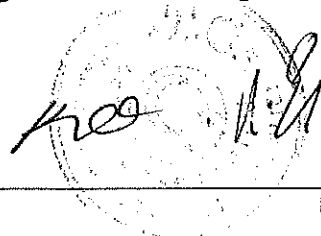
Doç. Dr. Kutay Orakçal
Boğaziçi Üniversitesi İnşaat Müh. Bölümü
34342 Bebek, İstanbul
Tel: 212-359-7616
Fax: 212-287-2457
E-posta: kutay.orakcal@boun.edu.tr

Prof. Dr. Uğur Ersoy
Boğaziçi Üniversitesi İnşaat Müh. Bölümü
34342 Bebek, İstanbul
Tel: 212-359-6411
Fax: 212-287-2457
E-posta: ugur.ersoy@boun.edu.tr

**BAY İNŞAAT İTHALAT VE TİCARET A.Ş.'NE AİT,
İSTANBUL İLİ, SARIYER İLÇESİ, MASLAK MAHALLESİ
1 ADA, 2 PAFTA, 97 PARSEL'DEKİ "42 MASLAK" PROJESİ A ve B BLOK
BİNALARININ STATİK HESAPLARINDA VE BETONARME UYGULAMA
PROJELERİNDE KULLANILAN İLKE VE YÖNTEMLER
İLE İLGİLİ TEKNİK RAPOR**

1. Konu

Yapı Teknik Proje Müşavirlik ve Mühendislik Ltd. Şti'nin talebi üzerine Bay İnşaat İthalat ve Ticaret A.Ş.'ne ait, İstanbul İli, Sarıyer İlçesi, Maslak Mahallesi, 1 Ada, 2 Pafta, 97 Parsel'de yapılmakta olan "42 Maslak" projesi inşaatı kapsamında Yapı Teknik Proje Müşavirlik ve Mühendislik Ltd. Şti. tarafından A ve B Blok binaları (Kule Yapısı) için hazırlanmış olan hesap raporları ve betonarme uygulama projeleri incelenmiş, binaların tasarımında ve projelendirmesinde izlenen temel ilkeler ve hesaplarda kullanılan yöntemlerin uygunluğu ve yürürlükteki yönetmelik ve standartlarla uyumluluğu bu teknik rapor kapsamında değerlendirilmiştir.



2. Yönetmelikler

Binaların statik hesaplarında ve projelendirilmesinde kullanılan yönetmelikler ve standartlar aşağıda sunulmuştur:

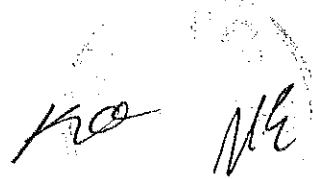
- Türk Standartları Enstitüsü, TS 498 – Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, 1997.
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007 (DBYBHY 2007).
- Türk Standartları Enstitüsü, TS 500 – Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, 2000.

Hesaplarda ve projelendirmede TS 500 standardı ve DBYBHY 2007 yönetmeliği kapsamı dışına çıkıldığı durumlarda A.B.D.’de betonarme yapıların projelendirilmesinde kullanılan ve American Concrete Institute tarafından yayımlanmış olan “ACI318–Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary” standardıyla uyumluluk gözetilmiştir.

3. Değerlendirme

42 Maslak Projesi Kule Yapısı olarak projelendirilen A ve B Blok binaları için Yapı Teknik Proje Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olan hesap raporları ve betonarme uygulama projeleri incelenmiş, projelendirmede kullanılan tasarım ilkeleri ve hesap yöntemleri aşağıda belirtilen hususlar kapsamında değerlendirilmiştir:

- Kule yapısı 7 Bodrum kat, 1 Zemin kat ve 34 Normal kattan oluşmaktadır. Toplam 42 katlı olan yapı, -24.50 ve +145.00 kotları arasında 169.50m yüksekliğe sahiptir. Yapının dış akslar arasında kalan en büyük plan boyutları yaklaşık olarak 42m×40m’dir.
- Yapının taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi yüksek betonarme perdeler, betonarme çerçeveler ve plak döşemelerden oluşmaktadır. Taşıyıcı sistem DBYBHY 2007 Bölüm 2.5.4.1’te verilen deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdeler tarafından taşındığı karma sistem tanımına uygundur. Deprem hesaplarında bu tür sistemler için DBYBHY 2007 Tablo 2.5’te tanımlanan $R=6$ değeri kullanılmıştır. Yapı için tanımlanan taşıyıcı sistem sınıfı ve hesaplarda kullanılan R katsayısı uygun bulunmuştur.
- Yapının analizleri için “ETABS ver.9.7.2” ve “SAFE” yazılımları kullanılmıştır. Analizlerde temel, döşeme ve perdeler kabuk (shell) elemanlar, kolon ve kirişler ise çubuk



(frame) elemanlar kullanılarak modellenmiştir. Binanın taşıyıcı sisteminin modellenmesinde kullanılan yöntem uygun bulunmuştur.

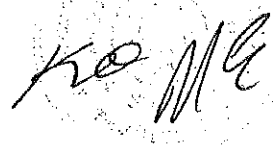
- Malzeme sınıfları, beton için C50, donatı için ise S420a olarak seçilmiştir. Kullanılan donatı sınıfı ve özellikleri TS500 ve DBYBHY 2007'ye uygundur. Yapının perde ve kolonlarında hesaplanan eksenel gerilme mertebelerinin DBYBHY 2007'de belirtilen üst sınırın (depremlı yüklenme durumunda $0.50f_{ck}$) belirgin bir şekilde altında kaldığı görülmüştür. Bu durum, kullanılan beton sınıfının uygun ve projede kullanılan perde ve kolon kesitlerinin eksenel basınç seviyesi açısından yeterli olduğunu göstermektedir.
- Yapının kalıcı yük hesabında ilave yükler ve duvar yükleri gözatılmış, döşeme hareketli yükleri için TS 498'e uygun olacak şekilde odalarda, otel odalarında, hollerde, tesisat katlarında ve otoparklarda ayrı değerler kullanılmıştır. Yapıya etkiyen rüzgar yükü hesapları TS 498'e uygun biçimde yapılmış, rüzgar yüklerinin deprem etkilerinden düşük seviyede olduğu hesapla gösterilmiştir.
- Yapının deprem hesabında Bina Önem Katsayısı için $I=1$; Yerel Zemin Sınıfı için Z2, Spektrum Karakteristik Periyotları için $T_A=0.15s$ ve $T_B=0.40s$, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı için $R=6$, normal katlarda Hareketli Yük Katılım Katsayısı için $n=0.30$, bodrum katlarda Hareketli Yük Katılım Katsayısı için $n=0.60$, değerleri kullanılmıştır. Bu değerler DBYBHY 2007 Bölüm 3'teki hükümler ile uyumludur. Deprem hesabında Etkin Yer İvmesi Katsayısı için $A_0=0.30$ değeri kullanılmıştır. Yapının 2. Derece Deprem Bölgesi'nde yer aldığı gözatildiğinde, bu değer DBYBHY 2007'ye uygundur.
- Deprem hesabında mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Hesapta yapının toplam 30 titreşim modu göz önünde bulundurulmuştur. X ve Y yönlerinden her ikisinde de her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamı yapı toplam kütlelerinin %90'undan fazla olması koşulu sağlandığından (X yönünde %90.1, Y yönünde %90.7) hesaba katılmış olan titreşim modu sayısı DBYBHY 2007 Bölüm 2.8.3.1'e göre yeterlidir.
- Modal analiz sonucunda yapının 1. titreşim moduna ait doğal titreşim periyodu X yönünde $T_{1x}=4.4s$, Y yönünde ise $T_{1y}=4.5s$ olarak hesaplanmıştır. Deprem hesabı için yapının toplam ağırlığı hareketli yük katılım katsayısını içerecek şekilde $W_f=129273$ ton olarak hesaplanmıştır. Mod katkılarının birleştirilmesi sonucunda elde edilen yapıya etkiyen toplam deprem yükü değerleri X yönünde $V_{1Bx}=2338$ ton ve Y yönünde $V_{1By}=2504$ ton olarak hesaplanmıştır.



- Eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak belirlenen yapıya etkiyecek toplam deprem yükü değerleri, DBYBHY 2007 Bölüm 2.7.1.1'deki minimum taban kesme kuvveti şartı da gözetilerek, hem X hem de Y yönünde $V_{ix}=V_{iy}=3878$ ton olarak hesaplanmıştır. Mod birleştirme yöntemiyle elde edilen V_{IB} değerlerinin eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen V_I değerlerine oranının büyütme altsınır katsayısı olan β değerinden küçük olması nedeniyle, mod birleştirme yöntemine göre bulunan iç kuvvet ve yerdeğiştirme değerleri DBYBHY 2007 Bölüm 2.8.5'e uygun olarak büyütülmüştür. Yapıda A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerin bulunmasına rağmen, güvenli tarafta kalacak şekilde altsınır katsayısı için $\beta=0.90$ değeri kullanılmıştır. Bu büyütme sonucunda mod birleştirme yöntemiyle elde edilen iç kuvvet ve yerdeğiştirme değerleri X yönünde 1.49 oranında ve Y yönünde 1.39 oranında arttırılmıştır. Hesaplarda deprem etkilerine uygulanan bu büyütme uygundur.
- Yapıda planda çıkıntılar bulunması (A3), döşeme süreksizliği (A2), komşu katlar arasında dayanım düzensizliği (B1) ve düşey taşıyıcı elemanların süreksizliği (B3) düzensizlikleri bulunmamaktadır. Ayrıca yapıda burulma düzensizliği (A1) ve komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği (B2) durumları bulunmadığı hesapla gösterilmiştir. Düzensizlik kontrolü hesapları DBYBHY 2007'ye uygun olarak yapılmıştır.
- Yapıda etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değerinin kat yüksekliğine bölünmesinden elde edilen oranın en yüksek değeri, $(\delta_i)_{max}/h_i=0.009$ olarak hesaplanmıştır. Bu oran DBYBHY 2007 Denklem 2.19'da verilen 0.02 üst sınırından küçük olduğundan, etkin görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması koşulu (DBYBHY 2007 Bölüm 2.10.1.3) sağlanmaktadır.
- Yapıda DBYBHY 2007 Denklem 2.20'de tanımlanan ikinci mertebe gösterge değerlerinin en büyüğü $\theta_r=0.07$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer 0.12 üst sınırından küçük olduğundan, taşıyıcı sistemin rijitlik koşulu (DBYBHY 2007 Bölüm 2.10.2.1) sağlanmış ve ikinci mertebe etkilerin hesabında TS-500 Bölüm 7.6.2.5'te verilen moment büyütme katsayıları kullanılmıştır. Hesaplarda uygulanan bu yaklaşım uygundur.
- Yapı katlarında döşeme sistemi olarak 250mm kalınlığında kirişsiz plak döşeme kullanılmıştır. Döşeme plakları "shell" elemanları kullanılarak modellenmiş, döşeme elemanları yapının taşıyıcı sisteminin analizine dahil edilmiş, dolayısıyla deprem etkileri altında döşeme elemanlarında oluşacak tesirler hesaplarda gözetilmiştir. Döşemelerde kısa ve uzun süreli sehîm kontrolleri yapılmıştır. Döşemeler çevresel kirişlerle birbirine bağlanmış, bu şekilde hem döşemelerin zımbalama güvenliği artırılmış, hem de yapının yatay yük taşıyıcı sistemine katkıda bulunacak çerçeveler oluşturulmuştur. Döşemelerde

ayrıca kolon ve perdeler arasında boyuna ve enine donatı içeren gizli giriş (bant) elemanları oluşturulmuş, böylelikle hem döşemenin zorlanan bölgelerinde dayanımı arttırılmış, hem de deprem yüklerinin döşemelerden perdelerle aktarım mekanizması güçlendirilmiştir. Döşemelerde gerekli eğilme ve kesme kontrolleri yapılmış, döşeme donatısı miktarları analiz sonuçlarıyla uyumlu bir şekilde hesaplanmıştır. Döşemeler için uygulanmış olan modelleme ve hesap yöntemleri uygun bulunmuştur.

- Yapıda temel sistemi olarak plak radye seçilmiştir. Radye temelin kalınlığı kule yapısının bulunduğu bölgede 2.50m'dir. Temel sisteminin tasarımında projenin zemin etüdü raporunda belirtilen koşullara uyulmuş, zeminde oluşan gerilmelerin zemin emniyet gerilmesi değerini aşmaması koşulu esas alınmıştır. Radye plağın hesaplarında zemin için Winkler yay modeli kullanılmış, zemin yatak katsayısı değeri zemin etüdü raporuna uygun olarak alınmıştır. Radye temelinin farklı yük kombinasyonları altındaki analizlerinde "SAFE" programı kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi uygulanmış, radye temel eğilme donatıları detaylı analiz sonuçları ışığında hesaplanmış, radye temelde gerekli zımbalama kontrolleri yapılmıştır. Radye temel için uygulanmış olan analiz yöntemi ve tasarım yaklaşımı uygun bulunmuştur.
- Yapının kolon ve girişlerinde kullanılan boyuna donatı ve kesme donatısı miktarları analiz sonuçlarıyla uyumlu bir şekilde hesaplanmıştır. Perde ve kolonlar üzerine etki eden aksel basınç gerilmesi düzeyleri makul mertebelerde olup, DBYBHY 2007 Bölüm 3.3.1.2'de belirtilmiş olan üst sınır koşulunun altında kalmaktadır.
- Yapıdaki perde kalınlıkları DBYBHY 2007 Bölüm 3.6.1 ve 3.6.2'ye uygun olarak seçilmiştir. Perde uç bölgelerindeki enkesit ve donatı koşullarının belirlenmesinde, DBYBHY 2007 3.6.2 ve 3.6.5 bölümlerinde belirtilen gerekli kontroller yapılmıştır. Tasarımda perde uç bölgeleri DBYBHY 2007 hükümleriyle uyumlu bir şekilde oluşturulmuş, yapılan aksel kuvvet – eğilme momenti kapasite kontrolleri sonucunda perdelerin yeterli eğilme dayanımına sahip oldukları gösterilmiştir. Perde uç bölgelerine DBYBHY 2007 ile uyumlu miktarda ve aralıkta sargı donatısı yerleştirilmiştir.
- Perde gövdelerinin her iki yüzündeki gövde donatılarının toplam enkesit alanı, DBYBHY 2007 Bölüm 3.6.3.1'e uygun olarak, düşey ve yatay donatıların her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt enkesit alanının 0.0025'inden az olmayacak şekilde seçilmiş, perde gövdesinde boyuna ve enine donatıları aralıkları 250mm'den fazla olmayacak şekilde düzenlenmiş, gövdenin iki yüzündeki gövde donatıları çirozlarla birbirine bağlanmıştır. Perde gövde donatılarının yerleşiminde



uygulanan detaylar uygun bulunmuştur. Perdeler için ayrıca kesme sürtünmesi kontrolleri yapılmış, yeterli kesme sürtünmesi kapasitesinin sağlanması için gerekli durumlarda perdelerdeki düşey donatı miktarı arttırılmıştır.

- Perdelerin kesme güvenliği kontrollerinde perde kolları üzerine etki eden kesme kuvvetleri, güvenli bir yaklaşımla, $R_d=2$ durumu için hesaplanmıştır. Yapılmış olan perde kesme güvenliği kontrollerinde, deprem yükü azaltma katsayısı için DBYBHY 2007 ile uyumlu olarak $R_d=2$ değeri kullanılarak hesaplanan kesme kuvvetlerine karşılık yeterli düzeyde perde kesme dayanımları sağlanmıştır. Perdelerin kesme güvenliği yeterli bulunmuştur.



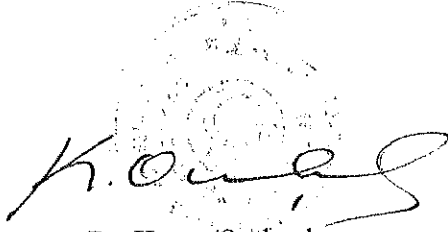
4. Sonuç

Bay İnşaat İthalat ve Ticaret A.Ş.'ne ait, İstanbul İli, Sarıyer İlçesi, Maslak Mahallesi'nde yapılmakta olan "42 Maslak" projesi inşaatı kapsamında Yapı Teknik Proje Müşavirlik ve Mühendislik Ltd. Şti. tarafından A ve B Blok binaları (Kule Yapısı) için hazırlanmış olan hesap raporları ve betonarme projeleri incelenmiştir.

Bu inceleme ve değerlendirme sonucunda, yapının projelendirilmesinde benimsenen ilkelerin, izlenen yaklaşımın ve kullanılan yöntemlerin betonarme yapıların tasarımı için uygulanması gereken mühendislik esaslarına uygun olduğu görüşüne varılmıştır.

Ayrıca hesap ve projelendirmede kullanılan kriterlerinin yürürlükte olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007), TS 500 – Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları (2000) ve TS 498 – Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri (1997) yönetmelik ve standartlarına uygun olduğu görüşüne varılmıştır.

Bilgilerinize saygılarımızla sunarız. 21.03.2016



Doç. Dr. Kutay Orakçal
Boğaziçi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi



Prof. Dr. Uğur Ersoy
Boğaziçi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Öğretim Görevlisi
Orta Doğu Teknik Üniversitesi Emekli Öğretim Üyesi