

Dr. Gökhan Tunç  
İnşaat Yüksek Mühendisi

Macit Yurtsever  
İnşaat Yüksek Mühendisi

Dr. Ali R. Özuygur  
İnşaat Yüksek Mühendisi

Anđan Tanfener  
İnşaat Mühendisi

# AntHill Bomonti Rezidans ve arşı / Sosyal Tesis Projesi

## Özet

Bu makale Şişli’de inşaatı devam etmekte olan AntHill Bomonti Rezidans ve arşı / Sosyal Tesis projesi hakkında genel düzeyde teknik bilgi vermeyi amaçlamaktadır. Zemin kotu altında otopark, teknik hacim, sığınak olarak kullanılan 5 kat ile zemin kotu üstünde sosyal tesis ve 54 konut katından ibaret gökdelenin yapısal analizi için tercih edilen yöntemler ve bunların tercih edilme sebepleri açıklanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Yüksek yapı, perdeli sistem, kirişsiz döşeme, burulma etkisi, rüzgâr ve deprem yükleri

## Giriş

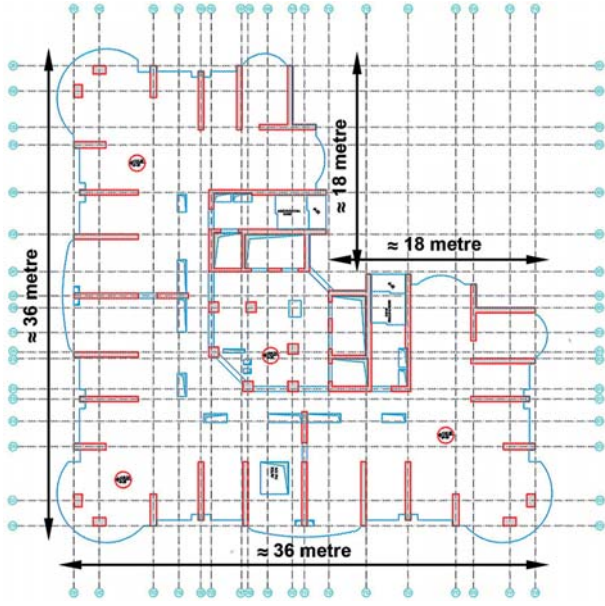
Bu makale, Şişli ilçesi’nin Cumhuriyet Mahallesi’ne bağlı Bomonti Caddesinde inşaa edilecek olan 60 katlı iki kule ve 6 katlı sosyal tesise ait genel düzeyde teknik detay vermektedir. Kulelerin temel üstünden olan yükseklikleri 210 metredir. Zemin seviyesinden olan yükseklikleri ise 194 metredir. 6 katlı sosyal tesis ise içerisindeki otoparkla birlikte zemin altında yer alan bir yapıdır (Resim 1).

Oldukça eğimli bir arazi üzerinde inşası devam eden yapının ortalama olarak 16 metresi zemin altında kalmaktadır. Söz konusu bölgede yapılacak yapıların denizden yükseklikleri, Atatürk Havalimanı’na yakınlığı nedeniyle Ulaştırma Bakanlığı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından 250 metre ile sınırlandırılmıştır.

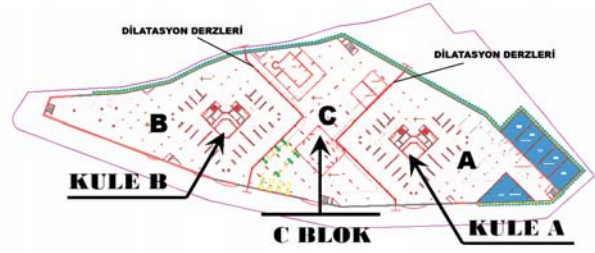
Yapısal açıdan gerçekleştirilen ön incelemelerden sonra iki kule ve sosyal tesisin derzlerle birbirinden ayrılarak bağımsız halde hesaplanması ve inşaa



Resim 1 - Yapının üç boyutlu maketi



Şekil 1 - Tipik katlara ait kalıp planı



Şekil 2 - Vaziyet planı

edilmesi planlanmaktaydı (Şekil 1). Fakat derzlerle oluşturulan bu yapıların mimari açıdan uygun olmadığı görülmüş, buna bağlı olarak kuleler etrafındaki yapı kısımları ile birleştirilerek derz yerleri yeniden teşkil edilmiştir. Böylelikle yapının toprak altında kalan kısmı için, uzunlukları 120 metreye varan üç bölüm halinde inşaa edilmesine karar verilmiştir. Şekil 2'de verilen vaziyet planında derzlerle ayrılmış bloklar isimleri ile beraber gösterilmektedir.

## Temel Sistemi

Yapının oturduğu zemin Trakya Formasyonu'ndan olup az ayrışmış ve sık eklemlili, orta dayanımlı kumtaşı-kiltaş karışımı ile yüksek yapı inşaatını mümkün kılan, görece iyi bir zemindir. Resim 2'den de görüleceği üzere zemin kazıldığı zaman dike yakın bir şev açısında kendini tutabilen yapıda olup, özellikleri açısından Z1 cinsi yerel zemin sınıfında yer almaktadır. İnşaat alanı için hazırlanmış olan zemin etüdü geoteknik raporunda zemin emniyet gerilmesinin,  $\sigma_{zem} = 100$  ton/m<sup>2</sup> ve düşey yatak katsayısının,  $k_s = 10000$  ton/m<sup>3</sup> alınması önerilmiştir.

Zeminin nispeten sağlam oluşu temel tasarımını kolaylaştırmış olsa da, yapının ağırlığı derin radye temel kullanımını zorunlu kılmıştır. Zemin etüdü geoteknik raporunda aksini belirtir bir ibare yer almadığı için temelin altındaki her noktada zemin yatak katsayısı eşit kabul edilmiştir. Analiz sonuçlarına dayanarak - ve ilerleyen yıllarda bölge zemininden kuyu vb. vasıtasıyla su çekilmeyeceği varsayılarak - işletme yükleri altında temelde oluşan en büyük oturma, radye temeller için verilen 5 cm'lik maksimum oturma değerinden daha az hesaplanmıştır.

Radye temel kalınlıkları A ve B kulelerinin altında 250 cm, çarşı bölümlerinin altında 80 cm ve C bloğunun altında ise 150 cm olarak hesaplanmıştır.

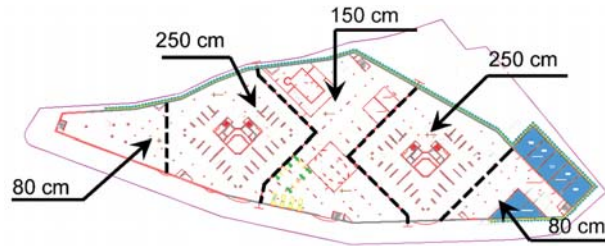
Temeldeki kademeler 5 metre genişlikteki şerit içerisinde 250 cm'den 80 cm'ye doğru lineer bir azalma yapacak şekilde teşkil edilmiştir. 250 cm derinliğindeki temellerin betonu 125 cm derinlikte iki tabaka halinde dökülmüştür (Şekil 3). 3 ve 4 no'lu resimlerde temele ait genel görünüm yer almaktadır.

## Üstyapı Taşıyıcı Sistemi

Üstyapıya ait taşıyıcı sistem için betonarme perde, kolon ve kirişsiz döşemelerden oluşan bir sistem düşünülmüştür. Temelde C30, üstyapıda ise C40 sınıfı beton kullanılmıştır. Donatı çeliği olarak BÇIIIa sismik donatı çeliği kullanılmıştır. Kat döşemeleri, 30 cm kalınlığındaki kirişsiz döşemelerden oluşturulmuştur. Bu tür döşeme seçiminde, mimari talep gereği sağlanması gereken net kat yükseklikleri önemli rol oynamıştır. Kirişli döşeme peyzaj düzenlemesiyle ortaya çıkan 60 cm'lik toprak yükünün taşınacağı zemin katta kullanılmıştır. Kuleye ait yapının yatay yüklere karşı



Resim 2 - Saha zemininin genel görünümü



Şekil 3 - Temel Kalınlıkları (cm)



Resim 3 - Kule B: Temel çalışmalarını



Resim 4 - Temel üst donatılarının görünümü

olan rijitliğini artırmak amacı ile bazı perde duvarlar arasında bağ kirişleri oluşturulmuştur (Şekil 4).

Bina genel yerleşiminden dolayı C blok yapısal açıdan düzensiz bir kat planına sahiptir (Şekil 5). Sosyal tesis olarak tasarlanan C blok için, A ve B bloklarda olduğu gibi kirişsiz döşemeli sistem tercih edilmiştir. C bloğa ait en üst kat döşemesi peyzaj tasarımından dolayı 60 cm'ye varan toprak yükü taşımaktadır. Bu yükün güvenli bir şekilde taşınabilmesi için 30 cm kalınlığındaki döşeme, 40 cm x 90 cm ebatlarındaki kirişlerden oluşan döşeme haline dönüştürülmüştür.

A ve B kulelerinde düşey taşıyıcı sistem elemanı olarak perde duvarlar ve kolonlar kullanılmıştır. Kalınlıkları 40 cm'ye varan perde duvarlar bina cephesine dik yönde yerleştirilmiştir. Ebatları 80 cm x 80cm ve 100cm x 65cm olan iki tür kolon ise Şekil 1'de verildiği gibi konumlandırılmıştır. Sosyal tesis ve otopark katlarında farklı ebatlara sahip perdeler ve kolonlar kullanılmıştır (Resim 5). Bu katlardaki tipik kolon aks aralıkları ise 7.5 metre civarındadır. Bodrum katlarında kullanılan kapama perdelerine ait kalınlıklar ise 30 ila 50 cm arasında değişmektedir.

## Dinamik Analiz - Mod Birleştirme Yöntemi

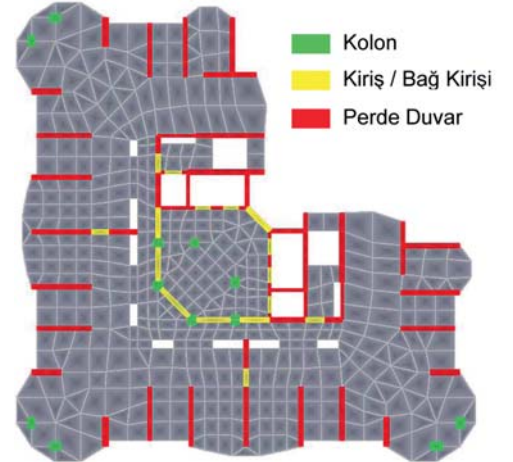
### A ve B Kule Blokları

Resmi kaynaklara göre yapının bulunduğu yer ikinci derece deprem bölgesidir. Fakat İstanbul'a ait deprem bölgesi haritalarında bölgelerin birbirine yakınlığı göz önüne alınarak yapının dinamik analizi 1. derece deprem bölgesine göre yapılmıştır. Yapının dinamik analizinde sonlu elemanlar yöntemiyle analiz yapan ETABS paket programı kullanılmış ve deprem yönetmeliğince gerekli olan %90 modal kütle katılım oranını sağlamak amacı ile 48 adet mod sayısı uygun görülmüştür (Şekil 6). İkinci mertebeye etkilerinin yapı analizine olan tesirleri için ETABS'deki P-Delta modülü kullanılmıştır.

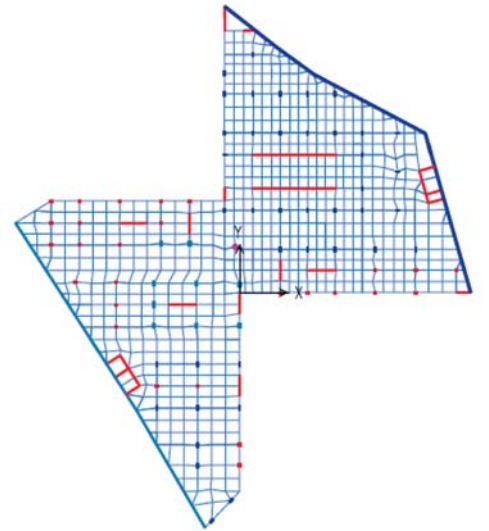
Bazı katlarda, ağırlık merkezi ile rijitlik merkezi arasında 3 metreye varan farklar oluşmaktadır. Bu yüzden



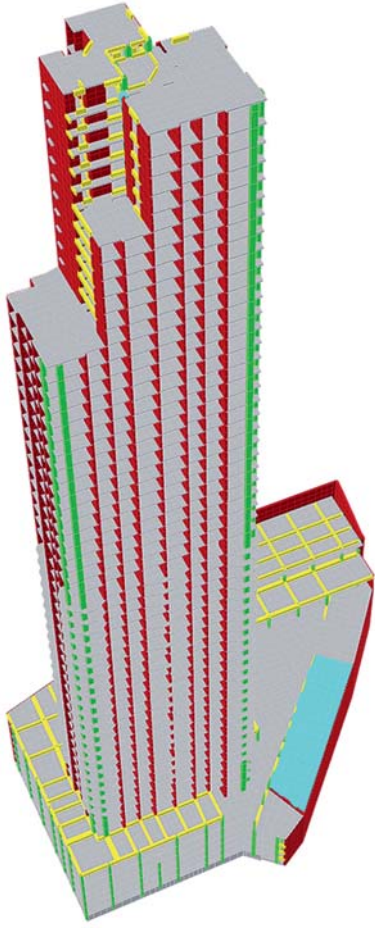
Resim 5 - Üst yapı çalışmalarından genel görünüm



Şekil 4 - Kule B: Kat sonlu eleman modeli (ETABS)



Şekil 5 - C Blok: Kat sonlu eleman modeli (ETABS)



Şekil 6 - A Blok: 3 boyutlu analiz modeli

yapının baskın modlarında sırasıyla zayıf eksen doğrultusunda ötelenme ( $T_1 = 5.28$  sn), ötelenmeli burulma ( $T_2 = 4.70$  sn) ve  $90^\circ$  burulma ( $T_3 = 3.54$  sn) etkisi gözlemlenmiştir. Burulma etkilerinin taşıyıcı elemanlar arasında güvenli bir şekilde aktarılabilmesi için, mimari kat planının ortasında kalan bölgede kirişler aracılığıyla burulma çekirdeği oluşturulmuştur (Şekil 7). Böylelikle deprem kesme kuvvetlerinin tamamına yakınının perdeler tarafından taşınması sağlanmış, perdelerle bağlanan bazı kirişler ise eğilme elemanı olarak değil bir kolon elemanı olarak detaylandırılmıştır.

Perde duvarların olası bir depremde çatlayarak sergileyeceği davranışı incelemek amacıyla elastik analiz sonucunda elde edilen etkiler kullanılarak perdelerin çatladıktan sonraki etkin rijitlikleri hesaplanmış ve bu yeni rijitliklere göre analiz tekrarlanmıştır. Tekrarlanan analizler sonucunda baskın mod periyodunun bir miktar artış gösterdiği, buna bağlı olarak da binaya gelecek deprem yükünün azaldığı gözlemlenmiştir. Katlar arası göreceli ötelemelerde ve bina üst kotundaki toplam yer değiştirmede ise çok az bir artış olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla mevcut tasarımın perde duvarların çatlaması durumu için de geçerli olacağı sonucuna varılmıştır.

Binanın en üst kotunda oluşan yer değiştirme değerleri deprem etkisi altında 27 cm ve rüzgâr yükleri altında 15 cm olarak hesaplanmıştır. Bu büyüklükler azaltılmış deprem yükü etkisi altında ortaya çıkan değerlerdir.

### C Blok (Çarşı / Sosyal Tesis)

Yapının dinamik analizinde ETABS adlı paket programı kullanılmıştır (Şekil 8). Daha önce açıklandığı gibi bina tarafından taşınması gereken yanal toprak basınçlarının büyüklüğü bina içindeki perde sayısı ve boyutlarının artışına neden olmuştur. Bina içindeki perdeler çevre perdeleri eklendiğinde oldukça rijit bir yapı ortaya çıkmıştır. Binanın birinci, ikinci ve üçüncü periyotlarına ait değerler 0.30 (x ve y eksenlerinde öteleme), 0.18 (x ve y eksenlerinde öteleme) ve 0.10 (y yönünde öteleme) saniye olarak hesaplanmıştır.

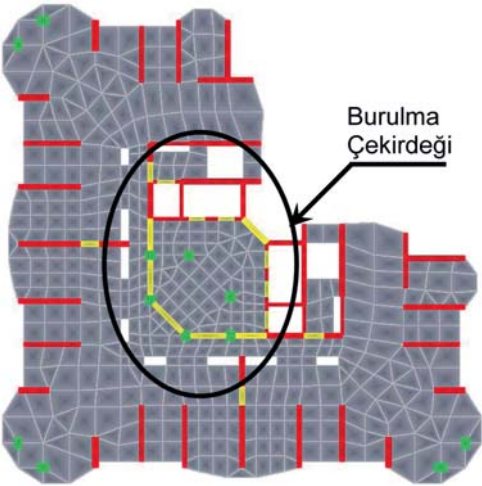
Yapı, kat planı itibarı ile orta bölgesinde burulmaya maruz bir özellik sergilemektedir. Bu kısma ait döşemenin deprem ve yanal toprak yüklerini güvenli bir şekilde düşey taşıyıcı elemanlara aktararak aktarmadığının (diyafram oluşturup oluşturmadığının) tahkiki yapılmıştır. Yapılan tahkikler sonucunda; söz konusu bölgede döşeme düzlemi içerisinde üst kattan alt katlara doğru azalarak giden, oldukça büyük değerlere sahip kesit tesirleri (burulma momenti ve kesme kuvveti) elde edilmiştir. Yapı elemanlarına ait kesitler bu değerlere göre tahkik edilmiş ve gerekli donatıları konmuştur.

### Rüzgâr Yükleri

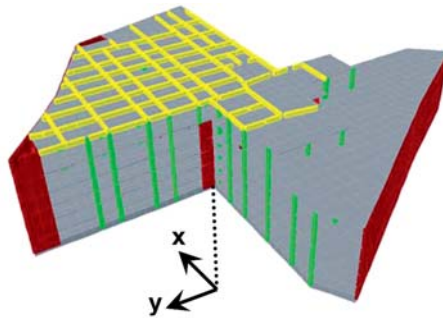
Rüzgâr yükleri, analiz programındaki otomatik yükleme modülü kullanılarak yapıya etkilmiştir. Bu modül, Amerikan İnşaat Mühendisleri Topluluğu'nca yayımlanan ve ASCE 7-02 olarak adlandırılan şartnameyi esas almaktadır. Yapıdaki en gayri müsait durumu oluşturan yatay yük değerlerinin tayini için ASCE 7-02'den elde edilen sonuçlar TS498'den elde edilen sonuçlarla mukayese edilmiş ve özellikle 100 metrenin üzerindeki yüksekliklerde ASCE 7-02'deki

rüzgâr yüklerinin belirgin şekilde daha elverişsiz sonuç verdiği tespit edilmiştir. Analizlerde bu gayri müsait durumu ortaya çıkaran yükleme değerleri kullanılmıştır.

Statik analiz sonucunda elde edilen rüzgâr yükü etkisindeki en büyük yatay ötelenme 15 cm olarak hesaplanmıştır. Yapı yüksekliğinin 210 metre olduğu düşünülürse yatay ötelen-



Şekil 7 - B Blok: Burulma Çekirdeği



Şekil 8 - C Blok: 3 boyutlu analiz modeli

menin toplam yapı yüksekliğine olan oranı 1/1400 olarak gerçekleşmiştir. Bu oran, uluslararası alanda kullanılan ve pek çok yönetmelikte verilen, kullanım yükleri altındaki yanal deplasman sınırı olan 1/600 oranından çok daha küçüktür. Dolayısı ile yatay yönde oluşan bu deplasman değeri kullanım konforu açısından herhangi bir sıkıntı yaratmayacaktır.

Fakat yapıda öngörülemeyen rüzgâr vortekslerinin neden olacağı ekstra yüklerden dolayı oluşacak deplasmanların önüne geçmek amacı ile kulelerin orta yüksekliğinde ve en üstünde yer alan iki tesisat katında kat cepheleri boyunca betonarme kirişler (outrigger beams) ve çaprazlar konulması planlanmıştır. Bu değişikliğe göre analizler yenilenmiş ve yatay ötelenmeler detaylı olarak incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre ilave edilen kirişler ötelenmelerde çok az bir miktarda azaltma yaratmış fakat fonksiyonları gereği yapının rijitliğini arttırmış, doğal periyodun azalmasına ve buna bağlı olarak da yapıya daha fazla deprem yükünün etkimesine neden olmuştur. İlave kirişlerden dolayı ötelenmelerdeki kazanç, meydana gelecek ekstra deprem yükü ile mukayese edildiğinde ekonomik bir çözüm olarak düşünülmemiş ve ilavelerin yapılmamasına karar verilmiştir.

## Toprak Yükleri

Yapı, yükseklikleri 6 ila 21 metre arasında değişen toprak zeminle çevrelenmektedir. Hafriyat sırasında zemin stabilitesinin sağlanması için kazı çevresi boyunca kazıklı iksa sistemi uygulanmıştır. Binaya gelen toplam yanal toprak basınçları hesabında, temel kazısı için uygulanan kazıklı iksa sisteminin geçici olduğu düşüncesiyle iksa sisteminin etkisi dik-kate alınmamıştır. Dolayısıyla yanal toprak basınçları bina perdelerinin boyutlandırılmasında önemli etkenlerden biri olarak ortaya çıkmıştır.

## Mevcut Saha Durumu

İnşaatına Ağustos 2008'de başlanılan B kulesinin donatı detaylarına ilişkin saha görüntüleri, aşağıdaki resimlerde verilmiştir (Resim 6, 7 ve 8). Bu makalenin içeriği gereği saha içerisindeki uygulamalarda ve donatı yerleşiminde karşılaşılan bazı sorunlar deprem şartnamesindeki esaslara aykırı olmamak üzere düzenlenmiştir.

## Sonuç

Bu makalede, Anthill Bomonti Rezidans ve Sosyal Tesis projesinin teknik özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. İnşaatı devam eden projenin kaba ve ince inşaatının tamamlanması için öngörülen süre Mayıs 2010'dur.



Resim 6 - Kule B: Tipik perde duvar donatısı



Resim 7 - Kule B: Bağ kirişi donatısı



Resim 8 - Kule B: Döşeme donatısı



Resim 9 - Kule A: İnşaatın güncel görünümü