



**T.M.M.O.B.  
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI  
İZMİR ŞUBESİ**

## **ÇOK KATLI YAPILAR SEMPOZYUMU**

**(21-22-23 Eylül 1989)**

**Doç. Dr. Ufuk ERGUN  
İZMİR'DE ÇOK KATLI YAPILARIN  
TEMEL MÜHENDİSLİĞİ SORUNLARI**



# İZMİR'DE ÇOK KATLI YAPILARIN TEMEL MÜHENDİSLİĞİ SORUNLARI

Ufuk ERGUN

Doç.Dr.  
İnşaat Mühendisliği Bölümü  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Ankara

## ÖZET

İzmir'de çok katlı yapıların tasarım ve uygulama ile ilgili çeşitli sorunları tartışılmıştır. İzmir'de çeşitli yerlerde zemin karakteri hakkında bilgi verilmiş ve tasarımda deprem etkisinin öncelikle amplifikasyon ve yapı-zemin etkileşimi yönünden incelenmesi gereğine dikkat çekilmiştir. Bodrumlu ve bodrumsuz yapılar şeklinde bir ayırım yapılmış ve bodrumlu yapıların iksa, sızdırmaz kazı perdesi, kaldırma gibi diğer sorunlarına değinilmiştir. Uygulamada dikkat edilmesi gereken bazı hususlara yer verilmiştir.

## 1. GİRİŞ

İzmir'de çok katlı, ağır yapıların yapımı başlamış olup, önümüzdeki senelerde ise daha yoğun bir faaliyet beklenmektedir. Bu kısa notta yapıların temelleri açısından gerek proje ve analiz, gerekse yapım sorunları özetlenecektir.

## 2. AMAÇ

Tebliğin amacı, önümüzdeki yıllarda yoğunluk kazanacağı tahmin edilen çok katlı yapıların İzmir zemin şartlarında hangi potansiyel sorunlar ile karşılaşacağı ve bunların nasıl halledileceği hususunda bazı görüşler bildirmek ve konuyu çeşitli yönleriyle irdelemeye çalışmaktır.

### 3. TASARIM

Yapılardan bodrumsuz ve bodrumlu olmak üzere iki grupta söz etmekte temel mühendisliği açısından sorunları sınıflandırmak bakımından yarar vardır.

#### 3.1. BODRUMSUZ YAPILAR

İzmir'de farklı zemin profilleri bulunmaktadır. Dik şevler üzerinde bulunmayan ve ayrışma derinliğinin fazla olmadığı andezitler hariç çok katlı yapılar ve diğer ağır yapılar kazıklar ve benzeri derin temellerle taşınacaktır. Büyük çoğunluğu oluşturacak bu yapılarda birkaç metrelik bir kazık başlığından veya radyeden sonra kazıklar başlayacaktır. Yapının ölü ve hareketli yüklerinin yanında deprem yükleri İzmir'de yörenin aktivitesi bakımından çok önem taşımaktadır. Üst yapıda olduğu gibi temel tasarımı deprem kuvvetleri ile kontrol edilmektedir. Statik yüklere ek olarak deprem halinde düşey ve yatay yükler, kazık kapasitesi, çapı, derinlik ve sayıları hususlarında etkin olmaktadır.

##### 3.1.1. DİNAMİK HUSUSLAR

Zemin dinamiği açısından iki ana konu karşımıza çıkmaktadır. Biri zemin-yapı etkileşimi diğeri ise zemin amplifikasyonudur. Sığ veya kazıklı temel üstüne oturan yapı, deprem sırasında temeli ile birlikte karşı etkileşime girmekte ve bir gerilme-deformasyon davranışı göstermektedir. Zemin-yapı etkileşimi çok yumuşak zeminlerde ve büyük bodrumlu yapılarda daha önemli olup, genelde amplifikasyon probleminden daha az önemlidir, ancak, büyük ve özel yapılar için incelenmesinde yarar vardır. Sonlu elemanlar yöntemi veya yay gibi bir dizi temsili elemanlardan oluşan modeller yardımı ile analiz edilmektedir.

İzmir Kordon'daki 8-10 katlı bloklara sığ temel yapı-temel etkileşimi yönünden genel olarak bakarsak bu bodrumsuz blokların kuvvetli bir yer hareketi sırasında zemin yönünden güç duruma düşeceklerini ve oturmalar kaydedeceklerini söyleyebiliriz. Çünkü Kordon'da yapılan 40 m.'lik bir sondajda yüzeydeki eski şehir kalıntıları ve dolgunun altında yaklaşık 12-15 m.'ye inen çok yumuşak siltli killere rastlanmıştır. Oldukça cıvık kıvamda bulunan bu zeminde kazık makinasının takımları hiçbir mukavemet görmeden kendi ağırlığı ile zemine bu

derinlik boyunca batmaktadır. Bu yapılardan zemine 100-110 kN/m<sup>2</sup> lik bir taban basıncı etkidiğini hesaplarsak mevcut durumda yapıların yüzeydeki 4-5 m lik dolgu yardımı ile oldukça emniyetsiz şekilde durdukları ve depremden dolayı artacak taban basınçlarının hasar yaratabilecek deplasmanlara sebep olabileceği anlaşılmaktadır. Ayrıca bu yapılara yapılacak bir bodrum kat üst dolgu tabakasını kaldıracığından yapı taşıma gücü ve oturmalar daha da kritik hale gelecektir.

Zemin amplifikasyonu, taban kayadaki hareketin zemin tabakalarını katederek ve değişikliğe uğrayarak yüzeye ulaşmasıdır. Zemin tabakalarının özelliklerine, kalınlıklarına bağlı olarak hareketin karakteri büyük ölçüde değişebilmektedir. Yüzeydeki ivme, hız veya deplasmanın tahmin edilmesi yapı yönünden çok önemlidir. Çeşitli periyodlar için zeminin ivme, hız veya deplasman özellikleri belirlenince yapının tabii periyodu ile beraber yapının maruz kalacağı yük ve deformasyonlar belirlenmektedir.

Literatürde temeller ile ilgili deprem hasarlarına göz atıldığında -örneğin [1] - kazık başlığı veya tabliye/kazık bağlantısı veya başlık/kolon bağlantısı veya kazığın ilk metreleri hasarın en çok görüldüğü yerler olarak karşımıza çıkmaktadır. Teorik olarak da zorlanmanın odak noktasını oluşturan bu kesimlerin kesme kuvvetleri ve momentler yönünden doğru ve yeterli şekilde tasarlanması gerekmekte olup doğru zemin parametreleri ve profili kullanılarak elde edilen bir spektrum bu hususta yardımcı olacaktır. Taban kayanın yüzeye çıktığı veya üzerinde sert sığ bir zemin bulunduğu hallerde taban kaya hareketi doğrudan geçerlidir.

İzmir'de 0.4g büyüklükte bir maksimum yer (taban kaya) ivmesi 50 yıllık bir kullanım zamanı içinde %10 aşılma ihtimali ile kullanılabilir.

### 3.1.2. DERİN TEMELLERİN TASARIMI

Teşkil edilecek kazıklı temellerin çeşitli karakterlerinin belirlenmesinde yapı tipinin, zemin özelliklerinin ve proje yerinin etkisi bulunmaktadır. İzmir yerleşim alanı içinde derin alüvyonlardan taban kayasının yüzeye çıktığı yerlere kadar geniş bir çeşitlilik bulunmaktadır. Kıyı şeridine yakın kısımlarda genellikle derin alüvyonlar hakimdir. Kıyı şeridine yakın çeşitli zemin profilleri dikkatle incelenirse

yaklaşık ilk 15 m.'de yumuşak zeminlerin bulunduğu anlaşılır. Bunlar yumuşak kumlu siltli killeri veya killi, kumlu siltlerdir. Genellikle siyah veya koyu gri renktedirler. Çok katlı yapılara bilhassa yükler bakımından sorun olan tabaka bu olmaktadır. Yer yer kum oranı yükselmekte ve siltli kum zeminlerle karşılaşmaktadır. İZSU projeleri kapsamında körfezin çeşitli kesimlerinde karşılaşılan kumlar çok gevşek bulunmamıştır. Ancak önemli yapıların altında kum depozitleri bulunduğu takdirde bunların sıvılaşma potansiyeli açısından dikkatle irdelenmesi gerekir.

Kazıklı temellere kapasite verebilecek tabakalar orta sıkı-sıkı çakıl-kum tabakaları ve sert killerdir. Efes ve Hilton otelleri çevresi, yeni betonarme TMO silosu gibi yerlerde 18-26 metreler arasında orta sıkı-sıkı çakıllı kumlu katmanlara rastlanmıştır. Proje sahasında tabakaların süreksizliklerini takip etmek gereklidir. İzmir'de yapılan zemin etüdlerinde aynı sahada karşılaşılan profillerde ve bilhassa alüvyon karakterli zeminlerde değişiklikler olağandır. Kazıkların gerek çakma olsun gerekse fore kazık olsun bu çakıllı kumlu seviyeden destek almaları proje ekonomileri yönünden yararlıdır. 25-50 m. arası daha derin katmanlarda yer yer kohezyonsuz bantlar bulunmakla beraber killi zeminlerin hakimiyeti göze çarpmaktadır. Dolayısıyla çakıllı ve kumlu bantlar yeterli kalınlıkta proje sahası altında bulunuyorsa bu tabakaları delip geçmeden kazıkları üzerine yerleştirmek uygun olacaktır. Kazık uçlarının konik biçimde veya soğan şeklinde genişletilmesi tabiatıyla uç taşıma kapasitelerinin artırılması ve zımbalama olasılığının azaltılması yönünden çok yararlı olacaktır.

Tamamen sürtünme kazığı olarak düşünülen kazıklarda tonajlar arttıkça kazık boyunun uzayacağı açıktır. Dar sahalara kule şeklinde inşa edilecek çok katlı yapılarda düşük tonajlı kazıkların müsaade edilir ara mesafelerde sayıca temel altına sığmama durumu ortaya çıkacaktır.

Aynı çevre alanına sahip çakma kazıkların sürtünme kazığı olarak delme kazıklardan daha fazla taşıyacağı bilinmektedir, ancak, tasarımda çakma kazık seçimi yapmadan önce civar yapılara tesiri dikkatlice irdelenmelidir. Yapılara doğrudan vibrasyon ve gürültü tesiri yanında gevşek veya orta sıkıya yakın kumlu zeminlerde sığ temellerle taşınan ve yakın mesafedeki yapıların vibrasyon etkisi ile oturma göstereceği unutulmamalıdır. Avrupa'da çoğu ülkede meskûn yerlerde çakma kazık

uygulamasına müsaade edilmemektedir. Diğer taraftan çok katlı yapıların yükleri fazla olduğundan bütün dünyada büyük çaplı bazı özel tipler dışında çakma kazıklar genellikle kullanılmamaktadır.

Devamlı burğu kazıklar, Atlas kazıkları gibi yeni ve avantajlı kazık tiplerine yurdumuzda uygulaması olmadığı için değinilmeyecektir.

İzmir'de uygulama alanı bulabilecek ve çok katlı yapı tasarımlarında düşünülebilecek iki derin temel tipi keson ve baret temellerdir. Keson temeller andezitlerin yakın olduğu Bayraklı ve Karşıyaka'nın bir kısmı gibi semtlerde büyük yükler taşıyabilecek şekilde kullanılabilir. Andezitlerin üzerinde oldukça kalın bir ayrılmış andezit tabakası bulunmaktadır. En üst seviyelerde tamamen ayrılmış ve kalıntı bir kil haline dönüşmüş olan bu formasyonun üzerinde yumuşak siltler veya killer bulunmaktadır. İnilecek kesonun avantajı, andezitin ayrışma durumunu etüd sondajlarından ayrı olarak doğrudan gözleyerek temellerin emniyetli bir biçimde yapılmasıdır. Koni veya çan şeklinde ayaklar teşkili kapasiteleri iyice artıracak ve büyük olasılıkla ekonomi sağlayacaktır.

Baret dikdörtgen şeklindeki kazıklara verilen isimdir. Çamurlu duvar tekniğinde kullanılan yassı kepeçler ile açılır ve ebatları genellikle 0.80x2.50 m. veya 1.0x3.0 m. mertebesindedir. Çevre olarak 2-2.5 çapında kazıklara eşdeğer olan bu dikdörtgen kazıklar gayet derine (40-60 m.) kolaylıkla açılabilirler. Derin killi alüvyon zeminler üstündeki çok katlı ağır yapılara uygun bir çözüm olmaktadır.

### 3.2. BODRURLU YAPILAR

Çok katlı yapılarda genellikle tesisat veya otopark gibi alanlar için bodrum katlarına gerek duyulmaktadır. Bodrum katlarının sayısı bazı hallerde 6-7'ye kadar çıkabilmektedir. Bu durumda temel tasarımına fazladan iki sorun eklenmektedir. Kazı duvarlarının stabilitesi ve yeraltı suyundan arınıp kuruda inşaatı yapabilmek ve bunları civar binalarda hiçbir deformasyona sebep olmadan gerçekleştirmek. Bodrum etrafına çevrilen geçici duvarın su sızdırmaz şekilde ya birbirine geçme (kesme) kazıklı duvar ya da çamurlu duvar yöntemi ile yapılmış bir duvar olması gerekmekte ve ankraj veya iç destek sistemi ile yoğun biçimde iksası gerekmektedir. Zemin profili dikkatle incelenmeli ve eksiksiz bir etüd yapılmasına özen gösterilmelidir. Duvarın hangi derinliğe inmesi gerektiği böylece açıklığa kavuşturulmalıdır. Ana

yöntem olarak meskûn mahallerde daima duvar dışı su tablasını oynatmadan iç pompaj yapılmalıdır ve kazı tabanından devamlı beslenme ve pompaja meydan verilmemelidir.

İzmir'de çok katlı yapılara potansiyel çoğu semt zemininde yeraltı su düzeyi yüzeye çok yakındır. Dolayısıyla bodrum maliyetleri ile kullanım ekonomisi tartılmalıdır.

Tasarımda dinamik yapı-zemin etkileşimi daha fazla önem kazanmaktadır. Zemin içindeki derin bodrumların yapı-zemin etkileşimine daha karmaşık bir boyut kattığı bilinmektedir. Pratik olarak bodrum duvarlarına etkiyen dinamik toprak itkisi, bu itkinin bodrum içinde sönümlenmesi, inşaat sırasında suyun kaldırma gücü gibi sorunlar göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca izolasyon problemi üzerinde dikkatle durulması gereken başlı başına bir konuteşkil etmektedir.

Diğer taraftan çok sayıda bodrum durumunda ortaya bazı önemli avantajların çıktığı da unutulmamalıdır. Problemler zeminlerin genelde 15 m. civarında yerlerini daha sıkı veya sert zeminlere terkettiğini yukarıda tespit etmiştik. Örneğin altı bodrumlu bir kazıda radye kalınlığı dahil en az 20 m.'lik bir derinlik söz konusudur. Su tablasının da bulunduğu böyle bir yerde 30-40 katlı bir yapının zemine fazladan bir yük getirmeyeceği anlaşılmaktadır. Tersine, daha alçak yapılarda uzun vadeli çekme ankrajları veya çekme kazıkları gerekecektir.

#### 4. UYGULAMA

Uygulamadaki sorunlar, derin temellerin yapımı sırasında karşılaşılabilecek olan problemler başta olmak üzere kağıt üzerindeki projenin gerçekleşmesi sırasındaki tüm potansiyel zorluklardır.

Kazıklı temellerin yapımında zemin şartlarına göre hareket edilmektedir. İzmir'de çoğu yerde fore kazıkların yapımı sırasında yüzeyden 10-15 m.'ye kadar muhafaza borusu gerekmektedir. Muhafaza borusunu birkaç metrede kullanıp forajı tamamen bentonit bulamacı ile yapmak da mümkündür. Genellikle 20-30-40 m. lik derin kazık forajlarında tam boy muhafaza borusu ile çalışmak pratik olmamaktadır. Bu halde ya bentonit bulamacı ile çalışılmalı veya kısmen muhafaza borusu kullanıp fazladan su basıncı uygulanmalıdır. Bentonit bulamacı yöntemi şehir içinde biraz daha pis bir yöntemdir ve betonlama sırasında biraz



daha dikkat istemektedir. Betonlamada önemli iki husus; seviyatı beton pirize başlamadan kuyunun içine yerleştirilecek şekilde organize etmek ve slampı devamlı kontrol etmektir. Betonlar tremi betonu olduğundan bu değer 15-17 cm. arasında tutulmaya çalışılmalıdır.

Sağlıklı ve kontrollü bir forajın sonunda kuyu dibi temizliği bilhassa uç taşımaya önem verilen projelerde son derece önemlidir. Rotary sistemlerde dipteki pisliği temizlemeye yarayan özel kovalar kullanılmalıdır. Üç ayak olarak adlandırılan darbeli sistemlerde kovanın dip temizliği yapması imkansız olduğundan uç kazıkları tasarımında müsaade edilen kapasitelere dikkat göstermek gereklidir.

Bindirmeli (kesme) kazık duvarlarda şaküle ve bindirme miktarına dikkat gerekirken, çamur bulamacı ile yapılan perdelerde ise diklik ve anolar arası bağlantıya itina gösterilmelidir.

Ankrajlar tek tek kapasite kontrolü yapılarak kitlenmelidir, aksi halde kazı ilerledikçe büyük sorunlar ile karşılaşmak olasıdır. Ankraj deliklerinin izolasyonu önceden planlanması gerekli bir husustur.

Bir diğer sorun, iyi planlanmadığı takdirde sahanın çalışmayı aksatacak kadar çamurla dolmasıdır. Günlük pasa atımını düzenli bir şekilde sağlamalı ve kazık forajlarından betonlama sonucu taşan büyük miktarda su süzülüp sahadan uzaklaştırılmalıdır.

Çakma kazık kullanılan bir projede ise eksiz, tek parça kazık boyu her zaman tavsiye edilmekle birlikte genelde parçalı kesitler çeşitli kolaylıklar nedeniyle tercih edilmektedir. İzmir'deki deprem aktivitesi bakımından halen kullanılan kazık bağlantı (ek) tatbikatı yetersizdir. Eklerin en az normal kesitin dayanacağı kesme kuvveti ve momenti taşınması gerekmektedir. Mevcut eklerin bunu sağlaması çok şüphelidir. Yapı-zemin etkileşimi yönünden bu husus önemli olup yakın gelecekte Avrupa ülkelerinde uzun süredir kullanılan tiplerde ek uygulamasına geçmek elzemdir.

## 5. SONUÇ

İzmir'de yapılacak çok katlı yapıların çeşitli temel sorunları bulunmaktadır. Derin temellerin derinlikleri sahadaki zeminin özelliklerine göre dikkatle seçilmeli keza çap ve kapasite seçimleri aynı

titizlikle sürdürülmelidir. Tasarım, dolayısıyla proje ekonomileri deprem yüklerinden etkilenmektedir. Özellikle derin alüvyonlu kısımlarda taban kayasından zemin yüzeyine aktarılacak yer hareketi tasarımda önem taşımaktadır. Bodrumlu yapılarda sızdırmaz perde teşkili, ankrajlar gibi iksa yöntemleri ve suyun kaldırması gibi ek sorunların çözümü gerekmektedir.

#### KAYNAKLAR

1. Mizuno, H., "Pile Damage During Earthquakes in Japan (1923-1983)", Dynamic Response of Pile Foundations, A.S.C.E., Geotechnical Special Publication No.11, 1987, pp. 53-78.