

## DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMINDA OPTİMUM TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ

Yusuf SÜMER

**Özet** - Bu çalışmada, deprem etkisindeki aynı düşey taşıyıcı kesit alanına sahip biri tünel kalıp diğeri perdeli-çerçeve olarak tasarlanmış aynı model 2 sistem, dört farklı kata çoğaltılıp toplam 8 model için dinamik analizler yapılmış ve karşılaşılan deplasmanlar ve yapım ekonomikliği açısından karşılaştırılmıştır. Aynı düşey taşıyıcı kesit alanına sahip biri tünel kalıp diğeri perdeli-çerçeve aynı model iki yapı 3, 5, 7, 10 katlı olarak tasarlanmış ve yapıların dinamik analizleri bilgisayar programı yardımıyla yapılarak sonuçlar tablolar halinde verilmiştir. İncelenen binaların 1. derece deprem bölgesinde olduğu kullanım amacının konut veya işyeri olduğu kabul edilmiştir. Yerel zemin sınıfı Z4 olarak seçilmiş, taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) = 6 olarak alınmıştır. Dinamik hesap 4 moda göre yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar grafiklere aktarılarak değerlendirmeler yapılmış ve uygulayıcılara önerilerde bulunulmuştur. Yapıların dinamik analizleri son versiyonunda tünel kalıp sistemlerin çözümünü de yapabilen "İDESTATİK" bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** - Tünel Kalıp Sistemler, Perdeli-Çerçeve Sistemler, Kat Deplasmanları, Kat Kesme Kuvveti, Taban Kesme Kuvveti, Yapılarda Ekonomiklik.

**Abstract** - In this study, there was 2 systems settled which subjected to earthquake and have got the same vertical supporter cross-section area. One of the systems has been established as a tunnel formwork system and the other is shell-framed system. The two systems were increased 4 different storey and overall for the 8 model dynamic analysis processed. According to the results obtained from the analysis the systems compared about the displacements and the economical of construction. The systems were formed as 3, 5, 7, 10 storeys and the dynamic analysis processed with the assistance of Idestatik 4.0 computer program. The systems considered in the first degree earthquake area.

Y. Sumer, SA.Ü Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü  
Adapazarı

Their usage aim assumed house or business. Local ground type choosed as Z4 and the systems behaviour coefficient (R) selected six. Dynamic calculations were processed at the 4 mode and the results presented with graphics.

**Key Words** - Tunnel Formwork Systems, Shell-Framed Systems, Storey Displacement, Layer Shear Strength, Economy At The Construction

### I.GİRİŞ

Ülkemizde bina türünden yapılar için, özellikle toplu konut ve çok katlı yapı üretiminde taşıyıcı sistem olarak perdeli- çerçeve yapılar alternatif olarak son yıllarda tünel kalıp sistemler çokça kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada bu iki sistem kullanıldığından öncelikle bu sistemlerin tanımları aşağıda yapılmıştır

### II. TÜNEL KALIP SİSTEMLERİ

Tünel kalıp sistemi, yapının duvar ve döşemelerinin, kesin boyutlu ve düzgün yüzeyli çelik kalıplarla bir kerede, tek parça olarak dökülebilmesi sistemidir. Bu yöntem, kalıpların bekletilmeden ertesi gün, yapının diğer katlarında kullanılabilmesini sağladığı için çok hızlı bir sistem sayılmaktadır. Ayrıca tek parça ve betonarme bir strüktür oluşturduğu için deprem koşullarına çok uygundur. Bu şekilde elde edilen yapının, taşıyıcı olmayan cephe ve bölme elemanları ile yan unsurları şantiyede prefabrik olarak hazırlanmakta ve yerlerine monte edilmektedir.

#### II.1 Tünel Kalıp Sistemin Yapımda Sağladıkları

- Çabukluk ve ekonomi:
  - Tünel kalıp ile yapım süresi geleneksel yöntemlere göre daha kısadır.
  - Yapım süresinin kısa oluşu işgücü ve anaparanın uzun süre bağlı kalmasını önler, yatırımın çabuk amortismanını sağlar.
  - Kalıpların yüzlerce defa kullanılabilmesi ilk yatırımı, dolayısıyla yapım maliyetini azaltır. Sekiz-dokuz kişilik bir grup, günde bir dairenin

kalıplarının sökülmesi, kurulması, donatının yerleştirilmesi ve betonun dökülmesini kolaylıkla sağlayabilir.

b. Yüksek nitelik:

- Defalarca kullanıldığı halde tünel kalıpla her seferinde düzgün yüzeyler elde edilir. Bu düzgün beton yüzeyler sıva gerektirmez. Yapıda ölçülerin kusursuz ve kesin oluşu, tamamlayıcı yapı elemanlarının sanayileşmesini ve standartlaşmasını sağlar.

c. Uygulamada kolaylık:

- Tünel kalıp, çimentonun bulunduğu her yerde kullanılabilir. Gereken yapı malzemeleri ve donatı şantiyeye kolaylıkla taşınabilir.

- Nitelikli işçi gereksinimi azdır.

d. Güvenlik:

- Taşıyıcı duvarların ve döşemelerin bütün halinde ve tek işlemlerle dökümü ile monolitik bir yapı elde edilir. Monolitik yapı sistemi deprem bölgeleri için en elverişli sistemdir. Beton duvar ve döşemeler yangına karşı tam dayanıklıdır.

## II.2 Tünel Kalıp Sistemin Hızı ve Diğer Ekonomik Özellikleri

Tünel kalıp sistemi ile hızlı yapım sistemidir. Bu sistemin en önemli özelliklerinden biri 8 saatlik çalışma ve 24 saatlik rotasyonlarla bir iş programının uygulanabilmesidir. 100 m<sup>2</sup> civarındaki bir konut biriminin tünel kalıpla yapıldığını varsayarsak 8-10 kişilik bir tünel kalıp ekibi, bir elektrik tesisatçısı ve iki kişilik soğuk demirci ile sabahtan öğleye kadar, 4 saatlik süre içerisinde, tünel kalıp bir önceki yerinden sökülerek yeniden kurulmakta ve öğleden sonraki süre içerisinde betonu dökülebilmektedir. Kış aylarında ısıtma yaparak, yaz aylarında ise ısıtmadan, kalıp ertesi gün sabah yeniden kurum için sökülebilmektedir. Bu büyüklükteki bir konut birimi için 10-12 parça kalıp yeterli olmaktadır. Bu sayı da işlerin ne denli hızlı yürütüldüğünü anlatmaktadır. Bu değerlendirmeler ışığında tek tünel kalıp takımı ile günde bir daire üretilmekte, daha fazla üretim için tünel takımını arttırmak gerekmektedir.

Tünel kalıp yapım sistemi ile yapım, özellikle konut gibi birbirini tekrarlayan birimlerden oluşan yapılarda niteliksiz işçi ile yürütülebilmektedir. Bunun bir nedeni kalıbın sadeliği ile her detayın kalıp üzerinde çözülmüş olmasıdır. İşçilerin arasında yapılacak iş dağıtım organizasyonu kimin ne zaman ne yapacağını iyi bilmesini ve işe yeni başlamış bir işçinin kısa zamanda yetişmesini sağlamaktadır. Yapım süresinin başındaki sıkı denetim ile bu sağlanabilmekte ve giderek teknik kontrol-mühendislik hizmetleri bile minimuma inebilmektedir.

Tünel kalıpla elde edilen yapılar depreme dayanıklı tek parça yapılardır. Teçhizat olarak işçiliği olumlu yönde etkileyen hasır çelik kullanılmaktadır. Yüksek katlı inşaatlarda prefabrik ve geleneksel sistemlere göre daha

az teçhizat yeterli olmaktadır. Tünel kalıp bir çelik sistemidir. Çelik saç yüzeylerin düzgünlüğü ahşap kalıpla elde edilecek yüzeylere göre daha temiz sonuç vermektedir. Bu nedenle ayrıca bir kaplama veya sıva istememekte, böylelikle ince işle ilgili bir iş kalemi daha ortadan kalkmaktadır.

Tünel kalıbın kullanılma yöntemi yapıda ölçüsel hassasiyeti de birlikte getirmektedir. Bunun sonucu olarak diğer yapı elemanının standardizasyonu sağlanmakta, seri elemanlar daha önceden prefabrik olarak hazırlanabilmekte ve yapım süresi tünel kalıp işi dışında kısalmaktadır.

Tünel kalıp sistemiyle elde edilen yapılarda ekonomik açıklıklar üç metreden altı metreye kadar olup, günlük rotasyon için en uygun yapı alanı 70 m<sup>2</sup> ile 150 m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Konutun gereksinimi olan açıklıklar ve birim metrekaarelere ilişkin bu uygunluk nedeni ile tünel kalıp sistemi, ülkemizdeki konut açığını karşılamakta en akılcı yollardan biri olmaktadır. Ayrıca, tünel kalıbın kullanımındaki üretim alt sınır ile üst sınır arasındaki değişken olabilirlik, belirlenen konut miktarı ne olursa olsun bu üretime uygun bir teknoloji olmasını sağlamaktadır. Bu sistemin rant olabilmesi için alt sınır 100 konut biriminden az olmamalıdır. Üst sınır istenilen birime çıkabilir. Esasen kalıbın ömrü 1000 kez kullanılacak kapasitededir. İyi bir bakım ve ufak tefek onarımlarla bu ömür daha da arttırılabilir.

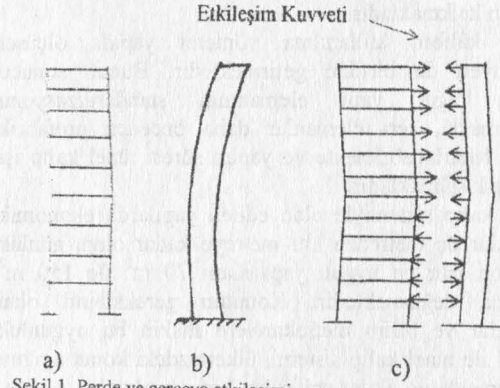
Bu teknoloji ile yapılmış olan konutlarda yalıtım sorunları da teknolojinin getirdiği avantajlardan yararlanılarak çözümlenmektedir. Dış cephe duvarları, pencere alt ve üst bantları, ısı yalıtım için prefabrik sandviç elemanların bu yüzeylere montajı ile veya tünel kalıp içinde beton dökümünden önce montaj yolu ile sağlanmaktadır. Böylelikle 40 cm.lik çift tarafı sıvalı bir tuğla duvarın sağlayabileceği ısı yalıtımı 5 cm.lik bir kalınlık içinde çözümlenebilmektedir.

Sistemin makine ve teçhizat olarak dışa bağımlı bir yönü bulunmamakla beraber hatırı sayılır bir ön yatırımı vardır. Ancak, belli sayıda bir üretim amaçlandığında ve iyi planlandığında, yapımında hızın yanında ekonomide sağlanmaktadır.

## III. PERDELİ – ÇERÇEVELİ SİSTEMLER

Ülkemizde bina türünden yapılar için çerçevesiz, perdeli ve her iki sisteminde birleştirilmesiyle ortaya çıkan taşıyıcı sistemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapı yüksekliği arttıkça yalnızca çerçevelerden oluşturulan taşıyıcı sistemler, yatay yükler altında hem iç kuvvetler ve hem de yer değiştirmeler bakımından istenen koşulları perdenin yardımı olmadan sağlayamazlar. Çerçevelerin şekil değiştirmesinde kayma modu etkindir. Katlar arasındaki relatif yer değiştirme sadece o kattaki kat kesme kuvvetine bağlıdır. Perdeler ise eğilme modu etkin olan bir şekil değişimi gösterirler (Şekil 1.2). Yatay yüklerin taşınmasında perdeler etkili olarak kullanılırlar. Yüksek bir yapıda bulunan perde, tek başına düşünüldüğünde yatay yükler altında bir konsol kiriş gibi

davrandığı halde taşıyıcı sistem içinde bağ kirişleri veya bu işlevi yapan döşeme elemanı varsa çerçeve kolonları ile etkileşimi nedeni ile moment diyagramları bir konsolunkinden farklıdır.[4]



Şekil 1. Perde ve çerçeve etkileşimi

- Rijit çerçeve kayma tipi şekil değiştirme
- Perde eğilme tipi şekil değiştirme
- Perde-çerçeve sistemi ve etkileşimi

Bu fark etkileşimi sağlayan elemanların önem derecesi ile değişir. Perdelerin birbirlerine bağ kirişleri ile birleştirilmesi sonucu elde edilen yatay yük taşıyıcı elemanlara boşluklu perde adı verilir. Perdeler çerçeve ile beraber olduğu durumda perdelerin rijitlikleri fazla olduğu için deprem veya rüzgardan oluşan yatay yüklerin tamamına yakın miktarını karşılar. Kolonların ve perdelerin yükler altında davranışı oldukça farklıdır. Perdeler büyük atalet momentleri ile kolonlara göre daha rijit olduklarından yer değiştirmelerinin sınırlandırılmasında daha etkileyici bir taşıyıcı elemanıdır. Bu nedenle, yüksek katlı yapılarda yapıyı emniyete almak ve yer değiştirmeleri sınırlandırmak için perdeli çerçeve sistem kullanmak daha uygundur.

#### IV. ÇALIŞMANIN TANIMI

Bu çalışmada, ESTON YAPI A.Ş.' nin halen İzmit Derince' de Barışkent Konutları adı altında yapmakta olduğu toplu konut inşaatlarında kullandığı tünel kalıp projesi örnek proje olarak kullanılmıştır (Şekil 2). Proje ;

- Tünel kalıp projelerin çözümünü yapabilen İDESTATİK programının son versiyonu kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılmış, 3, 5, 7, 10 katlı olarak herhangi bir temel sistemi belirtilemeksizin tekrar dizayn edilmiştir.
- Aynı proje program üzerinde düşey taşıyıcı kesit alanı aynı olacak şekilde perdeli-çerçeve olarak tekrar dizayn edilmiş (Şekil 3). Bu sistem de 3, 5, 7, 10 katlı olarak dört ayrı kata çoğaltılmıştır. Düşey taşıyıcı kesit alanı aynı olması amaçlandığından perdeli-çerçeve

sistemde kolon boyutları 80 x 80 olarak seçilmiş kullanılan perde boyutları tünel kalıpla aynı alınmıştır. Taşıyıcı perde duvar kalınlıkları Deprem Yönetmeliğine [1] göre seçilmiştir. Statik hesaplar TS500 [2] ve TS 498 [3] 'e göre yapılmıştır.

- Kat yükseklikleri her iki sistem için 3 metre kullanılan kiriş boyutları 25 / 80 cm olarak alınmıştır.
- İncelenen bütün yapıların her iki doğrultuda aks sayısı ve aks açıklıkları aynıdır.
- İncelenen binalarda malzeme olarak BS20 beton sınıfı ve BÇIII betonarme çeliği kullanılmıştır.
- Perdeli-çerçeve sistemine çevrilen ikinci sistem kenarlarda L tipi perdeli yapı modelindedir.
- Sistemin hesabı ' Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik' (Eylül 1977) [1] göre, statik ve dinamik yükler altındaki yapılar için hesap yapabilen İDE STATİK Bilgisayar programı ile yapılmıştır.

Çalışmanın amacı aynı düşey taşıyıcı kesit alanına sahip biri tünel kalıp diğeri perdeli-çerçeve aynı model 2 sistemi az katlı ve çok katlı olarak, deplasmanlar ve ekonomiklik bakımından karşılaştırarak depreme dayanıklılık ve ekonomiklik bakımından uygun modeli belirlemektir.

#### V. ÇALIŞMADA GEÇERLİ OLAN VARSAYIMLAR

Hesaplarda kullanılan beton ve donatının mekanik özellikleri Tablo 1 – Tablo 2 de verilmiştir.

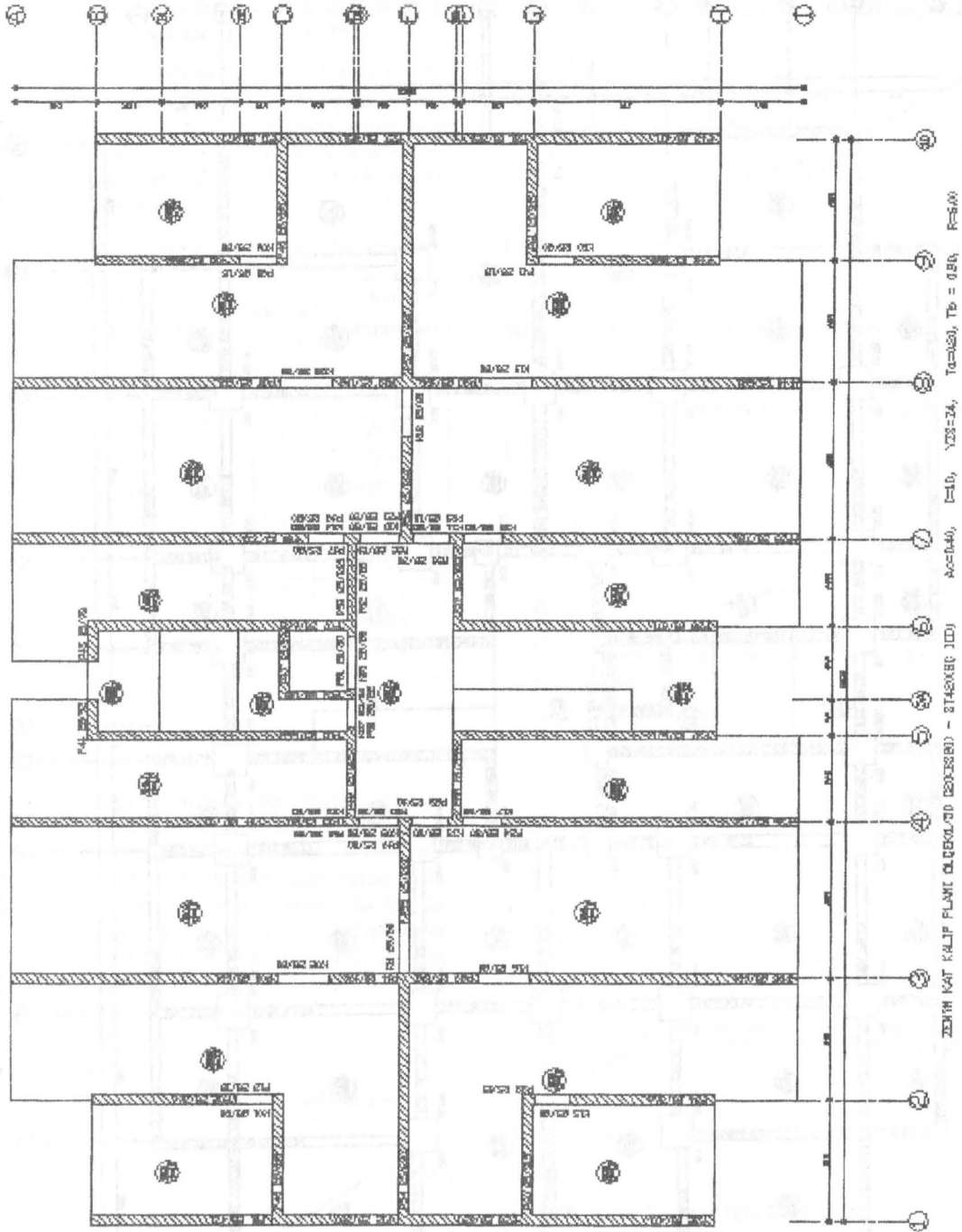
Tablo 1. Betonun Mekanik Özellikleri

Beton Sınıfı	Karakteristik Basınç Dayanımı $f_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Hesap Basınç Dayanımı $f_{cd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Elastisite Modülü E (N/mm <sup>2</sup> )
BS20	20	13	28500

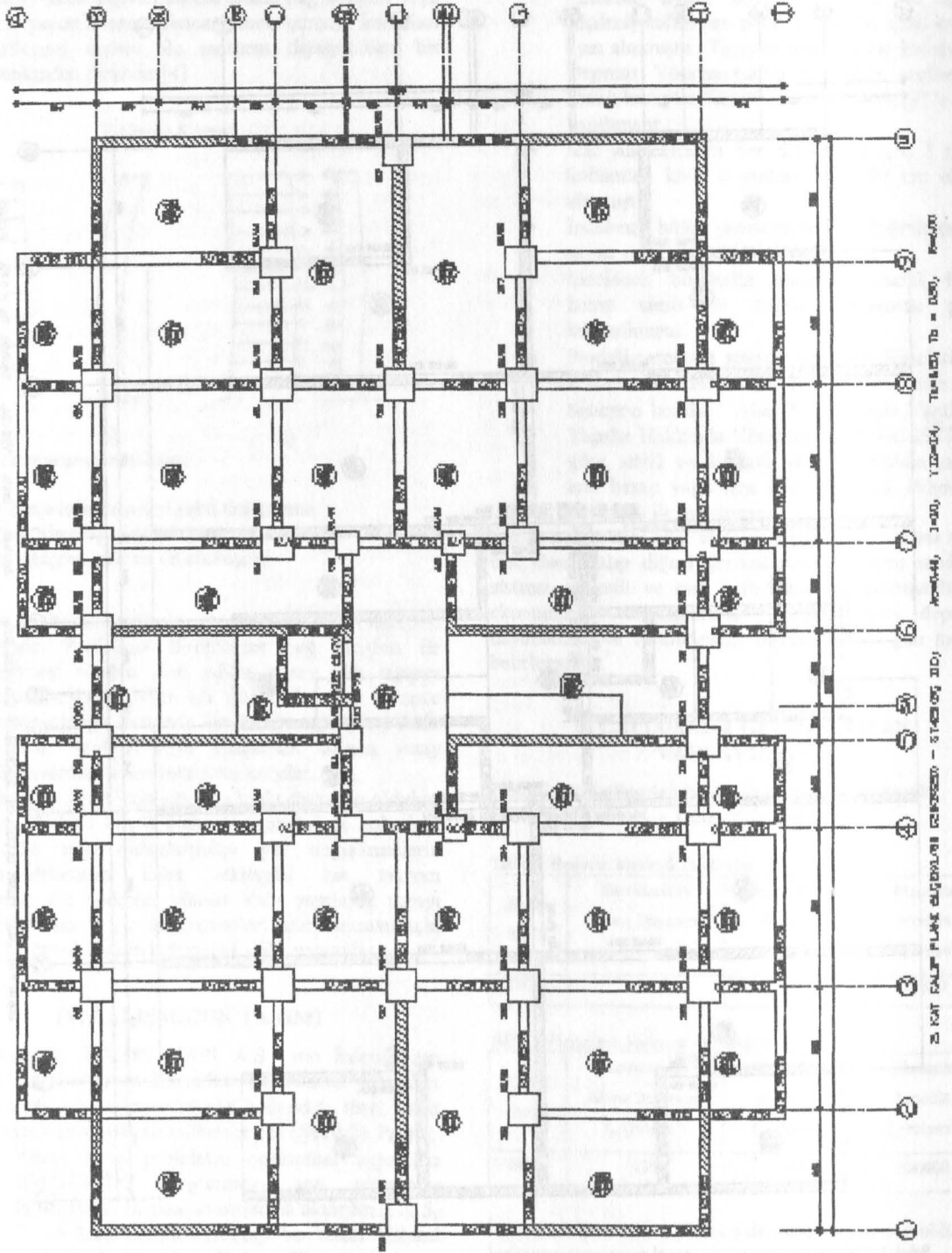
Tablo 2. Donatının Mekanik Özellikleri

Çelik Sınıfı	Karakteristik Akma Dayanımı $f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Hesap Basınç Dayanımı $f_{yd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Elastisite Modülü E (N/mm <sup>2</sup> )
BÇIII	420	365	200000

İncelenen binaların 1. derece deprem bölgesinde olduğu kullanım amacının konut veya işyeri olduğu kabul edilmiştir. Yerel zemin sınıfı Z4 olarak seçilmiş, taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) 6 olarak alınmıştır. Betonarmenin yoğunluğu 25 kN/m<sup>3</sup> alınmış, dinamik hesabın 4 moda göre yapılması istenmiştir. Malzeme homojen ve izotrop kabul edilmiştir.



Şekil 2. Tünel kalıp sistem zemin kat kalıp planı



Sekil 3. Perdeli-çerçeveli sistem zemin kat kalıp planı

## VI. KAT DEPLASMANLARININ HER İKİ MODEL İÇİN KATLARA GÖRE DAĞILIMI

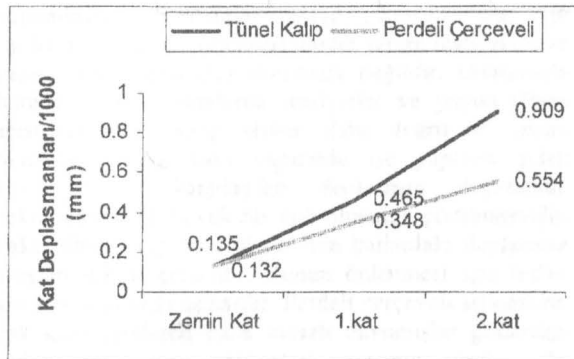
Yapılan analizler sonucunda az katlı ve çok katlı binalar için elde edilen deplasman değerlerinin değişimi Tablo 3 de sunulmuştur. Ayrıca 3, 5, 7 ve 10 katlı yapılar için elde edilen deplasman değerlerinden her iki model için ortak olarak oluşturulan grafikler Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7 de sunulmuştur.

Tablo 3. Deplasman değerlerinin 10 katlı yapı modelleri için katlara göre değişimi

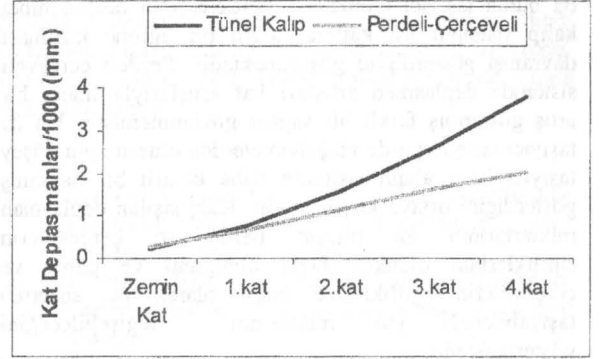
Model	Katın Yeri	Kat Deplasmanları $\delta_x$ (mm)	Model	Katın Yeri	Kat Deplasmanları $\delta_x$ (mm)
Tünel Kalıp	9	0,0144	Perdeli-Çerçevesi	9	0,0122
	8	0,0106		8	0,0111
	7	0,0087		7	0,0099
	6	0,0068		6	0,0086
	5	0,0051		5	0,0072
	4	0,0036		4	0,0057
	3	0,0023		3	0,0042
	2	0,0012		2	0,0028
	1	0,0004		1	0,0015

### VI.1 Az Katlı Modellerde Kat Deplasmanları Değişimi

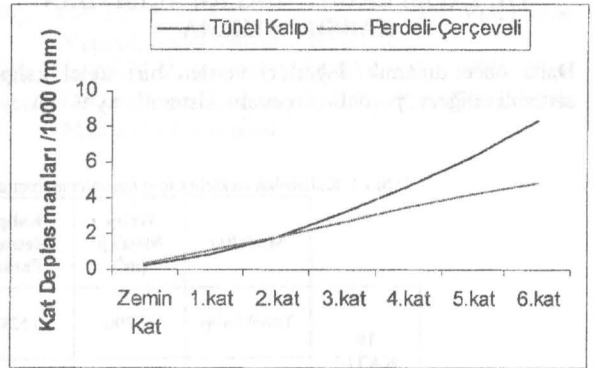
Örnek proje olarak alınan tünel kalıp sistemli projeye yapı modeli bozulmadan oluşturulan aynı düşey taşıyıcı kesit alanına sahip perdeli çerçevesi sistemin 3 katlı ve 5 katlı olarak yapılan analiz sonuçlarına göre zemin katta hemen hemen aynı olan kat deplasmanları üst katlara doğru iki sistem arasında oldukça açık bir deplasman farkını ortaya çıkarmıştır. Grafiklere bakıldığında perdeli-çerçevesi sistemde alt katlarda ötelenmenin tünel kalıp sisteme göre daha fazla olduğu görülmüştür.



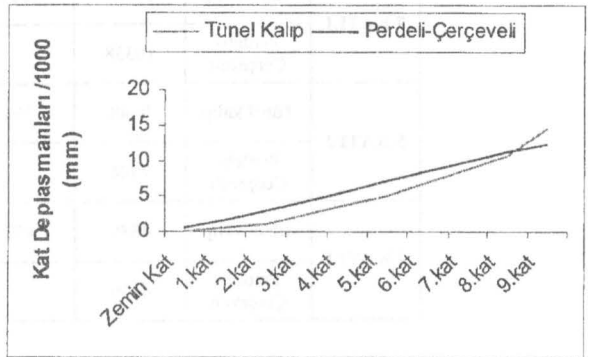
Şekil 4. Üç katlı modeller için deplasman dağılımı



Şekil 5. Beş katlı modeller için deplasman dağılımı



Şekil 6. Yedi katlı modeller için deplasman dağılımı



Şekil 7. On katlı modeller için deplasman dağılımı

### VI.2 Çok Katlı Yapılar İçin Deplasman Değerlerinin Değişimi

Çok katlı modeller için yapılan analiz sonuçları göstermiştir ki perdeli-çerçevesi sistemin deplasmanları son katlara kadar tünel kalıp sistemden %85'ten %240'lara varan değerlerde daha fazladır. Fakat son katlarda bu değişim tam tersine dönerek tünel kalıp sistemin yaptığı deplasmanlar artmıştır. Perdeli-çerçevesi sistemin son katlarda deplasmanlarındaki artış %10 civarında iken tünel kalıp sistemiyle oluşturulmuş modelde deplasmanlardaki artış %35'lere çıkmıştır. Bu

da bütün taşıyıcı elemanları perdeler den oluşan tünel kalıp sistemin üst katlara doğru bir eğilme kırılması davranışı gösterdiğini göstermektedir. Perdeli çerçevevi sistemde deplasman artışları kat artışlarıyla lineer bir artış göstermiş farklı bir sapma gözlenmemiştir. Bu da taşıyıcı sistemi perde ve çerçevelerden oluşan aynı düşey taşıyıcı kesit alanlı sistemin daha kararlı bir davranış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Karşılaşılan deplasman miktarlarının az olması perde ve çerçevelerin rijitliklerinin oldukça fazla olduğunu ve perde ve çerçevelerin rijitliklerine bağlı olarak bu sistemin taşıyabileceği yük miktarının değişebileceğini göstermektedir.

## VII. YAPIM EKONOMİKLİĞİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRMA

Daha önce dinamik değerleri verilen biri tünel kalıp sistemli diğeri perdeli-çerçevevi sistemli aynı düşey

taşıyıcı kesit alanlı 2 model için oluşturulan sekiz farklı yapının analizler sonucunda elde edilen metraj değerleri aşağıda tablo halinde sunulmuştur (Tablo 4).

Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki; tünel kalıp sistemle oluşturulan yapılarda yaklaşık %10 civarında daha fazla kalıba ihtiyaç olmaktadır. Beton metrajları sonucunda iki sistem arasında çok fazla fark olmadığı ve perdeli-çerçevevi sistemde yaklaşık %2 civarında daha fazla beton kullanıldığı görülmüştür. Burada kullanılan beton miktarının yakın çıkmasında düşey taşıyıcı kesit alanlarının aynı olmasının etkisi olduğu açıktır.

Burada yapılan hesaplar sonucunda asıl önemli fark donatı metrajları arasında görülmüştür. Yapılan metraj hesapları göstermiştir ki, perdeli-çerçevevi sistemde yaklaşık %13'lere varan miktarlarda daha fazla donatı gerekmektedir. Bu da yapılarda ekonomiklik düşünüldüğünde göz ardı edilemeyecek bir miktardır.

Tablo 4. Kullanılan modeller için hesaplanan metraj değerleri

	Modeller	Kalıp Metraji (m <sup>2</sup> )	Kalıp Metraji Farkı	Beton Metraji (m <sup>3</sup> )	Beton Metraji Farkı	Donatı Metraji (m <sup>3</sup> )	Donatı Metraji Farkı
10 KATLI	Tünel kalıp	16296	1528	2004		272529	
	Perdeli-Çerçevevi	14768		2048	44	279056	12853
7 KATLI	Tünel kalıp	11407	1069	1403		182210	
	Perdeli-Çerçevevi	10338		1434	31	189912	11140
5 KATLI	Tünel kalıp	8148	764	1002		119389	
	Perdeli-Çerçevevi	7384		1024	22	129780	10391
3 KATLI	Tünel kalıp	4889	459	601		67110	
	Perdeli-Çerçevevi	4430		614	13	75781	8671

## VIII. SONUÇ

Elde edilen sonuçlar ve oluşturulan grafikler göstermiştir ki; 1.derece deprem bölgesinde aynı zemin özellikleriyle tasarlanmış düşey taşıyıcı kesit alanları aynı olan 2 modelin zemin katta hemen hemen aynı olan kat deplasmanları üst katlara doğru iki sistem arasında oldukça açık bir deplasman farkını ortaya çıkarmıştır. Grafiklerden de anlaşılacağı gibi perdeli-çerçeve sistemlerin deplasmanları son katlara kadar tünel kalıp sistemden oldukça fazladır. Fakat son katlarda bu değişim tam tersine dönerek tünel kalıp sistemin yaptığı deplasmanlar artmıştır. Perdeli-çerçeve sistemin son katlarda deplasmanlarındaki artış %10 civarında iken tünel kalıp sistemiyle oluşturulmuş modelde deplasmanlardaki artış % 35'lere çıkmıştır. Bu da bütün taşıyıcı elemanları perdelerden oluşan tünel kalıp sistemin üst katlarda bir kırılma davranışı içine girdiğini göstermektedir. Perdeli çerçeve sistemde deplasman artışları kat artışlarıyla lineer bir artış göstermiş farklı bir sapma gözlenmemiştir. Bu da taşıyıcı sistemi perde ve çerçevelerden oluşan aynı düşey taşıyıcı kesit alanlı sistemin daha kararlı bir davranış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Karşılaşılan deplasman miktarlarının az olması perde ve çerçevelerin rijitliklerinin oldukça fazla olduğunu ve perde ve çerçevelerin rijitliklerine bağlı olarak bu sistemin taşıyabileceği yük miktarının değişebileceğini göstermektedir.

Metraj sonuçları göz önüne alındığında ise, tünel kalıp sistemde %10 daha fazla kalıp gerekmesine karşın perdeli-çerçeve sistemde %13 civarında daha fazla donatı ihtiyacı oluşmuştur. Beton metrajları sonucunda iki sistem arasında çok fazla fark olmadığı ve perdeli-çerçeve sistemde yaklaşık %2 civarında daha fazla beton kullanıldığı görülmüştür. Burada kullanılan beton miktarının yakın çıkmasında düşey taşıyıcı kesit alanlarının aynı olmasının etkisi olduğu açıktır.

Sonuç olarak düşey taşıyıcı kesit alanları aynı olması sağlandığında da az katlı yapılarda perdeli-çerçeve sistemde kesit alanları gereğinden büyük kolonlar kullanılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu yapı rijitlik açısından iyi olmasına karşın yapım maliyetleri ve yapım süresi açısından ekonomik değildir. Dolayısıyla burada az katlı yapılarda maliyetler ve yapım süresi açısından tünel kalıp sistem daha doğru bir seçim olmaktadır. Çok katlı yapılarda ise yapılara gelen kuvvetler ve karşılaşılan deplasman değerlerine bakıldığında çok büyük bir fark olmadığı görülmektedir. Fakat tünel kalıp sistemlerde son katlardaki deplasman artışları dikkat çekicidir. Bunun önlenmesi için tedbir alınması gerektiği aşikardır. Perdeli çerçeve sistemlerin çok katlı yapılarda daha kararlı davranışlar gösterdiği açıktır. Fakat yapı maliyetleri ve yapım süreleri göz önüne alındığında tünel kalıp sistemin yine öne çıktığı görülmektedir. Dolayısıyla tünel kalıp sistem az katlı ve çok katlı yapılarda deprem bölgeleri için çok uygundur.

Kalıpları bekletilmeden ertesi gün yapının diğer katlarında kullanılabildiği için çok hızlı bir sistemdir. Kalıpları yüzlerce defa kullanılabildiği için de yapım maliyetini azaltır.

## KAYNAKLAR

- [1]. Deprem Yönetmeliği , 1997. "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" , *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara
- [2]. TS-500 , 2000. "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları" , *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara
- [3]. TS 498 , 1987. "Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler" , *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara
- [4]. CELEP, Z. ve KUMBASAR, N., 1998. Betonarme Yapılar, Sema matbaacılık, İstanbul
- [5]. CELEP, Z. ve KUMBASAR, N., 1997. Yapı Dinamiği ve Deprem Mühendisliğine Giriş, Sema Matbaacılık, İstanbul