

TÜRKİYE'DE TÜNEL KALIP İLE UYGULANAN ÇOK KATLI YAPI ÜRETİMİNDE KAT ADEDİ VE BETON SINIFININ MALİYETE ETKİLERİ

Zeynep Yeşim HARMANKAYA, Mehmet Emin TUNA *

Mimarlık Bölümü, Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi Maltepe 06570, Ankara

*Mimarlık Bölümü, Fethi Toker Güzel Sanatlar Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Karabük

zyharmankaya@gazi.edu.tr, mtuna@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 12.07.2010; Kabul/Accepted: 03.11.2010)

ÖZET

Türkiye'de hızla artan kent nüfusu beraberinde giderek büyüyen boyutuyla kentleşme sorunu da getirmektedir. Bu soruna çözüm olarak da, daha yüksek katlı yapılar inşa edilmektedir. Amaç sadece yapı üretmek yapı açığını azaltmak veya kapatmak olmadığı için, en ideal işlev, biçim, estetik ve ekonomi sağlanmalıdır. Günümüzde Türkiye'de çok katlı yapı üretiminde en yaygın işlev konut, konut sektöründe ise en fazla kullanılan teknoloji perdeli taşıyıcı sistemlerdir. Ankara ve çevresinde kurulan Or-An, Konutkent, Yaşamkent gibi kendi başlarına küçük birer şehir sayılabilecek yerleşim alanlarında çok katlı konutların taşıyıcı sistemi olarak perdeli sistemler, yapımı için ise tünel kalıp yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada taşıyıcı perde sistemden oluşan ve tünel kalıp teknolojisi kullanılan bir konut yapısı örnek olarak ele alınıp, farklı kat adetlerine sahip modellerin statik ve betonarme çözümleri ile maliyetleri hesaplanmıştır. Şehir planlaması sırasında ada parsel uygulamaları ve bölge bazında uygulamalar olabileceği için iki konuya da ışık tutacak maliyet hesapları kıyaslanmıştır. Daire başına düşen maliyetlerde, kat adedi ve beton sınıflarının etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak, uygulanacak proje için bu doğrultuda yapılacak maliyet analizlerinin, tasarım kararlarında önemli bir kriter oluşturduğuna inanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Perdeli sistem, kat adedi, maliyet hesabı.

EFFECTS OF NUMBER OF STOREYS AND CONCRETE STRENGTH ON THE BUILDING COST OF THE MULTI STORIED BUILDINGS PRODUCED BY USING TUNNEL FORM IN TURKEY

ABSTRACT

The rapidly increasing urban population in Turkey introduces the urbanization issue in increasing scales. As a solution to this problem, structures with more storeys are being constructed. As the intention is not only to fulfill the building deficits by building structures, it must provide the most ideal functionality, style, aesthetics and economy. The task to coordinate such complicated processes shall be the architecture's duty who determines the fundamentals and the main principles of the design. In our contemporary time in Turkey the most common functionality of multi-storied structures is the housing, and most intensively used technology in the housing sector is the shear-wall systems. In the settlement areas such as Or-An, Konutkent, Yaşamkent; which can be considered solely as small cities; shear-wall systems are used as the structural system of the multi-storied buildings and for their production tunnel form method is used. In the example application a housing structure formed up by the shear-wall system and in which tunnel form system is used; is handled, and models with different numbers of storey are established, and costs are compared. During the city planning, as there can be city block parcel applications and applications based on region; cost calculations are considered to enlighten these two subjects. The effect of concrete class is examined on the costs per an apartment flat. As a result, it is believed that the analysis which is done will constitute a significant decision criterion.

Keywords: Shear-wall system, number of storey, cost calculation.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Türkiye’de kule ve minare gibi, çevrenin genel düzeninden farklı olarak yükselen narin yapıların oldukça uzun bir tarihi vardır. Ancak her katında insanların yaşadığı ve çeşitli faaliyetler yürüttüğü çağdaş çok katlı yapılar, ülkemizde ancak 1950’lerde gündeme gelmiştir [1]. Dünya’ya oranla Türkiye’deki bu gecikmenin arkasında Türkiye’nin birinci derece deprem kuşağında bulunması önemli rol oynamıştır. Ancak insanların kent merkezlerinde yaşama istekleri, depremler sonucunda yıkılanlar yerine yeni yapıların yapılması, hızlı nüfus artışı, nüfusun kentlerde yoğunlaşması ve endüstrileşme gibi sebepler ülkemizde hızla artan bir yapı gereksinimi oluşturmuş, bunların karşılanabilmesi için de yapı üretiminin geleneksel yöntemlerinden daha ileri teknolojilerle, ekonomik çözümlerin uygulanması gerekmiştir.

Çeşitli tasarım, üretim ve yapım ekiplerinin koordineli bir şekilde çalışmalarını gerektiren yapı üretiminde mimarın işlevi; salt işlevsel gereksinimlerin karşılanması ve estetik çözümler ile sınırlanmamakta; yapılarda taşıyıcı sistem, estetik kaygılar vb. kriterler gibi, ekonomik doğrular da tasarım aşamasında mimar tarafından ayrıntılı olarak ele alınacak bir konu olmaktadır. Mimarların insanların yaşam biçimlerini belirlediği noktada ekonomiye müdahale etmeleri; tasarımda bina yüksekliğinin veya kat adedinin artmasının kazançları ve yapısal olarak değişimi yanında ekonomik olarak götürülerini de düşünmelerini gerektirmektedir. İşverenin istediği kat adedi ile sınırlı kalınmamalı, bu konuda tasarımı yönlendirecek bilgiye sahip olunmalı ve tasarıma göre en rasyonel yüksekliğin kararı verilebilmelidir.

60 katlı bir yapı 4 tane 15 katlı bir yapının üst üste konması demek değildir [2]. Ancak üzücü olan, ülkemizde özellikle yükleniciler tarafından yap-sat amacına yönelik olarak yapılan bazı çok katlı konut yapılarının ne yazık ki bu anlayışla yapılmakta oluşudur. Hâlbuki kat adedinin maliyete etkisi üzerinde elde edilmiş kesin bir veri yoktur. Amaç sadece konut üretmek konut açığını azaltmak veya kapatmak olmamalıdır.

Gün geçtikçe kat sayısı artan yapılarda taşıyıcı sistem maliyeti bina maliyetini büyük ölçüde etkilediği için taşıyıcı sistemin rasyonel olması az katlı binalara nazaran daha önemlidir.

2. YÖNTEM (METHOD)

Betonarmenin kendi içinde yaşadığı gelişimlere paralel olarak, bulunmasından itibaren yapım tekniklerinde de çok büyük ilerlemeler görülmüştür. Geleneksel kalıplar; zamanla kat adedindeki artış, yapım sürelerinde kısaltılma ve işçi güvenliğini sağlama gibi gereksinimlere yeterince cevap

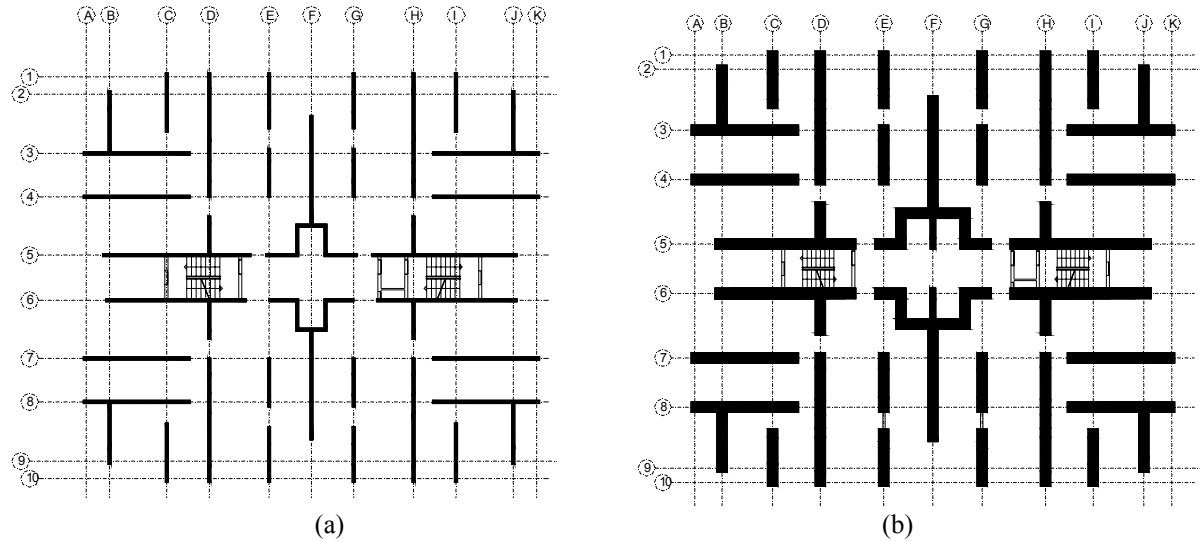
veremediği için tünel kalıp teknikleri geliştirilmiş, gelişen teknoloji ile klasik yöntemler aracılığı ile ulaşılamayacak hızda ve yüksekliklerde binalar yapılmaya başlanmıştır [3].

Yapı uygulamasında en yaygın işlevin konut olmasından [4] ve Türkiye’de çok katlı konut sektöründe en fazla kullanılan teknolojinin tünel kalıplar ile uygulanan tamamı perde duvarlı sistemler olmasından dolayı, çalışma kapsamında “tamamı perde duvarlı sistemler” incelenmiştir. Bu sistemlerin çok katlı sosyal konut üretiminde ve ülkemiz koşullarında farklı yükseklikteki modellerinin maliyet açısından irdelenmesi, kat adedi değişiminin yapının ekonomisi üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmada taşıyıcısı perde sistemden oluşan, tünel kalıp teknolojisi kullanılan, kareye yakın olarak tasarlanmış iki doğrultuda rijitliği benzer olan bir örnek konut plan tipi ele alınmıştır (Şekil 1). Örnek plan tipi ile kat adetleri 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 ve 54 şeklinde 6’şar kat artırılarak oluşturulan dokuz bina modeli hazırlanmıştır. Çalışmadaki analizler özel amaçlı yapısal analiz yapan paket programlardan olan Sta4-Cad programı ile elde edilmiştir. Sta4-Cad programı; betonarme yapıların statik, deprem, rüzgâr ve betonarme analizini entegre olarak uygulayan bir paket programdır [5] ve çok katlı betonarme yapılarda da kullanılabilir. Çalışmada program aracılığı ile statik, deprem ve betonarme analizler TS 500 ve 2007 Türkiye Deprem yönetmeliği esas alınarak uygulanmıştır.

Statik hesaplama metodu olarak Stiffness Methodu kullanılmıştır. Tam anlamıyla üç boyutlu (3D) olarak çalışan V13.1 versiyonunda yapı denge denklemleri; kat planının dx, dy ve qz deplasmanlarının bulunmasıyla yatay yöndeki plakların sonsuz rijitliği kabulü ile kurulmaktadır [5]. Bu nedenle katlarda qz, dx, dy deplasmanları, eleman uç noktalarında ise dz, qx, qy deplasmanları kabulü ile tüm yapının denge denklemleri kurulmaktadır.

Deprem hesapları; deprem yönetmeliğinde [6] mevcut olan eşdeğer yöntem ile yapılabildiği gibi, mod süperpozisyonu ile modal analiz de yapılabilmektedir. Dinamik zemin hız spektrumları, bölgelere göre program kütüphanesinde mevcut olmakta, ancak gerekli durumlarda yeni spektrum değerleri girilebilmektedir. Çalışmada oluşturulan konut modellerinin analizlerinde sadece kullanılan beton sınıfının bina maliyeti üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla beton sınıfları C30 ($f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$) ve C45 ($f_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$) olarak değiştirilmiş, kullanılacak diğer bütün parametrelerde aynı kabuller yapılmıştır. Modellerin Ankara’da yapıldığı ve 4. derece deprem bölgesi olduğu düşünülerek deprem bölge katsayısı (A_0) 0.1; Zemin etüd raporlarına göre karar verilen zemin türü ve spektrum karakteristik periyodu (T_A/T_B)



Şekil 1. (a) İki asansöre sahip kat planı (b) Dört asansöre sahip kat planı ((a)Floor plan with 2 elevators, (b)Floor plan with 4 elevators)

parametrelerinde ise zemin türü Z2, spektrum karakteristik periyodu 0,15/0,4 kabulü yapılarak belirlenmiştir. Gerekli olan diğer parametreler incelendiğinde ise; konut yapısı olduğu için yapı önem katsayısı (I) 1, hareketli yük katsayısı(n) 0.3, hareketli yük azaltma katsayısı(C_z)1 ve model analiz minimum yük oranı (B) 0.9, tamamı perdeli yapı olduğu için yapı davranış katsayısı(R) ise 6 olarak alınmıştır.

Tünel kalıp sistemi ile yapılan binalarda mesnetlenme durumu göz önüne alındığında döşemelerin genelde tek doğrultuda çalışan plaklar olarak, maksimum döşeme açıklığının 360 cm olarak ve tünel kalıp yerleşimlerinin uygulanabilir olması gerektiğinden dolayı tüm döşemeler aynı kalınlıkta ve 14 cm olarak alınmıştır [7]. Çalışmada perde duvarların kalınlıkları, statik analizler sonucunda ve yönetmelik sınırları doğrultusunda minimum alınmaya çalışılmış, dokuz model de Eş. 1 denklemlerini sağladığı için minimum 15 cm’lik perde duvarlar kullanılmıştır.

$$\Sigma A_g / \Sigma A_p \geq 0,002 \quad (1a)$$

$$V_t / \Sigma A_g \leq 0,5 f_{ctd} \quad (1b)$$

Denklemden ΣA_g ; herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en-kesit alanlarının toplamını; ΣA_p binanın tüm katlarının plan

alanlarının toplamını; f_{ctd} ise kullanılan betonun tasarım çekme dayanımını ifade etmektedir [6].

15cm perde duvarlar; 6 kat ve 12 kat modellerinin statik hesabında yeterli olmuş, kat adetleri artan sonraki modellerde ise yeterli olmadığı için perde duvar kalınlıkları artırılmıştır. Perde duvar kalınlıkları artırılırken tünel kalıbın uygulanabilirliği [8] göz önüne alınarak 5 cm’lik artışlar yapılmıştır. Tablo 1’de farklı beton sınıfları için bütün modellere ait perde duvar kalınlıkları verilmiştir.

Statik olarak yeterli olan perde duvar kalınlıkları dikkate alındığında 42 kattan sonra büyük artış olduğu Tablo 1’den gözlemlenebilir. Perde duvar kalınlığı büyümeye başlayan modellerde beton sınıfının değiştirilmesi ile taşıyıcı sistem elemanlarının kesitleri uygun olarak revize edilmeye diğer bir deyişle yeni beton sınıfına adapte edilmeye çalışılmış, beton sınıfının artması ile boyutlandırılan elemanların kesitlerinde belli bir miktar küçülme sağlanabilmiştir. En fazla küçülme 10 cm olmuştur.

Analizler sonucunda birim daire başına düşen maliyetler inceleneceği için dairelerde “eşdeğer büyüklükler” elde edilmeye çalışılmış, inceleme kapsamındaki projenin konut olmasından dolayı asansör sayısı, kat adedi 30 ve üstü olan modellerde iki katına çıkartılmıştır (Şekil 1) [9]. Bu doğrultuda artan

Tablo 1. Modellerde uygulanan perde kalınlıkları (Shear-wall thicknesses)

| Beton sınıfı | 6 katlı yapı | | 12 katlı yapı | | 18 katlı yapı | | 24 katlı yapı | | 30 katlı yapı | |
|---------------------|--------------|-----|---------------|-----|---------------|-----|---------------|-----|---------------|-----|
| | C30 | C45 | C30 | C45 | C30 | C45 | C30 | C45 | C30 | C45 |
| Perde kalınlığı(cm) | 15 | 15 | 15 | 15 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |

| Beton sınıfı | 36 katlı yapı | | 42 katlı yapı | | 48 katlı yapı | | 54 katlı yapı | |
|---------------------|---------------|-----|---------------|-----|---------------|-----|---------------|-----|
| | C30 | C45 | C30 | C45 | C30 | C45 | C30 | C45 |
| Perde kalınlığı(cm) | 20 | 20 | 40 | 35 | 70 | 60 | 80 | 75 |

Tablo 2. Modellerin kat dağılımları (Distribution of storeys)

| Kat Adedi | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Bodrum kat | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Yapı yüksekliği (m) | 16,80 | 33,60 | 50,40 | 67,20 | 84,00 | 100,80 | 117,60 | 134,40 | 151,20 |
| Tesisat katı | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| Normal kat | 5 | 11 | 17 | 21 | 27 | 32 | 37 | 42 | 48 |
| Daire | 20 | 44 | 68 | 84 | 108 | 128 | 148 | 168 | 192 |

perde duvar kalınlıkları ve asansör sayısı sebebiyle, bina aksları minimum olarak genişletilmiştir. Bu değişiklikler mekân metrekarelerinde yaklaşık olarak %2-3’lük farklılıklar oluşmuştur. Kullanılacak daire sayısı hesabında ise bodrum katlar ve tesisat katları ele alınmamış, normal katlardaki kullanılabilir daireler üzerinden toplam daire sayısı elde edilmiştir. Tablo 2’den kat adetleri, bodrum kat uygulamaları, tesisat katı uygulamaları ve kullanılabilir daire sayıları gözlemlenebilir.

Sta4cad programında radye ve kazık temel sistemleri tanımlanmış, çalışmada ilk olarak yapı-temel ayrı statik analiz yapılmış, temele gelen yükler belirlendikten sonra temel tasarımı yapılarak birlikte analiz uygulanmıştır. Zemin koşullarının izin verdiği sınıra kadar radye temel uygulanmış, binadan gelen yükler altında oluşacak gerilmelerin zemin emniyet gerilmesinin üzerinde olduğu ve bu yüklerin radye temel ile karşılanmadığı durumlarda ise kazık temel sisteme geçilmiştir.

Çalışmadaki maliyet analizleri için birim fiyatlar; Bayındırlık ve İskân Bakanlığı’nca her yıl yayınlanan “Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2009 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyeti Cetveli (III. Sınıf/B grubundan)” tablosundan alınmış, değişkenler doğrultusunda her modelin çözümü sonucunda, taşıyıcı sisteme (perde, döşeme, temel) ait; beton, ahşap kalıp ve donatı metrajları çıkarılmış, çatı izolasyon uygulaması ve hafriyat maliyetleri de eklenmiştir. Üst yapı kalıp malzemeleri olan tünel kalıp ve zemin taşıma gücü yetersiz kaldığında kullanılan kazık temel uygulamasının maliyet hesabı için gerekli olan özel pozlar ise piyasadaki güncel fiyatların incelemeleri sonucunda elde edilmiştir. Böylece değerlendirmelerin günümüz şartlarına uygun olması sağlanmıştır.

3. DEĞERLENDİRMELER (EVALUATIONS)

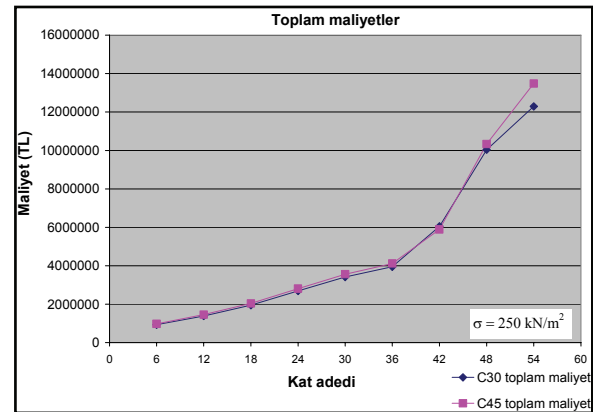
Kriterler doğrultusunda elde edilen modellerin kıyaslamaları yapılırken tasarımcılara yarar sağlayabilecek yaklaşımlar oluşturulmaya çalışılmıştır. Maliyet hesabına ait sonuçlar iki farklı başlık altında değerlendirilmiştir. Şehir planlaması sırasında, ada parsel ve bölge bazında olmak üzere farklı uygulamalar olabileceği için iki konuya da ışık tutacak maliyet hesapları düşünülmüştür. Belirlenen ada parsellerde yapıların münferit olarak uygulanabileceği, her tasarımın başka bireyler tarafından yapılabileceğinden dolayı modeller maliyet

bakımından öncelikle tek tek incelenmiştir. Bu uygulamada amaç mimarlara yön verebilmektir. Bölge bazında planlamada ise belirli bir arazi içinde farklı tasarımlar uygulanabileceğinden yerleşimin nasıl çözümleneceğine ekonomik açıdan yaklaşılarak; şehir bölge planlamacılar ve mimarlara ışık tutabilmek için aynı arazi içinde daire sayısı sabit tutularak optimum çözüm aranmıştır.

3.1. Beton Sınıfı Değişiminin Değerlendirmesi (Evaluation of change in concrete strength)

İlk olarak modeller tek tek ele alınarak, kat adedi artışının ve beton sınıfının maliyet üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla, zemin emniyet gerilmesinin 250 kN/m² olduğu durum için aynı taşıyıcı sistemden oluşan modellerin statik, dinamik ve betonarme analizi farklı beton sınıfları (C30 ve C45) için yapılmış, Şekil 2’de kat adedine göre toplam maliyetlerin değişimi, karşılaştırmalı olarak özetlenmiştir.

Ele alınan tasarım için toplam yapı maliyetleri beton sınıflarına göre değerlendirildiğinde beton sınıfının değişiminin maliyete etkisinin ihmal edilebilecek kadar küçük olduğu görülmektedir. Bu çalışmada kıyaslama için seçilen beton sınıfları olan C30 ve C45 arasındaki mukavemet farkının çok büyük olmaması ve birim fiyatlar bakımından da C30’un birim fiyatının 120.083 TL/m³, C45’in birim fiyatının 138.410 TL/m³ olmasından dolayı beton sınıfındaki değişimin maliyete etkisi çok fazla olmamıştır[10].

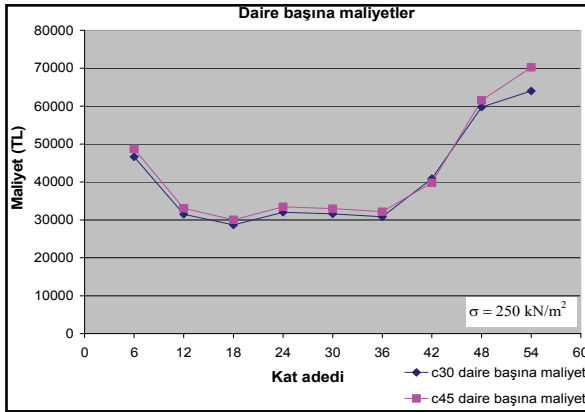


Şekil 2. Farklı beton sınıfı için toplam maliyetler (Total costs for different concrete classes)

Beton sınıfları arasındaki farkın artırılmasıyla maliyetteki değişimin etkisinin daha fazla görülebilmesi beklense de, analizlerde kullanılan

beton sınıfları; kat adedi artan yapılarda C30’un altında beton sınıflarının kullanımının uygun olmadığından ve Türkiye şartlarında üretim imkânları doğrultusunda C45 betonun üstünde üretimin pek yapılmamasından dolayı C30 ve C45 olarak seçilmiştir.

Yapılarda elde edilen toplam maliyetlere bakıldığında ise bu geometrideki bir tasarım için 6, 12, 18, 24, 30 ve 36 katlarda artışın stabil bir eğimle olduğu, 42 kat ve sonrasında ise artışın önemli derecede bir yükselme gösterdiği gözlemlenmektedir. Bu katlardaki toplam maliyet yükselmesinin nedeni olarak kat sayısının fazlalaşmasıyla birlikte perde duvar kalınlıklarındaki artış gösterilebilir. Aynı zamanda zemin gerilmelerindeki yetersizlikten dolayı temel uygulamalarının getirdiği ek maliyet de bu artışın nedenlerinden biridir.



Şekil 3. Farklı beton sınıfı için daire başına düşen maliyetler (Costs per an apartment flat for different concrete classes)

Toplam maliyetlerin ardından taşıyıcı sistemin daire başına düşen maliyetleri incelenirse Şekil 3’deki grafik elde edilir. Grafikte ilk dikkat çeken 6 katlı yapının daire başına düşen maliyetinin 54 ve 48 kattan sonra, en yüksek üçüncü değere sahip olmasıdır. Bu fazla maliyetin nedeni tünel kalıp uygulaması olarak düşünülebilir. Tünel kalıp uygulamasında ilk yatırım maliyeti bu değeri yükseltmiştir.

En düşük maliyet değeri 18 katlı yapıda elde edilmiştir. Aynı perde kalınlığına sahip ilk üç modelde kat sayısı arttıkça daire başına düşen maliyetlerde bir azalma söz konusudur. 24 katta başlayan kazık temel uygulamasının daire başına düşen maliyetleri artırdığı ortadadır. Perde duvar kalınlıkları aynı olan 24, 30 ve 36 katlar arasında daire başına düşen maliyetler bakımından ideal olan 36 katlı yapıdır.

Toplam maliyetteki 42 kat ve sonrasındaki artış, daire başına düşen maliyette de kendini göstermiştir. Perde kalınlıklarındaki büyük artıştan ve temel maliyetinin farklılaşmasından dolayı, kat adedi arttıkça taşıyıcı sistemin daire maliyetlerindeki büyük artış özellikle

42 kat ve sonraki çok katlı yapılarda belirgin olarak görülmektedir. Bu nedenle tercih edilen proje için zemin emniyet gerilmesinin 250 kN/m² olduğu durumda C30 ve C45 betonları ile yapılan uygulamalarının 42 kat ve sonrası kat adetlerinin uygulanabilir olmadığı düşünülebilir.

3.2. Blok Sayıları Değişiminin Değerlendirmesi (Evaluation of Change in Number of Blocks)

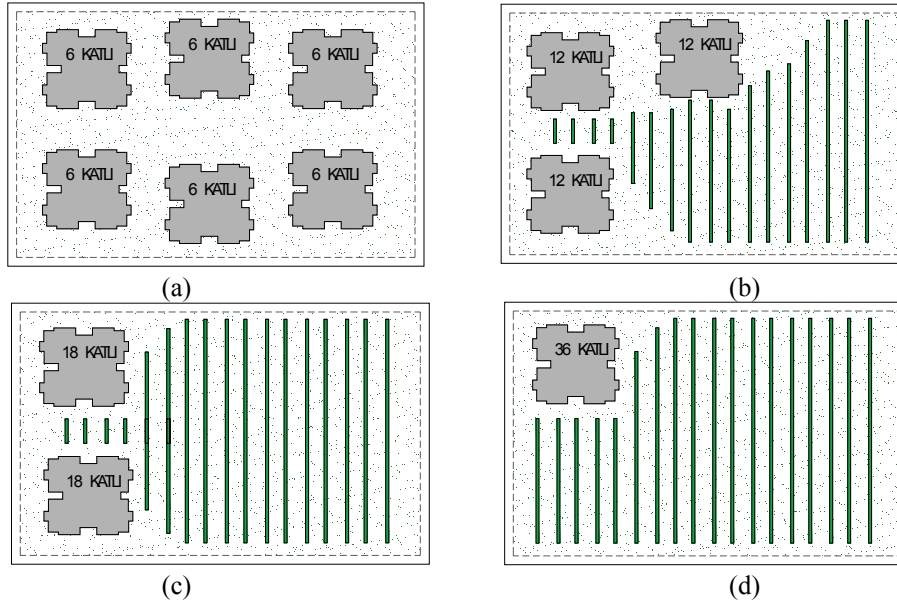
Günümüzde yerleşim bölgelerinde yapılan yapılar için minimum alan kullanılan çözümlere yönelinmesi zorunlu hale gelmiş; zamanla yapı gereksiniminin artması, kullanılacak arsaların azalması ve fiyatlarındaki yükseliş, minimum taban alanında isteklere cevap aramayı gerektirmiştir. Yaygınlaşan büyük siteler, toplu konut yerleşimleri vb. uygulamaların üretiminde kaynakların doğru kullanımı gerek ekonomik açıdan gerekse toplumsal açıdan önem taşımaktadır. Toplu bir konut yapılacağına yerleşimin nasıl çözümleneceğine ekonomik açıdan en doğru şekilde karar verilmelidir.

Bahsedilenler doğrultusunda maliyetleri ikinci bir bakış açısından irdelemek gerekirse; bölge bazında planlama yapılacak durumlar için, elde edilecek dairelerin hepsinin tek blok şeklinde yapılmasının ya da yaygın olarak birkaç blok şeklinde uygulanmasının daire başına düşecek kaba maliyetteki değişimi incelenebilir. Belirli bir arazide toplam olarak aynı daire sayısı elde edilmeye çalışılarak kat adetleri değişen farklı sayıda blokların uygulaması karşılaştırılmıştır. Örnek olarak 120–130 dairelik bir yerleşim planlanacağına yapılacak blokların sayı ve kat adedi için değişik alternatifler ele alınmıştır. Yaygın olarak inşa edilebilecek durum göz önüne alındığında zemin emniyeti 250 kN/m² olan ve C30 beton ile uygulanan projelere ait modeller üzerinden kıyaslamalar yapılmıştır.

Çalışma kapsamındaki modeller ile 120–130 dairelik bir yerleşim için 6 katlı altı adet blok uygulaması, 12 katlı üç adet blok uygulaması, 18 katlı iki adet blok uygulaması yapılabileceği gibi, aynı plana sahip kat sayısı 36 olan tek blok uygulaması da tercih edilebilir. Karşılaştırmalar yapılırken arsa sınırları değiştirilmeden yerleşimler şematik olarak gösterilmiştir (Şekil 4). Vaziyet planlarını önemli derecede etkileyecek bu yerleşimlerin hangisinin en rasyonel olduğunu anlayabilmek için daire başına düşen maliyetlere bakılmaktadır.

Yapılacak kıyaslamalar sırasında tekrarlanan bloklar için tünel kalıp ilk yatırım maliyeti bir kere alınarak *birim daireye düşen maliyet* aşağıdaki gibi bulunmuştur.

- 6 katlı altı adet blok uygulamasında 36 208, 463 TL
- 12 katlı üç adet blok uygulamasında 27 704, 630 TL
- 18 katlı iki adet blok uygulamasında 26 840,080 TL
- 36 katlı tek blok uygulamasında 30 814,433 TL



Şekil 4. Şematik olarak (a) 6 katlı altı adet blok uygulaması, (b) 12 katlı üç adet blok uygulaması, (c) 18 katlı iki adet blok uygulaması ve (d) 36 katlı tek blok uygulaması (Schematically (a) 6 blocks with 6 storeys, (b) 3 blocks with 12 storeys, (c) 2 blocks with 18 storeys and (d) 1 block with 36 storeys)

Aynı yapı bileşenlerine sahip 6 katlı, 12 katlı ve 18 katlı modeller arasında maliyetler bakımından en rasyonel seçimin 18 katlı iki blok şeklinde yapılan yerleşim olduğu gözlemlenmektedir. 36 katlı blokta temel uygulamasının değişmesi nedeniyle maliyet fazla çıkmıştır.

Yapıların maliyet kıyaslamasında çıkan, az sayıda ve kat adedi fazla blok uygulaması yerleşimler planlanırken yer kazancı sağladığı gibi teknik olarak da yarar getirmektedir. Böylece üretim esnasında arsadan ve enerjiden tasarruf sağlanır. Aynı zamanda minimum taban alanı ile arsadan kar edilmekte ya da mevcut arazide başka amaçlar için kullanım olanağı sağlanabilmektedir.

Aynı yapı bileşenlerine sahip modeller arasında yapılan kıyaslamalar 24 kattan sonraki değerlerle yapıldığında sonuçlar farklı doğrultuda elde edilir. Çünkü 24 kat ve sonrasında temel uygulamasının ve yapı bileşenlerinden donatı ve beton miktarının değişmesiyle birlikte maliyetin artması, kıyaslama yapılırken sonuçları ters yönde etkilemektedir. Ayrıca Bölüm 3.1’deki analizlerden anlaşıldığı üzere 42 kat ve sonrasında uygulanabilir olmamasından dolayı kıyaslamalarda bu modeller ele alınmamıştır.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Günümüzde Türkiye’de çok katlı konut sektöründe çok fazla kullanılan betonarme perde sistemlerin tasarım ilkelerinin ve uygulanma tekniklerinin uygulayıcılar tarafından iyi bilinmesi şarttır. Yapı gereksinimi doğrultusunda her katta birbirini takip eden planlara sahip projelerde kat sayısı artışının proje tasarımına etkileri bilinmelidir. Bu çalışmada, taşıyıcı sistemi tamamen perdelerden oluşan tünel

kalıp sistemle inşa edilecek örnek bir yapı için Sta4-cad programından elde edilen sonuçlar doğrultusunda maliyet analizi yapılmıştır. Şimdiye kadar bu nitelikte yapılmış bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Bu nedenle elde edilen sonuçların tasarımcılara faydalı olacağı düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında yapılan araştırmalar, farklı parametrelere sahip modellerin çözümü ve maliyet analizlerinden elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Kullanım durumlarına göre gerek mimari gerek statik açıdan tercih edilen perde duvarlı sistemler yapıya gelen yatay yüklere karşı yapının yanal rijitliğini artırarak yatay ötelenmeleri kısıtlayıp yapıda oluşabilecek büyük hasarları önlemektedirler [11]. Bu çalışmada değişen parametreler ile yapılan bütün analizler göstermiştir ki, bu sistem belirli bir yükseklikten sonra uygulanabilirliğini yitirmektedir.

42 kattan sonrasında maliyet artışı çok fazla olduğundan anlaşılabilir ki; bu veya buna benzer tünel kalıp sistemle uygulanan tamamen perde duvarlardan oluşan projeler için, 42 kat ve sonrası ekonomik açıdan rasyonel değildir. Taşıyıcı sisteme göre kat adedinde doğru seçimler yapılmadığında strüktürel eleman boyutları büyüdüğü için malzeme kaybı olmaktadır[12]. Perde duvar kalınlıklarının artmasıyla birlikte yapının ağırlığı artmakta, bu da maliyeti fazla olan temel sistemleri uygulanmasını ve fazla donatı gereksinimini gerektirmektedir. Perde duvar kalınlıklarının artışının sebebi olarak: deplasmanların katlanarak artması sebebiyle ötelenmeleri engellemek ve rijitliği sağlamak için yeterli perde kalınlıklarının artması gösterilebilir [11]. Eleman boyutlarının fazla artmamasına dikkat edilmeli; yükseklikle artan

deprem ve rüzgâr yüklerinin karşılanması, artan eleman boyutları ile değil taşıyıcı sistemin etkinliği ile kazanılmaktadır.

2. Beton sınıfları arasında değişimlerin projelerde sağladığı olanaklar araştırılmalıdır. Çalışma kapsamındaki proje için beton sınıfındaki değişimlerin maliyetler üzerindeki etkisi ihmal edilebilir düzeydedir. Beton sınıfının artmasıyla birlikte yapı maliyetinde meydana gelen artış oranları, beton dayanımlarındaki artış oranlarının yanında oldukça düşük değerlerde kalmaktadır. Bu nedenle bu proje için daha emniyetli olması amacıyla C45 kullanımı tercih edilebilir. Ancak beton sınıflarındaki değişimin getirdiği maliyetteki farklılık başka projelerde veya başka beton sınıfları için değişebilir ve göz önünde tutulmalıdır.

3. Konut tasarımlarında elde edilecek daire sayısı her zaman imar verisi olarak ilk belirlenen kriterler arasındadır. Çeşitli yerleşimler sonucunda yapıların kat adetlerine karar verilmektedir. Bölge bazında yapılacak çalışmada bu yerleşim sırasında verilecek kararın önemine dikkat çekilmek istenmiştir. Az katlı birçok blok yapılması yerine çok katlı az sayıda blok yapılması daha ekonomik olabilmektedir. Ancak uygulanacak kriterler doğrultusunda ekonomikliğini kaybetmesi de olasıdır. Bölge bazında planlamalarda tasarıma başlanmadan önce yerleşim konusunda bu şekilde yapılacak bir çalışma ilk tasarım aşamasında tasarımcıyı yönlendirecek, tasarımcıya yardımcı olacak ve bina adedi, kat sayısı gibi konular hakkında fikir verecek önemli bir ölçüt olacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Sev, A., **Türkiye ve Dünyadaki Yüksek Binaların Mimari Tasarım ve Taşıyıcı Sistem**

Açısından Analizi, Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001.

2. Bektaş, C., “Yüksek Yapılar ve Mersin Gökdeleni”, **Yapı Dergisi**, Sayı:89, 59-69, 1989.
3. Kasapoğlu, F., **Tünel Kalıp Sistemlerle Üretilen Perdeli Taşıyıcı Sistemlerin Konvansiyonel Sistemlerle Karşılaştırılması**, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
4. Harmankaya, Z. Y., **Türkiye’de Uygulanan Çok Katlı Yapı Üretiminde Kat Adedi ve Beton Sınıfının Kaba İnşaat Maliyetine Etkisi**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
5. STA4-CAD V13, “Çok Katlı Betonarme Yapıların Analiz ve Tasarımı”, **STA Bilgisayar Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti.**, Ankara, 2010.
6. DBYBHY, “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”, **Bayındırlık Bakanlığı**, Ankara, 2007.
7. TS500, “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları”, **Türk Standartları Enstitüsü**, 2000.
8. Erbil, Y., “Toplu Konutlarda Tünel Kalıp Uygulamaları”, **Dünya İnşaat Dergisi**, Sayı: Şubat, 88-90, 2005.
9. Küçükçalı, N., **Yüksek Yapılarda Tesisat, Isısan** yayımları, İstanbul, 2007.
10. Birim Fiyat, “Bayındırlık Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatları”, **Bayındırlık Bakanlığı**, Ankara, 2003.
11. Tuna, M. E., **Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı İlkeleri**, Ajans Türk Basım, Ankara, 2000
12. Özkan, Ö., “Çeşitli Beton Sınıflarının Yapı Maliyetine Etkisi”, **Ulusal Hazır Beton 2004 Kongresi**, İstanbul, 160-171, 2004.

