

168003

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KONUT PROJELERİNDEKİ TÜNEL KALIP
TEKNOLOJİSİNİN MALİYET AÇISINDAN
GELENEKSEL YÖNTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emine AYDIN

Enstitü Anabilim Dalı : YAPI EĞİTİMİ
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet APAY

Aralık 2005

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

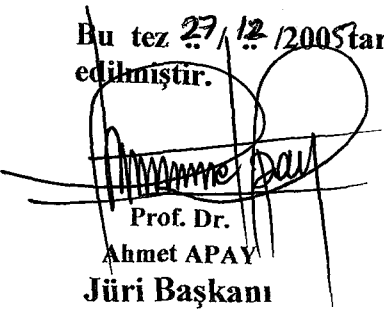
**KONUT PROJELERİNDEKİ TÜNEL KALIP
TEKNOLOJİSİNİN MALİYET AÇISINDAN
GELENEKSEL YÖNTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI**


YÜKSEK LİSANS TEZİ


Emine AYDIN

Enstitü Anabilim Dalı : YAPI EĞİTİMİ

Bu tez 27/12/2005 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Prof. Dr.
Ahmet APAY
Jüri Başkanı


Yrd. Doç. Dr.
İbrahim YÜKSEL
Üye


Yrd. Doç. Dr.
Baha GÜNEY
Üye

TEŞEKKÜR

Tezin hazırlanması aşamasında bana her turlü desteği veren danıŐman hocam sayın Prof. Dr. Ahmet APAY'a, Adapazarı Toplu Konut İdaresi alıŐanlarına, İnaŐat Mühendisi İsmail KOÇ' a, yardımlarından dolayı Mesa İmalat Sanayi ve Ticaret A.Ő.' ye, görüŐlerini benimle paylaşan sevgili arkadaşım ArŐ. Gör. Pelin YILMAZ' a, sevgili arkadaşım İbrahim AKILCIOğLU' na, her zaman manevi katkı, emek ve anlayıŐ gösteren eŐim Semih AYDIN' a ve desteğini esirgemeyen aileme, teŐekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLOLAR LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Konuyla İlgili Yapılan Çalışmalar.....	4
BÖLÜM 2.	
TÜNEL KALIP SİSTEMİ.....	6
2.1. Tünel Kalıp Sisteminin Kullanılma Nedenleri.....	7
2.2. Tünel Kalıp Sisteminin Genel Özellikleri.....	8
2.2.1. Tünel kalıp sisteminin yapısal özellikleri.....	8
2.2.2. Tünel kalıp sisteminin statik özellikleri.....	9
2.2.3. Tünel kalıp sisteminin hızı, ekonomikliği ve teknik özellikleri.....	10
2.3 Tünel Kalıbın Türleri.....	11
2.3.1. Tam tünel kalıplar	11
2.3.2. Yarım tünel kalıplar	12
2.4. Tünel Kalıbın Boyutlandırılması.....	13
2.5 Tünel Kalıpların Yapım İlkeleri.....	15
2.6 Tünel Kalıp Sisteminin Uygulanması.....	16
2.6.1. Kalıbın kurulması	16

2.6.2. Donatının ve tesisatın yerleştirilmesi	18
2.6.3. Beton dökülmesi ve kür işlemleri.....	19
2.6.4. Kalıbın sökülmesi.....	20
2.7. Tünel Kalıp Ekipmanları.....	21
2.7.1. Ana tünel kalıp.....	21
2.7.2. Özel ek kalıp parçaları.....	22
2.7.3. Çalışma platformu.....	22
2.7.4. Destek elemanlar.....	23
2.7.5. Kütleme elemanları.....	23
2.7.6. Aks betonu dökümünü sağlayan elemanlar.....	24
2.8. Tünel Kalıp Sistemlerde Tasarlama İlkeleri.....	24
2.9. Tünel Kalıp Sistemlerde Tasarım Kısıtlamaları.....	25
2.10. Tünel Kalıp Uygulamasında Şantiye Düzeni.....	27

BÖLÜM 3.

DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMINDA TÜNEL KALIP SİSTEMİNİN KULLANILMASI.....	33
3.1. Tünel Kalıp Sisteminin Deprem Dayanımı.....	34

BÖLÜM 4.

TÜNEL KALIP SİSTEM VE GELENEKSEL SİSTEMLE YAPILAN, AYNI PROJEYE SAHİP BİNANIN YAPIM MALİYETLERİNİN HESAPLANMASI..	39
4.1. Çalışmanın Tanımı.....	39
4.2. Kazı ve Dolgu Maliyeti.....	48
4.3. Temel Maliyeti.....	48
4.4. Beton Maliyeti.....	51
4.3.1. Geleneksel sistem beton hesabı.....	51
4.3.2. Tünel kalıp sistem beton hesabı.....	52
4.5. Demir Maliyeti.....	54
4.6. Kalıp Maliyeti.....	55
4.6.1. Geleneksel sistemde kalıp hesabı.....	55
4.6.2. Tünel kalıp sistem kalıp hesabı.....	56
4.7. Sıva Maliyeti.....	57

4.8. Duvar Maliyeti.....	58
4.8.1. Geleneksel sistem duvar hesabı.....	58
4.8.2. Tünel kalıp sistem duvar hesabı.....	58
4.9. Isı ve Ses Yalıtım Maliyeti.....	61
4.9.1. Geleneksel sistemde ısı ve ses yalıtım hesabı.....	62
4.9.2. Tünel kalıp sistemde ısı ve ses yalıtım hesabı.....	63
4.10. Bodrum Kat Su Yalıtım Maliyeti.....	64
4.11. Tünel Kalıp Sistem ile Geleneksel Sistemin Maliyet Karşılaştırması.....	65

BÖLÜM 5.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR.....	70
EKLER.....	72
ÖZGEÇMİŞ.....	86

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Yarım tünel kalıp.....	13
Şekil 2.2. Standart pano ölçüleri.....	14
Şekil 2.3. Tünel kalıp elemanlarının kurulma aşamaları.....	17
Şekil 2.4. Tünel kalıp elemanının yerleştirilmesi.....	17
Şekil 2.5. Tünel kalıp sistemde tesisat yerleştirilmesi.....	18
Şekil 2.6. Çelik hasır tipleri	19
Şekil 2.7. Betonarme demiri ile hasır çeliğin gerilme-uzama eğrisi.....	19
Şekil 2.8. Tünel kalıpta ısıtma sobaları ile kütleme	20
Şekil 2.9. Yarım tünel kalıbın çıkarma iskelesi üzerine sürülmesi.....	21
Şekil 2.10. Tünel kalıp.....	22
Şekil 2.11. Tünel kalıp çalışma platformu.....	22
Şekil 2.12. Tünel kalıp elemanları.....	23
Şekil 2.13. Aks betonu elemanları.....	24
Şekil 2.14. Bodrum katın tünel kalıplarla yapımı olanaklıdır.....	26
Şekil 2.15. Bodrum katın tünel kalıplarla yapımı olanaksızdır.....	26
Şekil 2.16. Döner kule vinçler.....	30
Şekil 2.17. Tünel kalıp uygulamaları için şantiye yerleşimi.....	31
Şekil 3.1.a. Taşıyıcı sistemlerde simetri.....	34
Şekil 3.1.b. İç simetri.....	35
Şekil 3.1.c. Plandaki çıkıntılar.....	35

Şekil 3.2. Düşey taşıyıcılarda süreksizlik (a, b) anirijitlik değişimi (c) çok kritik.....	36
Şekil 3.3. Bitişik düzende çekiçleme	36
Şekil 3.4. Perde duvar ve delikli perdelerde mafsallaşma.....	37
Şekil 4.1. Geleneksel sistem bodrum kat planı.....	42
Şekil 4.2. Geleneksel sistem zemin kat planı.....	43
Şekil 4.3. Geleneksel sistem normal kat planı.....	44
Şekil 4.4. Tünel kalıp sistem bodrum kat planı.....	45
Şekil 4.5. Tünel kalıp sistem zemin kat planı.....	46
Şekil 4.6. Tünel kalıp sistem normal kat planı.....	47
Şekil 4.7. Bina temel detayı.....	48
Şekil 4.8. Geleneksel sistem taşıyıcı sistem planı.....	51
Şekil 4.9. Tünel kalıp taşıyıcı sistem planı.....	52
Şekil 4.10. Geleneksel sistem ile tünel kalıp sistemin bina adedi maliyet grafiği.....	66

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1. Poz numaraları.....	41
Tablo 4.2. Kazı maliyeti.....	48
Tablo 4.3. Temel donatı hesabı.....	49
Tablo 4.4. Temel maliyeti.....	50
Tablo 4.5. Geleneksel sistem toplam beton miktarı.	52
Tablo 4.6. Tünel kalıp sistem taşıyıcı sistem beton hesabı.....	53
Tablo 4.7. Tünel kalıp sistem döşeme betonu hesabı.....	53
Tablo 4.8. Tünel kalıp sistem beton hesabı.....	53
Tablo 4.9 . Geleneksel sistem ile tünel kalıp sistemin beton maliyeti açısından karşılaştırılması.....	54
Tablo 4.10. Geleneksel sistem ile tünel kalıp sistemin demir maliyeti açısından karşılaştırılması.....	55
Tablo 4.11. Geleneksel sistemde kalıp hesabı	55
Tablo 4.12. Geleneksel sistem ile tünel kalıp sistemin kalıp maliyeti açısından karşılaştırılması.....	56
Tablo 4.13. Geleneksel sistem ile tünel kalıp sistemin sıva maliyeti açısından karşılaştırılması.....	57
Tablo 4.14. Geleneksel sistemde dış duvar hesabı	58
Tablo 4.15. Geleneksel sistemde iç duvar hesabı	58
Tablo 4.16. Tünel kalıp sistemde dış duvar hesabı	59
Tablo 4.17. Tünel kalıp sistemde iç duvar hesabı	60
Tablo 4.18. Geleneksel sistem ile tünel kalıp sistemin duvar maliyeti açısından karşılaştırılması.....	61
Tablo 4.19. Geleneksel sistemde ısı ve ses yalıtımı hesabı	62
Tablo 4.20. Tünel kalıp sistemde ısı ve ses yalıtımı hesabı	63

Tablo 4.21. Geleneksel sistem ile tünel kalıp sistemin ısı ve ses yalıtımı maliyeti açısından karşılaştırılması.....	64
Tablo 4.22. Bodrum kat su yalıtım hesabı.....	64
Tablo 4.23. Bodrum kat su yalıtım maliyeti.....	64
Tablo 4.24. Geleneksel sistemle tünel kalıp sistemin bayındırlık birim fiyatlarına göre maliyet açısından karşılaştırılması.....	65
Tablo 4.25. Geleneksel sistemle tünel kalıp sistemin serbest piyasa fiyatlarına göre maliyet açısından karşılaştırılması.....	65
Tablo 4.26. Geleneksel sistemle tünel kalıp sistemin inşaat süresi açısından karşılaştırılması.....	72



ÖZET

Anahtar Kelimeler: Tünel kalıp sistemi, geleneksel sistem, maliyet.

Bu çalışmada; biri tünel kalıp sistemle yapılmış diğeri geleneksel sistem ile tasarlanmış, aynı mimariye sahip iki binanın maliyet analizi yapılmıştır.

Birinci bölümde; modern kalıp sistemlerinin kullanılma nedenleri anlatılmıştır.

İkinci bölümde; Tünel kalıp sisteminin tanımı, çeşitleri, ekipmanları, boyutlandırılması, yapım ilkeleri, sistemin uygulanması, konut üretimine sağladığı yararlar, tasarım kısıtları, şantiye düzeni hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde; Depreme dayanıklı yapı tasarımında tünel kalıp sisteminin kullanılmasının avantajlarından bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde; tünel kalıp sistemi ile inşa edilen bir binanın detaylı olarak maliyet hesabı çıkartılıp, geleneksel sistemle yapılmış aynı binanın mukayesesi yapılmıştır.

Son bölümde; elde edilen sonuçların değerlendirmeleri yapılmıştır.

COMPARING TUNNEL FORMWORK TECHNOLOGY AT HOUSE PROJECTS AND TRADITIONAL METHODS ABOUT COST

SUMMARY

Key words: Tunnel formwork system, traditional system, cost.

In this study, the cost analysis of two structures which have same architectural have been done. One of them was built with tunnel formwork system and the other was using traditional system.

In the first chapter, the reasons why modern formwork systems are used, are explained.

In the second chapter; general informations have been given about the definition, types, equipments, dimensioning, production techniques, application of system, its benefits for building production, design difficulties and construction site arrangement of tunnel formwork system.

In the third chapter, earthquake resistant building design against to and advantages of formwork system have been discussed.

In the forth chapter, detailed calculation of the building which was produced to the building that was produced by traditional system.

In the last chapter, the obtained results were evaluated.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte insan ihtiyaçları da değişmiş ve yeni yapı türleri ortaya çıkmıştır. Hızlı nüfus artışı ile birlikte, konut açığını ortadan kaldırmak ve yeni yapı türlerini inşa edebilmek için, klasik yapım sistemleri yetersiz kaldığından, bu eksikleri gidermek amacıyla yeni yapım sistemlerinin üretilmesi ve uygulanması önem kazanmıştır.

Geleneksel yapım sistemleri, küçük kentler dışında, gelişmelere açık büyük kentlerde ihtiyaçlar doğrultusunda yavaş yavaş terk edilmeye başlanmıştır. İnşaat işinin büyüklüğü arttıkça teknoloji değişmekte ve bunları etkileyen birçok yan unsur ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan ekonomik, politik, sosyal ve çevre unsurlarının etkisiyle birlikte değişen teknolojinin ihtiyaçlara en kısa, en ucuz ve fonksiyonel bir şekilde cevap verebilme özelliği büyük önem kazanmıştır.

Yapı ölçeklerinin büyümesi ile inşaatın bitirilmesi için gereken zaman, para ve insan gücü de artmaktadır. Bundan dolayı tesis, malzeme, makina ve teçhizat gibi kaynakların en iyi şekilde kullanılması, iyi bir yöntem ve geliştirilmiş sistemlerin öğrenilmesini gerektirir.

İnşaat sektöründe, bütün bu kriterler göz önüne alındığında klasik yapım metotlarının gözden geçirilmesi ve yeni yollar aranması zorunlu hale gelmiştir. Betonarmenin, yapıların taşıyıcı sistemlerinde kullanılmaya başlaması ve büyük çaplı inşaatların ortaya çıkmasıyla; zaman, maliyet ve kalite olarak daha iyi yapıların üretilebilmesi için, kalıp sistemlerinin geliştirilerek, uygulanması sonucu modern kalıp sistemleri ortaya çıkmıştır [1].

Yapı olgusu; hızlı üretim tekniği, ekonomisi, niteliği yönünden büyük ölçüde, kalıp tekniğinin doğru seçilip, detaylarının doğru çözümlenmesine bağlıdır. Gerek üst

yapı, gerekse alt yapı inşaatların maliyetinde en önemli girdi olan kalıp, aynı zamanda teknolojik yapı üretiminin ayrılmaz bir parçasıdır [2].

Konut maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle ülke nüfusunun büyük çoğunluğunu oluşturan orta ve alt gelir grupları birikimlerini, kullanışsız ve kalitesiz yapılara aktarmaktadırlar. Böyle bir ortamda hızlı bir şekilde ekonomik ve kaliteli konutların yapılabilmesi için toplu konut uygulaması kaçınılmazdır.

Toplu konut uygulamaları sayesinde, birim konut maliyetini düşürmek, üretim metotlarının gelişmesiyle konut üretimini kısa sürede arttırmak, arsanın konut maliyetindeki etkisini azaltmak ve standart elemanların gelişmesiyle yeni teknolojilere yönelme, dolayısıyla da yapıda endüstrileşme yoluyla maliyet indirimine gitmek mümkün olur. Böylelikle iyi ve sağlıklı bir şehirselleşimi sağlama, küçük birikimleri değerlendirme, kaliteli, ekonomik, hızlı konut yapımını gerçekleştirme imkanı doğar [3].

Konut üretiminde, bu denli büyük bir ihtiyaca cevap verebilmek için, inşaatta üretkenliğin artırılması gereklidir. Bu artışı sağlamak için gerek teknik ve gerekse organizasyonel boyutlarda birtakım önlemler alınmalıdır. Bu önlemler kısaca özetlenirse:

- **Standartlaşma:** Toplu konut üretiminin gerektirdiği çağımızda her yapının ayrı nitelikte olması olanaksızdır. Binalar, bilinmeyen kullanıcılar için yapılacaktır. O halde sorununuz, mümkün olduğu kadar bütün toplum gruplarının ihtiyaçlarını karşılayabilecek bina türlerini tespit ederek üretmektir. Yani kullanıcının talepleriyle, üreticinin imkanları arasında bir uygunluk kurmaktır.
- **İşlemlerin sıralanması:** İşlemlerin bir kısmı birbirlerini izlerken, bir kısmı da birbirinden bağımsız olarak yürütülebilmektedir. İşlem sürecini, işgücünün ve makinaların boş zamanlarını azaltacak ve üretkenliklerini arttıracak şekilde düzenlemek gerekir.
- **İşlemlerin sürekliliği:** Zaman kayıplarının, üretkenlik üzerinde olumsuz etki yaptığı bilinmektedir. Bir işçi ekibinin aynı işlem üzerinde, seri halde

çalışması durumunda üretkenliğin arttığı görülür. Bu nedenle üretimde devamlılığın sağlanması, gerek firma gerekse proje düzeyinde önlemler almakla mümkün olur.

- **Tekrarlama ve uzmanlaşma:** Bir yapının inşasında değişik ve çeşitli işlemler yer almaktadır. Bu bakımdan işçilerin her türlü işte kullanılmalrı yerine sürekli olarak aynı işi yapmaları gerekir ve böylece üretkenliğin artması da sağlanabilir. Aynı işi tekrarlayan işçiler, o işte uzmanlaştıklarından, yaptıkları işin kalitesi de yükselir. Böylece daha kısa zamanda daha çok iş yapmaları sağlanabilir. Bu suretle, yeni işe adapte oluştaki kayıplar önlenir.
- **Makinalaşma (el emeğinin yerini makinaların alması):** Makinalar, insan gücünün zorlukla ve uzun zamanda yaptığı işleri daha düşük toleranslarla, daha iyi nitelikte ve daha kısa sürede yapabilmektedir.

Bu önlemlerin en akılcı bir şekilde alınmasına olanak sağlayan, endüstrileşmiş yapım sistemlerinden biri olan tünel kalıp sistemi, özellikle toplu konutlarda uygulama alanı bulmaktadır [4].

Aynı zamanda, yaşanan ikinci dünya savaşından sonra Avrupa' da oluşan büyük yıkımların neticesinde şiddetle konut ihtiyacı duyulmuştur [9]. Bu ihtiyaçların giderilebilmesi için yapılan araştırmaların sonucunda, hızlı toplu konut üretimine imkan veren, çelik-hasırların sıklıkla kullanıldığı tünel kalıp sistemler bulunmuş ve uygulanmaya başlamıştır.

Bu konuda ülkemizde klasikleşen “kolon-kiriş-plak” betonarme karkas yapıların yanında, altmışlı yıllarda küçük ölçeklerde başlatılan tünel kalıp sistemleri; seksenli yıllara gelindiğinde daha büyük boyutlarda kullanım alanı bulmuş ve daha ileriki yıllarda bu uygulamalar artarak devam etmiştir.

Tünel kalıp ve elemanları, önceleri başta Almanya olmak üzere Avrupa ülkelerinden ithal edilirken ülkemizde gelişen teknolojiler sonucu tüm elemanlar Türk sermayesi ile yapılmış fabrikalarda, Türkiye'de üretilebilmektedir [5].

17 Ağustos 1999 Marmara depreminde tünel kalıp sistemiyle yapılmış yapılar depremin yıkıcı etkisine karşı mükemmel bir direnç göstermiştir [4]. Birçok özelliğinden dolayı depreme karşı rahatlıkla önerilen ve hızlı üretim imkanı sağlayan bir sistem olduğu söylenebilir [6].

1.1. Konuyla İlgili Yapılan Çalışmalar

Memiş [1]; betonarme yapılarda kullanılan klasik ve modern kalıp sistemler hakkında genel bilgiler vererek, iki sistem arasında karşılaştırmalar yapmıştır.

Balkabak [2]; tünel kalıp sistemler ve genel özellikleri hakkında bilgiler vermiştir.

Apay [7]; Türkiye’ de konut sorunu ve çözümünde geliştirilen yeni teknolojileri araştırmıştır. Konut sorunu için seçilecek ileri teknolojiler arasında, ülke koşullarına en uygun olanının tünel kalıp sistemler olduğunu belirtmiştir.

Sümer [10]; deprem etkisindeki tünel kalıp sistemli yapılar için karşılaştırmalı sistem analizi yapmıştır. Biri tünel kalıp diğeri perdeli-çerçeve olacak şekilde aynı modelden farklı iki sistemli yapıyı İdestatik bilgisayar programını kullanarak bilgisayar ortamına aktarmış ve bu iki sistemden kat sayıları farklı sekiz model oluşturarak dinamik analizlerini yapmıştır. Az katlı yapılarda maliyetler ve yapım süresi açısından tünel kalıp sistem daha doğru bir seçim olduğunu, çok katlı yapılarda ise yapılara gelen kuvvetler ve karşılaşılan deplasman değerlerine bakıldığında çok büyük bir fark olmadığını belirtmiştir. Fakat tünel kalıp sistemlerde son katlardaki deplasman artışlarının dikkat çekici olduğunu bunun önlenmesi için de tedbir alınması gerektiğini açıklamıştır.

İnolat [11]; tünel kalıp sistemlerdeki izolasyon problemlerini incelemiştir. Isı yalıtımının binanın dış tarafından uygulanması durumunda büyük ölçüde enerji tasarrufu sağlanacağını, bu şekilde ısı köprülerinin yarattığı problemlerin ortadan kalkacağını, tünel kalıp sistemli binaların monolitik bir strüktür ile yapıldığını dolayısı ile sesin yayılma hızının çok yüksek olduğunu ve komşu hacimler arasındaki bölücü duvarlarda da yalıtım uygulamasının yapılması gerektiğini belirtmiştir.

Boyacı [12]; tünel kalıp sistemiyle çok katlı toplu konut üretiminde tasarım kısıtlamaları üzerine bir araştırma yapmıştır. Tünel kalıp sistemiyle doğru bir ürün elde edebilmenin, tasarımdaki kısıtlamaların çok iyi bir şekilde analiz edilmesine bağlı olduğunu ifade etmiştir. İnceleme yaptığı konutlarda, tipeştirme ilkelerinin egemen olduğunu, tünel kalıpların çok fazla tipte olmasının ekonomik olmayacağını ve bu durumun endüstriyel üretim gereklerine ters düşeceğini belirtmiştir.

Canbek [14]; tünel kalıp teknolojilerinin tasarıma getirdiği kısıtları araştırmıştır. Bu kısıtları, tünel kalıp teknolojisine ait kısıtlar, yapım gereçlerine yönelik kısıtlar, teknik bilgi düzeyine yönelik kısıtlar, üretim araç ve gereçlerine bağlı kısıtları başlıkları altında açıklayarak, alternatif olasılıklar sunmuştur.

Ersoy [17]; binaların mimarisinin ve taşıyıcı sisteminin deprem dayanımına etkisini incelemiştir. Deprem dayanımının mimari tasarım aşamasında olduğunu, bu konuda mimarlara büyük sorumluluk düştüğünü açıklayarak, mimarisi ve taşıyıcı sistemi, deprem göz önünde bulundurularak oluşturulan binaların depreme dayanabileceğini ifade etmiştir.

Bu tez kapsamında; tünel kalıp sistemi ile inşa edilen bir bina ile aynı projeye sahip geleneksel yöntemle inşa edilen diğer bir binanın yapım maliyetleri hesaplanmıştır. İki yapım sistemi arasında zaman-maliyet karşılaştırması yapılmıştır.

BÖLÜM 2. TÜNEL KALIP SİSTEMİ

Tünel kalıp sistemi, yapının duvar ve döşemelerinin, hassas boyutlu ve düzgün yüzeyli çelik kalıplar yardımıyla, tek bir operasyonla dökülebildiği yapı tekniği olarak tanımlanabilir [7]. Aynı zamanda kalıpların yapının enine ve boyuna doğrultuda hareket ettirilerek çıkarıldığı, gerek düşey ve gerekse yatay yapı elemanlarının aynı anda dökülebildiği bir yapım sistemidir [8].

Taşıyıcı duvar ve döşemelerin bütün halinde ve tek işlemle yerinde dökümünü sağlayan bu yapım sistemi, bu yönüyle geleneksel yapım sistemine benzemektedir. Ancak sistemin nitelikleri açısından beraberinde ön yapımlı (prefabrik) bazı yapı elemanlarının kullanımına olanak sağladığı için yarı ön yapımlı bir sistem olarak kabul edilir. Bu sistemde cephe elemanları, merdivenler, sahanlıklar, bölme duvarlar, bacalar vb. ön yapımlı olarak üretilip, yerinde dökülen ana yapı ile birleştirilerek kullanılmaktadır. Sistemin en büyük avantajı yapım süresini kısaltmasıdır [9].

Tünel kalıp sistemde betona kür yolu ile kısa sürede gerekli dayanım verildiğinden, kalıbı çok kısa süre sonra sökmek, yine kısa sürede kurarak yeniden beton dökmek ve üst kotta üretime başlamak mümkün olabilmektedir. Tam düşey taşıyıcıların perde olması yüklerin temellere yaygın ve homojen olarak dağılmasını sağlamaktadır. Döşeme plaklarının üç taraftan ankastre olması, tünelin arka yüzünün tünele dik yönde bir perde ile sonuçlanması, rüzgar ve deprem kuvvetlerine gerekli direnci sağlamaktadır. Beton dökümünden sonra, monolitik bir yapı olarak ortaya çıkan sistem, depreme karşı da yatay ve dikey kontinüte ve dolayısıyla da mükemmel bir stabiliteyi sağlamış olmaktadır. Tüm yapısal projelendirme evrelerinde tam bir koordinasyon içinde çözümlenme gereklidir. Tünel kalıp elemanları ile gerçekleştirilen uygulamalarda hücreyi oluşturan kalıp elemanlarının en büyük özelliği döşemenin kirlenmemesi ve bozulmamasıdır. Özellikle taşıma ve yerleştirme

esnasında titizlikle davranmalı ilerideki yapılacak olan inşaatlarda kullanılacağı göz önüne alınmalıdır [4].

Daha önce yapı projesine uygun şekilde üretilmiş hazır kalıplarla binanın taşıyıcı elemanları betonarme olarak üretilmekte, temeller, çatı ve bitirme işlemlerinin çoğu geleneksel tekniklerle gerçekleştirilmektedir.

Sistemin esas unsurları, bükme saçlarla mukavemeti artırılmış saç panolardır. Panoların çelik borulu taşıyıcı sistemi, tekerleklerle bağlanır. Panolar tekerlekler üzerinde yürütülerek yatay yönde hareket ettirilir. İç hacimde, düşey betonarme perdeye ve döşemeye kalıp görevi yapan ters (L) şeklinde iki yarım tünel yada ters (U) şeklinde bir tam tünel kalıp yer alır. Yarım tünellerde iki ters (L) bir araya getirilerek ters (U) şeklinde bir tünel kalıp tamamlanır. Dış yüzeylerde, içteki panoya benzer panolar kullanılır. Dış panoların yüksekliği, döşeme betonu kalınlığı kadar iç pano yüksekliğinden fazladır. İç ve dış panolar birbirlerine çelik bağlantı elemanları yardımıyla rijit şekilde sabitlenirler. Beton içinde kapı, pencere, baca deliği gibi boşlukları oluşturmak için “çelik rezervasyon elemanları” kullanılır. Ayrıca tünel kalıpların beton dökümünden sonra yerlerinden çıkarılmasını sağlayan çalışma platformları ile sistem tamamlanır. Bu sistemde; kalıpları yerlerine yerleştirebilmek için mutlaka kule vinç gerekmektedir.

2.1. Tünel Kalıp Sisteminin Kullanılma Nedenleri

Tünel kalıp sistemi, Batı Avrupa’da yıllardır kullanılan ve yapılan uygulamalarla kendisini ispatlamış önemli bir endüstrileşmiş yapım tekniğidir.

Tünel kalıp sisteminin kullanılma amaçlarını şöyle sıralayabiliriz;

- Tünel Kalıp, düşey ve yatay taşıyıcı yapı elemanlarını, bir defada yerinde dökülebile olanağı sağlar. Bu şekilde monolitik bir yapının inşa edilmesiyle, özellikle perde ile döşemelerin birleşim bölgelerinde ortaya çıkan inşaat derzleri problemi ortadan kalkmış olur.

- Düşey taşıyıcıların perde olması, yapının yatay kuvvetlere karşı dayanıklı ve yüklerin temele homojen olarak dağılmasını sağlamaktadır.
- Kat yüksekliklerinin, döşeme kalınlıklarının eşit olması yapıda detay benzerliği sağlamaktadır.
- Tünel kalıp ile yapım süresi, geleneksel yöntemlere oranla çok kısadır. Bu sayede işgücü ve anaparanın uzun süre bağlı kalmaları önlenir.
- Nitelikli işçi gereksinimi azdır.
- Elektrik ve su tesisatlarının, ısıtma ve havalandırma malzemelerinin beton dökümünden önce kalıbın içine yerleştirilmesi daha önceki ince işlerin azalmasını sağlar. Ayrıca ince işlerin yapımına, beton dökümünden hemen sonra başlanabilir.
- Kalıplar, düşük toleranslara göre imal edildiğinden beton dökümündeki ölçüsel doğruluk ve kesinlik, ara bölme duvarları ve doğrama gibi malzemelerin beton dökümünden hemen sonra yerlerine takılabilmelerini sağlar.
- Sıva gibi ince işlerin yapılmasını gerektirmeyen düzgün beton yüzeyi elde etmek mümkündür, boya, duvar kağıdı veya benzeri dekorasyon malzemeleri yüzeye doğrudan uygulanabilir [4].
- İş güvenliği açısından başarılı bir uygulamadır [18].

2.2. Tünel Kalıp Sisteminin Genel Özellikleri

Tünel kalıp sisteminin genel özellikleri; dört ana başlık altında toplanabilir. Bunlar:

2.2.1. Tünel kalıp sisteminin yapısal özellikleri

Tünel sistemlerin uygulanmasında, betonarmenin fiziksel özelliklerinin sağlamış olduğu avantajlardan büyük ölçüde yararlanılmakta ve sistemin işlerliği sağlandığı takdirde ekonomik çözümler elde edilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde, konut inşaatlarına ait maliyetlerin düşürülmesi için, döşeme açıklıklarının beş metreyi geçmeyecek şekilde modüle edilmesi gerektiği vurgulanır. Bu itibarla betonarme döşeme inşaatı sözü edilen açıklıklarla ekonomik olarak inşa edilebilmektedir.

Bu sistem yapısal özelliği nedeniyle, temeldeki bağlantı kirişlerine duyulan ihtiyacı azaltmakta ve tek bir kiriş gibi görev yapmaktadır. Böylelikle yapının direncinde artış sağlanmaktadır. Sistemde münferit kolon ve kirişler kullanılmamakta, fakat planlama esnekliği muhafaza edilmektedir.

Sistemi karakterize eden çelik tünel kalıpları; genellikle çelik olarak imal edilmekte ve nokta kaynakları ile birleştirilerek dayanıklı bir yapı elde edilmektedir. Takviye atıkları genellikle omega veya omega-U profillerindedir. Duvar panelleri yatay rijitliği sağlamak için ikiz kanal elemanlar ile kuvvetlendirilmiştir. Yarım tünel elemanları yan yana getirildiğinde, tam bir tünel veya bir mekan teşkil ederler. Yüksek beton dökme hızını sağlamak amacı ile düşey paneller metrekarede beş tona kadar beton basıncına dayanabilecek şekilde projelendirilmiştir. Bütün elemanları ile tünel kalıp elemanının ağırlığı m^2 için yaklaşık 70 kg' dır.

2.2.2. Tünel kalıp sisteminin statik özellikleri

Tünel kalıp sistemi dediğimiz uygulama (örneğin bir konutta, bir hastane, otel, yurt projesinde), her bir odanın karşılıklı iki yarımın tünelden oluşması ile elde edilecek bir hücrenin, iki yan, bir arka duvar ile döşeme kalıbının aynı anda teşkil edilmesidir. Üç tarafı kapalı bu hücrenin, dışarıya tekerlekler aracılığı ile çıkarılabilmesi için her hücrenin dışa bakan yüzünün açık olması gerekmektedir. Keza aynı mantıkla pencere üzerinde bir kirişin de bulunmaması gerekir. Cephe, prekast elemanlardan oluşan panellerle dışarıdan ve hemen yükselen inşaatın iki kat altından, dışardan giydirilmesi sistemin özüne en uygun ve hızlı üretime katkı sağlar. Bu panelleri döşemelere oturtmak yerine perde duvarlarına asılmalıdır.

Döşeme kalınlıklarının, gerek cephede kirişin olmayışı (üç mesnede oturan bir kenarı serbest döşeme) gerekse perde döşeme arası yırtılma tahkikleri sonucuna göre 14-16 cm kalınlıkta olabileceği, herkes tarafından bilinmesi gerekir. Tünellerin sökülmesi için tavanların kirişsiz olması gerektiği gibi, düşük döşemelerin de olmaması gerekir.

Ankastre elektrik ve su borularının perde duvarlarına gelen yerlerde, bütün tesisat

delikleri ile kapı ve pencere boşlukları, önceden kalıp yüzeyine vidalanacağı için, tesisatçıya ve doğramacıya milimetrik hazır boşluklar ayrılmış demektir. Kapı kasaları saç ise kalıba önceden yerleştirilerek bir imalat kalemi daha kaba inşaat safhasında bitirilmiş olur. Merdivenler, bazı hallerde de kat sahanlıkları, şantiyede tıpkı cephe panelleri gibi üretilerek montaj vinci aracılığı ile yerlerine konulur.

2.2.3. Tünel kalıp sisteminin hızı, ekonomikliği ve teknik özellikleri

Tünel kalıp sistemi, hızlı bir yapım sistemi olarak benimsenmiştir. Bu sistemde sekiz saatlik çalışma ve 24 saatlik rotasyonla, bir iş programı uygulanabilmektedir. Yapının özelliğine göre kullanılacak kalıp sayısını; proje, konut miktarı ve inşaat süresi belirlemektedir.

Tünel kalıp ile yapılan yapılar depreme dayanıklı tek parça yapılardır. Betonarme betonu olarak genelde BS 25 betonu kullanılmaktadır. Bir m^2 planda 0.310 - 0.320 m^3 beton dökülmektedir. Donatı olarak ise, işçiliği olumlu yönde etkileyen hasır çelik kullanılmaktadır. Tünel kalıp sistemlerde, saç yüzeylerin düzgünlüğü ahşap yüzeylere göre daha düzgün yüzey elde edilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle ayrıca bir kaplama veya sıva gerektirmemektedir. Böylece ince işçilikle ilgili işlemler ortadan kalkabilmektedir. Elde edilen yüzeylerin üzerine istenilen "finishing" malzemesi doğrudan uygulanabilmektedir [2].

Tünel kalıp sistemi ile elde edilen yapılarda ekonomik açıklıklar üç metreden altı metreye kadar olup, günlük rotasyon için en uygun yapı alanı 70 m^2 ile 150 m^2 arasında değişmektedir. Konutun gereksinimi olan açıklıklar ve birim m^2 alanlara ilişkin bu uygunluk nedeni ile, tünel kalıp sistemi Türkiye'deki konut açığını karşılamak için en iyi yöntemlerden biri olarak görülmektedir. Bu sistemin ekonomik olabilmesi için alt sınır konut sayısı 100'den az olmamalıdır. Tünel kalıp ömrü ise 1000 kez kullanılabilme olanağı vermektedir [8].

Kalıptan çıkan yüzeyler duvar kağıdı veya boyaya hazırdır. Eğer varsa segregasyon ve vibrasyon hataları ıspatula ile alçı uygulama suretiyle sıva işleminden kurtulmak çok önemli, zaman ve maliyet kazançlarından biridir. Dış perde kalıp yüzeylerine

istenilen hazır tekstür elemanları (fiberglas-neoplast) konarak arzu edilen dekoratif dokular elde edilebilir.

Tünel kalıplar, imalat tekniği bakımından milimetrik hassasiyetle üretilir. Bu inşaata aynen yansır ve ilk kuruluş aşamasının doğru gerçekleşmesinden sonra artık bütün kapı, pencere, dolap ölçüleri tek bir ölçü ile kütle üretim ve montajına imkan sağlar.

Tünel kalıp sisteminin oldukça yüksek bir ön yatırımı vardır. Ancak belli sayıda üretim amaçlandığında zaman ve iyi bir planlama ile yapımda üretim hızının artırılmasının yanı sıra ekonomide sağlamaktadır. Sisteme uygun planlama yapma gereği ise, mimariye ayrı bir disiplin gerektirmektedir. İlk bakışta planlama eksikliği görünse de, alışkanlık kazanıldığı zaman sonsuz esnek, ancak disiplinli bir sistem olduğu görülmektedir [4].

2.3. Tünel Kalıbın Türleri

Tünel kalıplar, tam tünel kalıp ve yarım tünel kalıp olmak üzere ikiye ayrılırlar.

2.3.1. Tam tünel kalıplar

Tam Tünel Kalıp ekipmanı döşemelerle birlikte, binanın yan dış duvarlarının, iç bölme perdelerinin betonlanmasına izin veren kalıp ekipmanıdır. Bu ekipman ile kalıp söküldükten sonra döşemelerin dikme desteğine alınması mümkün olabilmektedir. Beton kalıpta iken ısınması sağlanmakta ve böylece betonun priz süresi kısalmaktadır [10].

Tam tünel kalıplar, yeterli boyutsal çeşitliliği sağlamadığından planlamada kısıtlamalar getirirler. Kalıpların ağırlığı kaldırılma ve montaj açısından ek problemler getirir [1]. Tam Tünel Kalıpların standart derinlik boyutları, 62.5 cm, 125 cm ve 250 cm şeklinde üretilirler. 12.5 m' ye kadar büyüyebilirler [1].

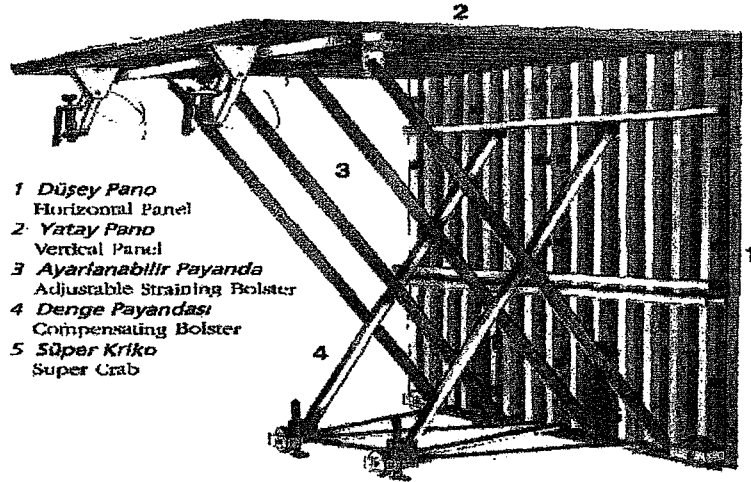
Tam tünel kalıplar yatay ve düşey kalıp yüzeylerine sahiptir. Ayrıca kalıbın germe ve boşaltma işlemleri için yatay yüzey kalıbını taşıyan profillerden oluşan üst kiriş vardır. Kalıbın gerdirilmesi için yapılmış yan kirişlerle yatay kirişi çapraz şekilde birleştiren payandalar mevcuttur. Bunun yanı sıra kalıbı teraziye alma işlemini yürüten “flanş ayaklar” ve kalıbı sürmeye yarayan “rulmanlı tekerlek” ve muhafazaları, perde ara mesafe ayarını sağlayan çubuklar, kelebek sıkma somunları, tüm birleştirme elemanları tam tünel kalıbın diğer ekipmanlarını oluşturmaktadırlar.

Tam tünel kalıp kullanılacağı yere vinç yardımı ile taşınır ve tekerlekleri üzerinde döşemeye oturtulur. Tekerlekleri ayarlanabilir dikmeye dayanarak dengede kalır ve vinçten çözülür. Tekerlekleri üzerinde götürülerek sahadaki gerçek yerine yerleştirilir. Flanş ayaklar üzerinde kaldırılarak teraziye alınır. Flanşların tepesindeki somunun sağa sola döndürülmesi ile teraziye alma işlemi tamamlanmaktadır. Hidrolik donanımı ilave edilmiş tam tünel kalıp ekipmanı, hidrolik jeneratöre kumanda eden bir kolun hareketi ile düşey ve yatay düzlemlerde tam bir hassasiyetle ve anında birleştirilip ayarlanabilmektedir. Perde kalıbının ayarı yan yana monte edilmiş iki tam tünel kalıbın arasındaki mesafe çubukları ve ayar konikleri ile yapılmaktadır. Bu sayede betonun yatay eforlarına karşı kalıpların deformasyonu ortadan kalkmaktadır [6].

2.3.2. Yarım tünel kalıplar

Yarım tünel kalıplar, köşe tünel kalıplar ve konsollu tünel kalıplar olarak ikiye ayrılırlar. 1,5 ton kapasiteli normal bir inşaat vinci ile binanın istenilen her yerine taşınabilmektedir [10]. Şekil 2.1. de bir yarım tünel kalıp elemanları ile birlikte gösterilmiştir [5].

Yarım Tünel kalıp ekipmanı ile, kalıp söküldükten sonra, döşemeleri dikme desteğine bırakmak mümkün olabilmektedir. Böylece ısıtılması sağlanabilmektedir.



Şekil 2.1. Yarım tünel kalıp

Yarım tünel kalıp ekipmanı, yükseklik ve genişlikleri projesine uygun olarak imal edilir. Yarım tünel kalıplarının standart derinlik boyutları 62.5 cm, 125 cm ve 250 cm'dir [11]. Yükseklik 2.30 m' den 4,00 m' ye kadar, genişlik 1,05, 1,35, 1,65, 1,95, 2,25, 2,55, 2,85m ve maksimum açıklık ise 5,70 m olarak yapılmaktadır [2]. Gerektiğinde istenilen ara boyutta imal edilebilir. 12,50 m uzunluğuna kadar birleştirilebilir.

2.4. Tünel Kalıbın Boyutlandırılması

Tünel kalıp sisteminde boyutlandırma, kullanılacak tünel kalıp elemanlarının çeşitliliği ile oluşturulacak yapı tünellerinin boyutlarının koordinasyonunu gerektirmektedir.

Mekan için gerekli kalıp boyutu kalıp elemanlarının çeşitli kombinasyonları yapılarak sağlanabilmektedir. Kalıbın konstrüksiyon kalınlığı ile döşemeden kalıp tavanı altına kadar olan yüksekliğin toplamı kalıp yüksekliğini belirlemektedir. Yani kalıp yüksekliği döşeme üstünden, üst döşeme altına kadar olan yüksekliktir. Konstrüksiyon yüksekliği 33 mm' dir ve 30 mm' nin katları artarak devam eder.

Tünel kalıp uygulaması yapan Mesa firmasının tünel kalıp ölçüleri (Şekil 2.2.) aşağıdadır.

PANO ÖLÇÜLERİ	1 1.05 m.	2 1.35 m.	3 1.65 m.	4 1.95 m.	5 2.25 m.	6 2.55 m.	7 2.85 m.
2.10 m							
2.40 m							
2.70 m							
3.00 m							
3.30 m							
3.60 m							
3.90 m							
4.20 m							
4.50 m							
4.80 m							
5.10 m							
5.40 m							
5.70 m							

Şekil 2.2. Standart pano ölçüleri [2].

Tünel kalıplarda, ek parçalar kullanılarak farklı mekan boyutları elde etmek mümkündür. Değişik boyutlarda üretilen kalıpların istenilen şekilde yan yana getirilerek elde edilmiş olurlar. Ayrıca ek kalıp elemanı olarak kutu kalıp veya masa kalıp gibi kalıplarda kullanılabilir. Bu tür kalıplar aynı zamanda açıklığın ortasında dikme görevi görürler [2].

2.5. Tünel Kalıpların Yapım İlkeleri

- Tünel kalıplar dört yüzü kapalı kalıp birimleridir. Mekanın beşinci yüzü, kalıbın üzerine oturduğu döşemedir. Altıncı yüzü kalıbın çıkarılabilmesi için açık bırakılmaktadır.
- Kalıp yüzeyleri genellikle 3-4 mm kalınlığında çelik levhalardır. Çelik levhalar, kalıbın kullanılma süresini uzatmakta ve kolay ısıtılmasını sağlamaktadır. Dezavantajları ise ağırlıklarıdır. Ancak bu sistemle çalışan şantiyelerde vinçler kullanıldıkları için bu sorun ortadan kalkmaktadır.
- Çelik tünel kalıplar tam veya yarım olarak yerlerine konurlar. Yarım tünel kalıplar bir araya geldiklerinde tam tünel kalıbı oluştururlar.
- Döşeme ve duvarları oluşturan büyük kalıp yüzeyleri bir tek işleme yerlerine konulabilir veya çıkarılabilir [12].
- Döşemeden gelen yükler çaprazlar aracılığıyla taşınmaktadır, böylece alttaki döşemenin aşırı yüklenmesi önlenir.
- Çelik rezervasyon elemanları yardımıyla kapı, pencere ve döşeme boşluklar çok hassas doğrulukta elde edilebilir [4].
- Beton dökümü bir günlük ritmik çalışma içinde eşit tekrarlanan işlemlerle oluşturulabilir.
- Kalıp elemanlarının birleştirilmesi, takılması gibi sorunlar çeşitli firmalarca değişik bir biçimde çözülmüştür. Ayrıca kalıpların taşınma ve kaldırılma biçimleri de çeşitlidir.
- İki tam tünel kalıp arasında kalan duvarların ankrajları, tüm sistemlere düşey yönde bir veya iki ankrajla sağlanmaktadır. En sondaki duvarlarda ise üç ankraj bulunmaktadır [12].

2.6. Tünel Kalıp Sisteminin Uygulanması

Tünel kalıp sisteminin uygulama aşamalarını; kalıbın kurulması, donatı ve tesisatın yerleştirilmesi, beton dökülmesi ve kür işlemleri, kalıbın sökülmesi başlıkları altında incelenebilir.

2.6.1. Kalıbın kurulması

Tünel kalıbın yüzeyi temizlenir, üzerine kalıp yağı sürülür. İki yarım elemandan oluşan tünel kalıp bir önceki döşeme üzerinde oluşturulan aks betonundan yararlanılarak yerine yerleştirilir [13]. Aks betonu için özel kalıp elemanları kullanılır. Gereksinim duyulan kalıp sayısı, üretilecek yapının nicel özelliklerine ve saptanan yapım hızına göre ayarlanabilir. Örneğin yapımçı firma, bir konut ünitesine bir buçuk günde tamamlayabiliyorsa ve bir yılda çalışılabilecek iş günü sayısı 250 gün ise $(250/1,5=166)$ bu yapımçı firma bir kalıp ekipmanı ile 1 yılda 166 konut üretebilecek demektir. Bu şekilde yapılan iş programına göre ihtiyaç duyulan miktarda üretim sağlanabilmektedir. Aşağıda tünel kalıp kurulum aşamaları (Şekil 2.3) ve yerleştirilmeleri (Şekil 2.4) görülmektedir.



a) Dikey Panonun yerleştirilmesi



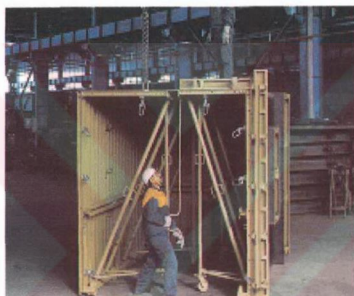
b) Yatay panonun montajı



c) tekerlekli dikme ve çapraz destek elemanlarının montajı



d) rezervasyon kalıbının montajı



f) Çalışma platformunun montajı



e) iki yarım tünelin birleştirilmesi

Şekil 2.3. Tünel kalıp elemanlarının kurulma aşamaları



Şekil 2.4. Tünel kalıp elemanının yerleştirilmesi

2.6.2. Donatının ve tesisatın yerleştirilmesi

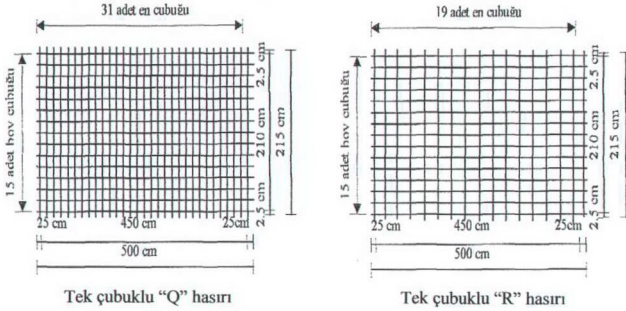
Demir donatı (çelik hasır) ve elektrik tesisatı tünel kalıba önceden tasarlandığı biçimde (Şekil 2.5) yerleştirilir. Perde ve döşemede su tesisatı, ısıtma, havalandırma gibi unsurların, pencere ve kapıların gerektirdiği boşluklar ise tünel kalıp üzerine yerleştirilen rezervasyonlar ile sağlanır. Bunlar tamamlandıktan sonra dış kalıp yerleştirilir ve tünel kalıp ile birleştirilir [13].



Şekil 2.5. Tünel kalıp sistemde tesisat yerleştirilmesi

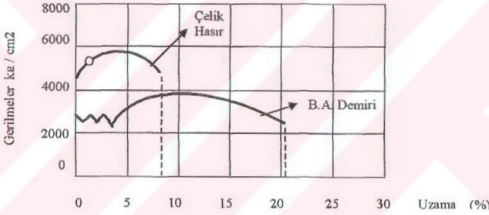
Çelik hasır, yüksek vasıflı ve özel nervürlü bir yapı çeliğidir. Çelik hasır soğuk çekme ve özel şekilde nervürlendirme ile elde edilen çubuklar, istenilen boyutta kesilir ve doğrultulur belirli aralıklarla elektronik programlı punto kaynağı ile birleştirilerek çelik hasır elde edilir. Çelik hasırlar başlıca iki tip olarak elde edilirler (Şekil 2.6).

1. Her iki yönde çalışan yapı elemanları için “Q” tipi hasırlardır.
2. Tek yönde çalışan yapı elemanları için “R” tipi hasırlardır.



Şekil 2.6.Çelik hasır tipleri

Kullanılacak çelik hasır tipleri, proje hesaplarında bulunan moment ve çelik hasır gerilmelerine (Şekil 2.7) bağlı olarak seçilir.



Şekil 2.7. Betonarme demiri ile hasır çeliğın gerilme-uzama eğrisi [2].

2.6.3. Beton dökülmesi ve kür işlemleri

Beton döküldükten sonra yapımı süratini artırmak amacı ile kürleme metotları kullanılmaktadır (Şekil 2.8). Bu kürleme sayesinde 24 saat içerisinde kalıp alınabilmektedir. Kürlemede sıcaklığın rolü betonun gerek rötre, gerekse içsel dayanımı etkilemektedir. Bu yüzden ısı şokunu önlemek için beton karıldıktan sonra 1.5-2 saatten önce 50 °C ve 5-6 saatten önce 100 °C yükseltmemelidir. Kür için, buhar, gaz, mazot, sıcak su ve enfraruj ışıkları gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu uygulama yapılırken tünel ağzları ya naylon bezlerle yada katranlı örtülerle kapatılarak ısı kaybı önlenmiş olmaktadır. Memleketimizde ise tünel kalıp uygulamalarında kürleme hacimlerinin içerisine yerleştirilen bütan gaz sobaları ile

yapılmaktadır. Yaz aylarında beş saat kış aylarında ise sekiz saat süre ile 50°C kürlleme yeterli gelmektedir [2].



Şekil 2.8 Tünel kalıpta ısıtma sobaları ile kürlleme[1]

2.6.4. Kalıbın sökülmesi

Tünel kalıpların sökülmesinde önce bağlantı bulonları gevşetilir ve sökülür. Dökülen döşeme üstündeki aks beton kelepçeleri, köşebentleri ve mesafe ayar elemanları sökülüp döşeme üstüne bırakılır. Daha sonra döşeme ve perde alın kalıp elemanları çıkarılır. Döşemeye bağlı tüm rezervasyonların civata ve bağlantıları çıkarılır. İki yatay panoyu bağlayan bağlama kancaları sökülüp, pano krikoları yardımıyla birinci tünel kalıp tekerlekleri üzerine düşürüldükten sonra elle iterek veya aparatı yardımıyla ağırlık merkezi deliği döşemenin dışında olacak şekilde kalıp çıkarma iskelesi üzerine çekilir (Şekil 2.9). Yarım tünel kalıbı vinçle kaldırmak için kaldırma üçgeni ağırlık merkezi deliğine takılır ve somunu elle iyice sıkılır, kalıp bir sonraki kullanılacak yere aktarılır. Yarım tünel kalıbı alınan döşeme dikmelerle desteklenir. Ardından ikinci tünel kalıp içinde aynı işlemler uygulanır. Bütün konikler betondan sökülür ve böylece sökülme işlemi tamamlanmış olur [1].



Şekil 2.9. Yarım tünel kalıbın çıkarma iskelesi üzerine sürülmesi

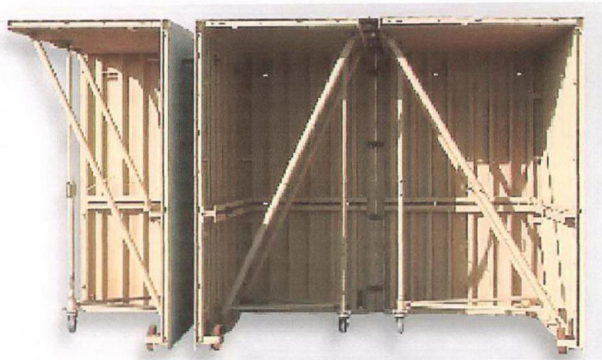
2.7. Tünel Kalıp Ekipmanları

Tünel kalıp ekipmanını oluşturan elemanlar aşağıda verildiği gibidir:

- Ana tünel kalıp
- Özel ek kalıp parçaları
- Çalışma platformu
- Destek elemanlar
- Isıtma ve kürlenme elemanları
- Aks betonu kalıbı

2.7.1. Ana tünel kalıp

Tünel kalıp, ana kalıp ekipmanı olup, çelik bir konstrüksiyondur (Şekil 2.10). Beton dökümü, yan yana getirilip monte edilen bu kalıpların üst ve yan yüzlerine yapılır. Böylece mekanın taşıyıcı perde duvarları ve tavan döşemesi oluşturulur.



Şekil 2.10. Tünel kalıp

2.7.2. Özel ek kalıp parçaları

Özel ek parçaları, tünel kalıp ile yapılan dökümde çeşitli konsolcuklar, delikler, döşeme ve perde alınları gibi parçacıklardır.

2.7.3. Çalışma platformu

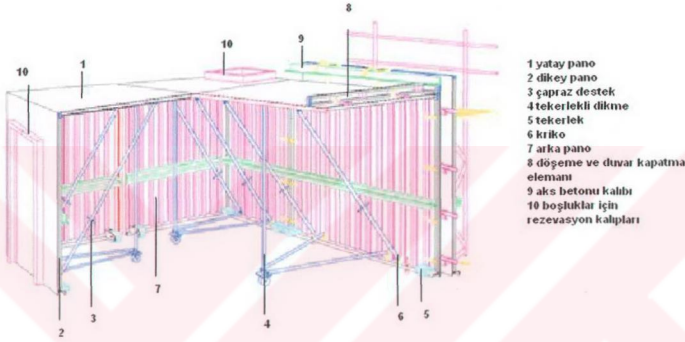
Çalışma platformları tünel kalıpların fonksiyonunu tamamlaması sonucu, dökülen betonun prizini almasından sonra çekildikleri yan platformlardır (Şekil 2.11). Tünel kalıplar bu platformlara sürülerek götürülürler. Yerleştirilmeleri ise vinçler aracılığı ile olur.



Şekil 2.11. Tünel kalıp çalışma platformu

2.7.4. Destek elemanlar

Destek elemanlar, tünel kalıbın kesitine, beton dökümü ile gelecek yükleri almak üzere konulan elemanlardır. Bu elemanların yanı sıra kalıp elemanı bünyesinde ayarlı çapraz, ayarlı dikme, kriko tekerler, kalıp yatay atkısı gibi elemanlar vardır (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Tünel kalıp elemanları

2.7.5. Kürlenme elemanları

Tünel kalıplarla yapı üretiminde kalıp konstrüksiyonunun içereceği kürlenme ekipmanını, seçilen kürlenme metodu saptar. Eğer kürlenme kalıbın oluşturduğu hacmin içi ısıtılarak, yapılıyorsa kalıp konstrüksiyonunda herhangi bir donanıma gereksinim yoktur. Hacmin içine kurulan çeşitli ısıtıcılar aracılığıyla bu işlem gerçekleştirilebilir.

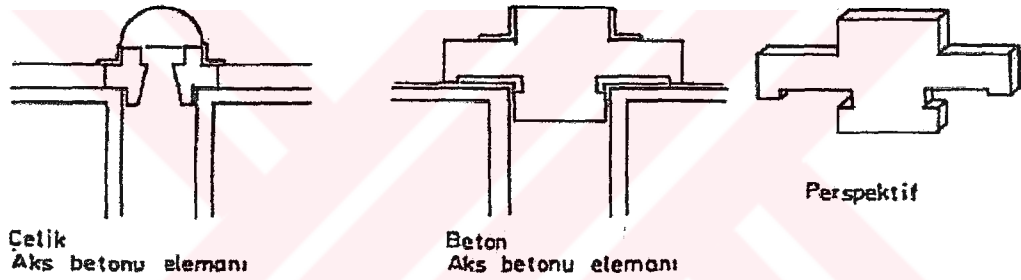
Türkiye'de genel olarak kullanılan yöntemde, tünelin çıkış ağızları plastik perdelerle kapatılır, tünel içinde ocaklar yakılarak betonun, çok kısa sürede prizini alması, daha sonra sertleşip önemli derecede mukavemet kazanması sağlanır

Kürlenme kalıptan yapılacaksa bu takdirde iki yöntem vardır. Birincisi sıcak su veya buharın dolaştığı kanalların kalıbın döşeme panelleri ile yan cidarların altlarına

asılmasıdır. Diğer yöntem ise kalıp kasetinin içinde bu donanımın çözülmesidir. Özellikle bu iki yöntem enerji kaybı açısından, daha olumludur. Çünkü bu yöntemde kalıp yüzeyleri ve beton ısıtılmakta, hacmin iç ısısının öncelikle yükseltilip daha sonra betona ulaşmasına gerek kalmamaktadır.

2.7.6. Aks betonu dökümünü sağlayan elemanlar

Tünel kalıp elemanlarının bir üst betondaki konumlarını bulabilmeleri için aks betonlarına gereksinimleri vardır. Bu aks betonlarının yapımını olanaklı kılmak için kullanılan ilave kalıp elemanına "Aks Beton Kalıbı" ya da "sokl" denilir. Aks betonunun dökümünü gerçekleştirmek için çelik korniyerlerden kalıplar oluşturulur (Şekil 2.13) [5].



Şekil 2.13. Aks betonu elemanları

Tünel kalıplar proje ölçülerine göre milimetrik olarak imal edilmiştir. Bundan dolayı temel ölçülerinde ve kotunda olan bütün hatalar aks betonunda yok edilir. Şöyle ki ilk aks betonu, çatı kotundaki aks betonlarının bir izdüşümü olmalıdır. Aks betonları yapılmadığı takdirde düşey taşıyıcılar olan perde duvarlarının aksından kaçması söz konusu olabilmektedir [1].

2.8. Tünel Kalıp Sistemlerde Tasarlama İlkeleri

- Mekan organizasyonu kalıp boyutlarına uygun olarak düşünülmelidir [1].
- Tünel kalıp ölçülerinde bir sınırlama yoktur. Ancak standart ölçüler daha sonraki projelerde yeniden kullanım için tercih edilmelidir. Standart boyutlar dışında kalan istekler için özel kalıplar üretilir.

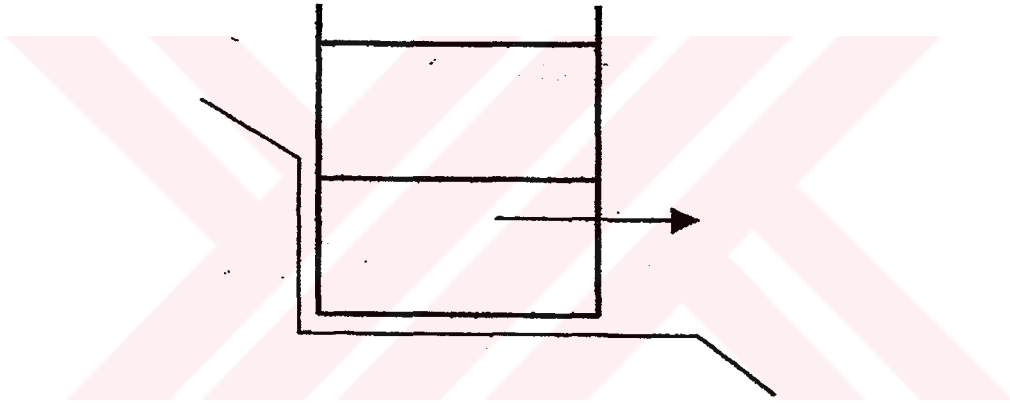
- Binadaki ana taşıyıcı duvarları oluşturan tünel duvarlarının eşit açıklıklara yerleştirilmesi sağlanmalıdır. Bu duvarların arasının hiç değilse bir yönde açık olması zorunludur [4].
- Açıklık mesafesi statik gereklerden dolayı belirli ölçülerde (5.70 – 6.30) tutulmak zorundadır. Bu da mekanların standartlaşmasına dolayısıyla da planların tipleşmesine yol açmaktadır.
- Planlama aşamasında, oluşturulacak mekanların dik açılı olması tercih edilir. Ancak istendiğinde, ilave kalıplarla çok esnek ve değişken plan tipleri yapılabilir. Fakat bunlar maliyet yükü getireceğinden rasyonel değildir [11].
- Mekanların dik açılı olması ve yapıda girinti-çıkıntı bulunmaması tercih edilir.
- Mekan yüksekliklerinin eşit olması zorunludur. Bazı özel profillerle sistem yüksekliği 4 cm kadar değiştirilebilse de bu ekonomik değildir [4].
- Tünel kalıpların kullanıldığı binalar için taşıyıcı duvarların binanın dar kenarına paralel doğrultuda yerleştirilmesi uygun olur. Bu duvarların arasındaki açıklığın eşit olması çalışma ritmini düzenlemekte ve kalıp tipi sayısını azaltmaktadır [1].
- Tasarlama kalıpların ankraj aralıkları göz önüne alınmalıdır.
- Bina gruplarının yerleştirilmesinde özellikle çok katlı binalar söz konusu olduğundan vinç kapasiteleri dikkate alınmalı ve en uygun çalışma düzeninin kurulmasına özen gösterilmelidir [4].
- Perde duvarları birbirine eşit açıklıklarda yerleştirilmeli ve bina yüksekliğinde devam etmelidir. Tek yönde uygulanacak perde duvarların, yapının rijitliği ve yatay yükleri nedeni ile tercih edilmemelidir. Aksi durumlarda perdenin donatı ve kesiti büyütülmek zorundadır [11].

2.9. Tünel Kalıp Sistemlerde Tasarım Kısıtlamaları

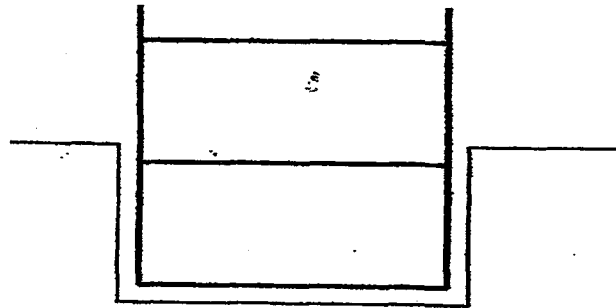
- Binanın her iki doğrultudaki rijitlikleri ve yapı titreşim periyotları birbirine benzer değerlerde olmalıdır, perde tasarımları ve dolayısıyla tünel kalıbın çıkış yönleri bu faktörler göz önüne alınarak belirlenmelidir. Binada tek doğrultuda çok sayıda perde, diğer doğrultuda ise çok fazla rijit bir perde oluşturulması tünel kalıpların çıkarılmasında kolaylık sağlamaktadır. Ancak

bu durumda yapı, üzerine etkiyecek yatay yükler nedeniyle oluşan burulma ve yer değiştirmelere karşı bir yönde dayanıklı olsa da diğer yönde sadece burulmaya karşı dayanıklı fakat yer değiştirmelere karşı dayanıksız olur. Dolayısıyla bu tür bir yapı tasarımından kaçınılmalıdır. Ayrıca çok fazla rijit perdelerin rijitliğiyle orantılı olarak kesme kuvveti etkisi altında kalacağı ve bu elemanlarda problemler oluşacağı unutulmamalıdır.

- Bodrum katlarının yapım tekniği binanın oturacağı alandaki arazinin kesiti belirler. Eğer kesit, kalıp elemanlarının sökülmesini olanaklı kılar şekilde ise tünel kalıp elemanları kullanılır, (Şekil 2.14). Aksi takdirde yapı, kalıp elemanlarının çıkartılabileceği kota kadar geleneksel yöntemle inşa edilir, (Şekil 2.15), [4].



Şekil 2.14. Bodrum katın tünel kalıplarla yapımı olanaklıdır.



Şekil 2.15. Bodrum katın tünel kalıplarla yapımı olanaksızdır [14].

- 5-20 kat arasındaki çok katlı yapılarda ekonomik olarak uygulanabilir. Taşıyıcı sistemi sadece perdelerden oluştuğundan 35 kattan fazla yapılması

gerektiğinde çerçevelerle birlikte düşünölmeleri uygun olabilir [4].

- Düşük döşeme genellikle yapılamamaktadır. Ancak özel bazı profillerle 4 cm kadar döşeme düşürölebilmektedir. Ancak bu maliyetlerde artışa sebep olmaktadır.
- Yüksek bloklarda yapının rijitliği ve rüzgar yükü nedeniyle, tek yönde perde duvarları olması halinde donatı ve duvar kesitleri artmasından dolayı perde duvarların tasarımı her iki yönde olmalıdır.
- Genel yerleşme planı açısından, kreynlerin kapasiteleri en önemli etkindir. Yapıların konumlandırılmasında, aynı kreyn ile en az iki yapının üretilebilmesi sağlanmalıdır. Bu olanak arttırıldığı oranda daha rasyonel olmaktadır. Sabit kule vinçler kullanıldığında, tek yapının dış boyutlarını vincin kol uzunluğu belirler.
- Kalıp sökülmesi işleminde karşılıklı kreynlerin kullanılması halinde ise ara mesafenin genişliğini kalıp elemanın boyutu belirler. Bu boyutun toleranslarıyla birlikte minimum üç kalıp elemanı derinliğinde olması gerekmektedir.
- Tünel kalıp bir yerinde döküm yapım sistemi olmasından dolayı, özel hazırlanan ısı yalıtım panoları dış duvar kalıbı içerisine yerleştirilerek uygulanır. Beton dökümünden sonra yapılan yalıtım uygulamaları duvarlarda dış yapmaktadır. Bu nedenle kalıp içine yerleştirilmesi en ideal çözümdür.
- Kalıp maliyetini düşürmek ve tekrarı arttırmak açısından kapı boyutlarının aynı tutulması faydalıdır. Tekrarların olması sistemin daha rasyonel olmasını sağlar.
- Kat adedi açısından sınır yoktur. Rasyonel uygulamalar Türkiye’ de 6-18 katlar arasındadır. Daha fazlası kreyn sorununun çözümlenmesine bağlıdır.

2.10. Tünel Kalıp Uygulamasında Şantiye Düzeni

Tünel kalıplarla yapılan uygulamalarda, diğer sistemlerde görölen öğelerin bir çoğu görölebilir. Bu sistemin uygulanmasında bazı sistemler devreden çıkmış, bununla birlikte bazı işlemlerde devreye girmiştir. Ancak olay, temelde bir şantiye organizasyonudur [15]. Burada önemli olan, bir şantiye rasyonelizasyonuna gitmektir. Yani tünel kalıp uygulamalarının en kısa sürede tamamlanması için; araç

ve gereçler, en az zaman, malzeme ve işgücü kaybına neden olmayacak şekilde planlanmalıdır [2].

Tünel Kalıplar ile uygulama yapan şantiyelerdeki temel elemanlar şunlardır;

- Tünel kalıp elemanları
- Diğer kalıp elemanları (temel, sahanlık ve benzeri eleman kalıpları)
- Şantiye ofisi
- İşçi tesisleri
- Su depoları
- Atölyeler (soğuk ve sıcak demir atölyeleri, prefabrike eleman üretim atölyeleri, ahşap işleri atölyesi, doğrama atölyesi)
- Beton santrali
- Malzeme deposu

Şantiyelerde kullanılan başlıca araçlar ise şunlardır;

- Vinç ya da vinçler (kule vinç, mobil vinç)
- Transmikserler veya başka beton taşıyıcılar
- Pompalar
- Dozer ve benzeri inşaat araçları
- Nakliye araçları
- Diğer küçük tesisat (vibratör, kazma, kürek v.b.)

Amaçlanan üretim hızına ve miktarına ulaşabilmek için şantiyedeki temel elemanlar ile kullanılan araçların nitelik ve nicelikleri birbirlerinin işlemlerini aksatmayacak şekilde belirlenmelidir.

Geleneksel yapım şantiyelerinde olduğu gibi tüm bu elemanların, ambarların, atölyelerin, işçi tesislerinin, şantiye ofisinin ve diğer tesislerin, şantiye düzeni içinde optimum şekilde yerlerinin belirlenmesi gerekmektedir [4].

Gerek duyulan tünel kalıp sayısı, üretilecek yapının nicel özelliklerine ve saptanan yapım hızına göre ayarlanmalıdır. Eğer girişimci firma yılda 1000 konut ünitesi yapımını öngörüyor ise bu takdirde iş programını ona göre düzenlemelidir. Yani ön sırada bu, üretim için kaç adet tünel kalıp elemanına ihtiyaç vardır, bunu saptamalıdır. Firma güvenceli olabilmesi için bu miktar bir üretimde elinde yedek bir tünel kalıp elemanının bulunması da gerekmektedir.

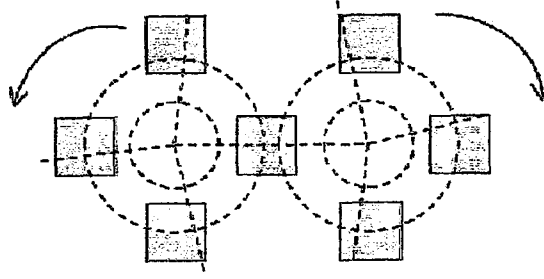
Eğer bir kalıp takımı yılda 160 konut ünitesi üretebiliyorsa 1000 konut ünitesi için tünel kalıp sayısı 1000/160'dır. Bu da yedi tünel kalıp takımı, yedeği ile birlikte sekiz tünel kalıp takımı demektir.

Tünel kalıp kullanımı olanaksız veya kullanılması çeşitli nedenlerle istenmemesi halinde bazı yapı bileşenlerinin gerek yerine dökümü veya şantiyede prekast eleman hazırlanması için diğer çelik kalıp takımlarına da gereksinme vardır. Bunları da önceden planlamak gerekmektedir. Örneğin; merdiven kolu, merdiven sahanlıkları, cephe elemanları vb.

Tünel kalıp ile yapımda önemli öğelerden biride vinçlerdir (Kreyn). Bu tekniği memleketimizde uygulanan şantiyelerde genellikle iki tür vinç kullanılmaktadır.

- Gezer Vinçler
- Kule Vinçler

Genellikle gezer vinçler uzun ve lineer bir biçimde olan yapılarda ve kat adedi en az (5 Kat) olan yapılarda kullanılırlar. Verimli çalışabilmesi için 10 veya daha fazla katlı olan yapılarda ise kule vinçler kullanılmalıdır (Şekil 2.16). Kule vinç'in yeri değiştirilmeden en az iki yapıyı gerçekleştirebilecek şekilde bir yerleştirme planı gerektirirler. Kullanılan vinçlerin tipini planlama belirlemektedir. Aksi takdirde her üretim kademesinde vinçlerin diğer bina için yeniden sökülüp taşınması için dört gün gereklidir.



Şekil 2.16. Döner kule vinçler

Tünel kalıp uygulaması gerektiren şantiyelerde önemli diğer iki husus ise beton santrali ve beton taşıyıcılarıdır. Beton santrali ve dolayısıyla bunun kapasitesi tünel kalıp takımı rotasyonunu aksatmayacak şekilde olmalıdır. Beton santralinin $m^3/saat$ cinsinden kapasitesi hesapla bulunmalıdır.

Bunun yanında beton yapımı ve taşınması birbiri ile uyumlu bir şekilde ayarlanmalı ve şantiyede bunların sayısı saptanmalıdır. Aynen tünel takımında olduğu gibi bu taşımada bir yedek taşıyıcı bulundurulması dikkate alınmalıdır. Beton üretilme ve yerine taşınma hızı ve periyodu kombinasyonuna önem verilmelidir.

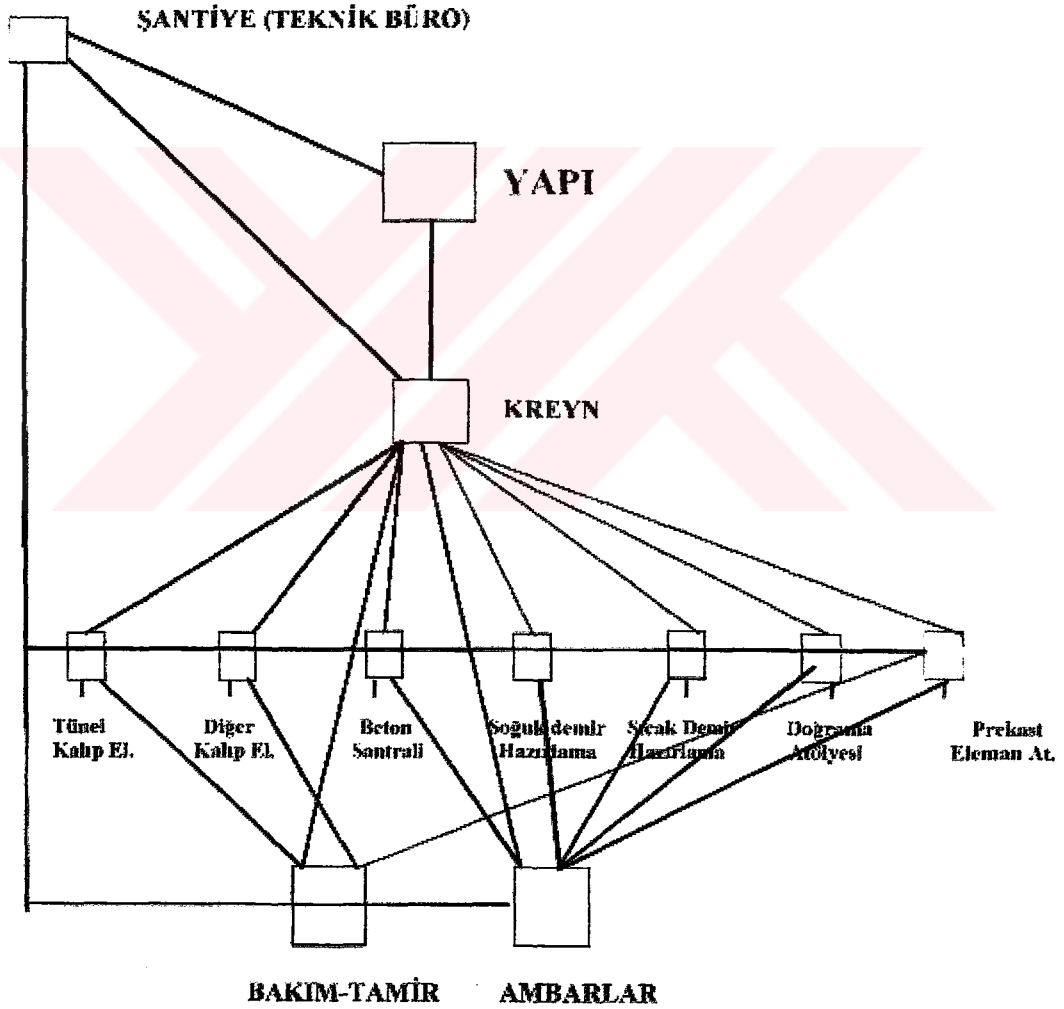
Tünel kalıp takımları, beton santralleri, taşıyıcılar vb. tüm yapı üretim araçlarının kapasiteleri ve gerekse adetleri birbirinin işlemlerini aksatmayacak ve dolayısıyla devreyi kapatacak ve birbirini tamamlayacak bir şekilde düzenlenmelidir.

Geleneksel yapım şantiyelerinde olduğu gibi bu elemanların ambarların, atölyelerin, işçi barakalarının, şantiye ofisinin ve diğer şantiye tesislerinin, şantiye düzeni içinde verimi artırmak amacı ile yerlerini iyi belirlemeleri gerektirmektedir (Şekil 2.17).

Tünel kalıplarla yapımda önemle üzerinde durulması gereken özelliklerden biride şantiye düzenini etkileyen bazı ve geleneksel yapımda mevcut olan, fakat tünel kalıp uygulaması yapılan şantiyelerde devreden çıkan yapım işlemleridir. Yapımın özelliği nedeni ile iskele gereksinimi minimize edilmiştir.

Tünel kalıp yöntemi ile yapımda, diğer yöntem ve tekniklere oranla değişiklik gösteren çeşitli durumlar ortaya çıkmaktadır. Malzeme giderleri, taşıma, yapım

süreci, ön yatırım, işgücü-istihdam vs. gibi. yapım eylem ve işleri ele alındığında, tünel kalıp yöntemi ile yapımda, yeni yapım ve eylem işlemlerinin yanı sıra ana ağırlık noktası devreden çıkan eylem ve işlerin varlığı ortaya çıkmaktadır. Devreden çıkan en önemli araç ahşap kalıplardır. Tünel kalıp elemanları çelik-hazır kalıplar olup kullanımı 1000'e ulaşır. Bu yöntemde ahşap kalıp yapma gereksiniminin olmaması nedeni ile kalıp taşıyıcı iskele gereksinimi de yoktur. Dolayısı ile bunun ile ilgili tüm eylem ve işlemler de devreden çıkmaktadır. Bunun yerine çelik tünel kalıbın kurulması işlemi varsa da bu işlem hem işçilik ve hem de zaman yönünden ahşap kalıplara oranla çok daha rasyoneldir.



Şekil 2.17. Tünel kalıp uygulamaları için şantiye yerleşimi

Tünel kalıp yöntemlerinde çelik hasırın kullanılması nedeniyle, tüm demir bükme işlemleri ortadan kalkmakta, pilye bükme, etriye hazırlama, alt donatı ve montaj

demirlerinin hazırlanması da ortadan kalkmaktadır. Buna karşın daha kolay bir işlem olan çelik hasırların projesine uygun olarak kesilip yerlerine yerleştirme eylemi söz konusu olmaktadır. Bu iş ise kolay bir iş olup tasarrufa neden olmaktadır. Kalıp rotasyonu, doğru ve rasyonel bir şekilde ayarlanabildiğinde, beton dökümünden 2-3 saat sonra şaplama işlemi de yapılmaktadır.

Kapı ve pencere, genellikle çelik bükme saçtan yapılan, kasalarının kalıba önceden yerleştirilmesi ile sonradan kırma ve kasa yerleştirme işlemine gereksinim duyulmamaktadır. Tesisat, işlemleri açısından da tünel kalıp yöntemi beraberinde kolaylık getirmektedir. Disiplinler arası gerekli koordinasyon sağlandığında, tüm tesisat delikleri kalıp konstrüksiyonuna işlenebilmekte ve bunun sonucu olarak kalıp sökülmesinden sonra delik açmak için kırma vb. işlemlere gereksinim kalmaktadır. Ancak döküm sırasında, seyrek de olsa bu boşlukların tıkanma olasılıkları vardır. Bu takdirde kalıp sökülmesinden sonra harcın deliklerinden temizlenmesi gerekmektedir.

Önemli bir faktörde bitmiş yapının temizliğidir. Bu işlem tünel kalıp uygulamasında devreden tam olarak çıkmakla birlikte, döşemelerin, temiz kalması ve beton bulaşıkları olmaması nedeni ile minimize edilmiş bir durum göstermektedir. Amaç, nitel özelliklerin yanı sıra nicel özelliklerinde düzelmesidir. Nicel artış ise birim zamanda üretilen konut miktarı ile paraleldir [2].

BÖLÜM 3. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMINDA TÜNEL KALIP SİSTEMİNİN KULLANILMASI

Yeryüzündeki doğal afetlerin en önemlilerinden biri de depremdir. Depremler mekanik enerjinin birden bire ortaya çıkması sonucunda oluşan, yer kabuğundaki sarsıntılar olarak tanımlanmaktadır. Yeraltındaki enerjinin birikiminden meydana gelerek dalga şeklinde yayılırlar. Bu hareketler yarıklar oluşturarak yer kabuğunu sallayan bir dizi titreşimi harekete geçirmektedirler. Depremlerin en önemli oluş nedeni yer kabuğu içerisindeki kırıklar ve faylardır [6].

Bilindiği üzere Türkiye, % 90'ı deprem kuşağı üzerinde bulunan riskli bir bölgededir. Bu özelliğine, ekonomik ve sosyal nedenlerle giderek yükselme eğiliminde olduğunu da eklersek, ortaya depreme dayanıklı binalar yapma gereği çıkar. Taşıyıcı perde duvarlı sistemler, rijitliklerinin çok büyük olması nedeniyle bu gereği en iyi sağlayan yapı özelliğini taşır.

Deprem yönetmeliği, taşıyıcı perde duvarların en az 15 cm olması gerektiğini vurgular. Yaklaşık beş katlı yapılar, deprem bölgesi durumuna göre 15–16 cm duvar kalınlığı, 10–15 katlı yapılar 16-20 cm kalınlıkta ön projelerin yapımında yardımcı olur [8].

Birçok mimar, depreme dayanıklı yapı ve yapı elemanları tasarımını yapı mühendislerinin sorumluluğu olarak değerlendirmektedir. Ancak depreme dayanıklı yapı tasarlarken, mimarda kendi üstüne düşen görevi yerine getirmeli, “depreme dayanıklı yapı” kavramını dikkatle ele almalıdır. Bir binanın biçimsel özellikleri, taşıyıcı elemanların yerleşimi, açıklıklar, cephe kaplamaları ve henüz tasarımın ilk aşamalarında ele alınan birçok faktör, binanın deprem sırasındaki davranışını doğrudan etkileyecek kararları içermektedir [16].

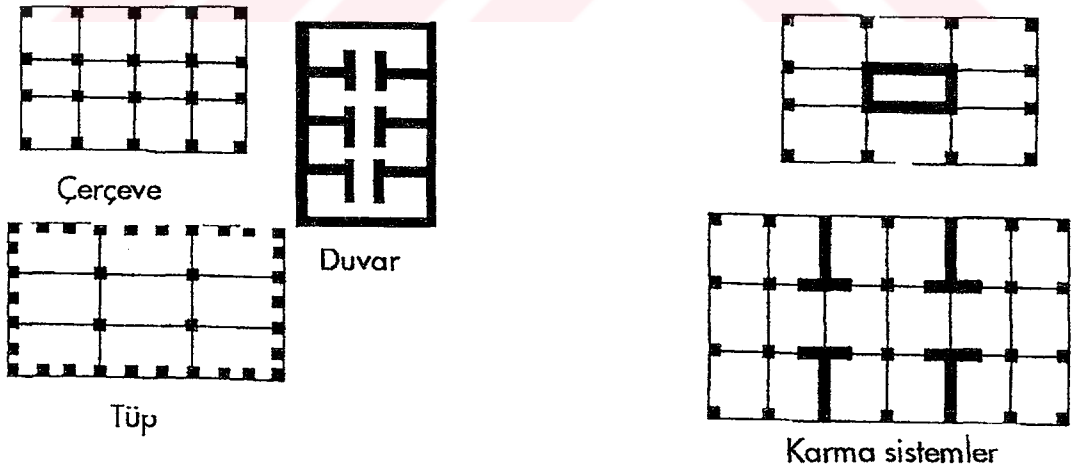
3.1.Tünel Kalıp Sisteminin Deprem Dayanımı

Bir yapının, deprem yüklerine karşı göstereceği davranışını seçilen bina geometrisi ve taşıyıcı sistemin yapım kalitesi belirler. Yapılan araştırmalar, deprem dayanımının büyük ölçüde mimari tasarım aşamasında oluştuğunu göstermektedir. Çünkü bina geometrisi bu aşamada şekillenmektedir.

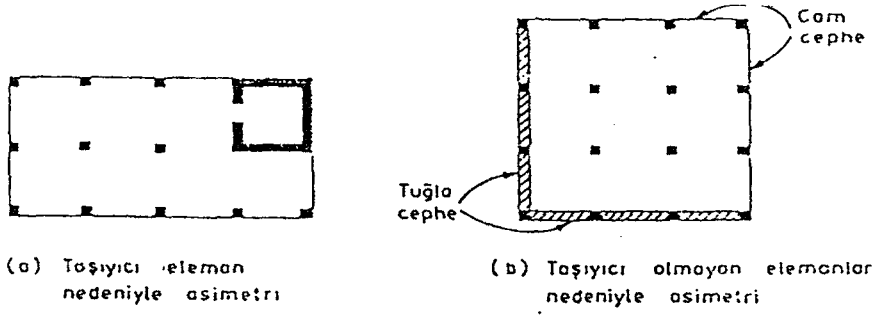
Geometrisi depreme uygun olmayan, ancak taşıyıcı sistemlerle iyileştirilmek istenen yapı, çoğu kez pahalı çözümlerle düzeltilmekte, bazen de çözümü olanaksız olmaktadır. Bütün bunlar, tasarım sürecinde mimar ile mühendisin ortak çalışması sonucunda depreme dayanımlı yapılar oluşturmanın ön koşuludur.

Yapı sisteminin oluşturulması mimari proje ile başlar. Binanın mimarisi seçilirken, dikkat edilmesi gereken bazı temel ilkeleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

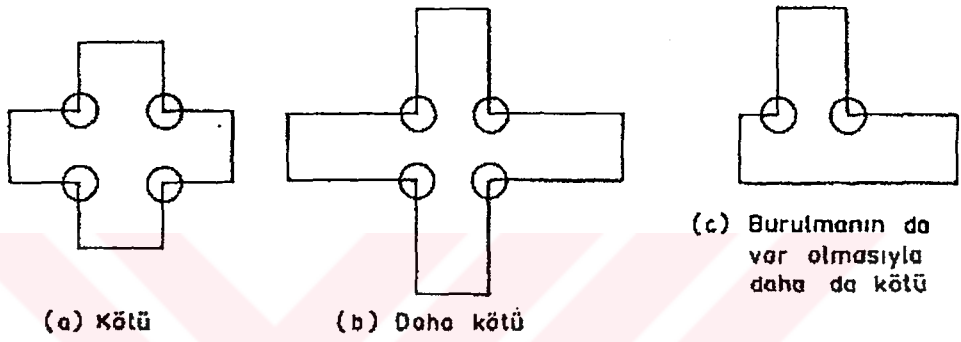
- Yapı planda olabildiğince simetrik olmalıdır (Şekil 3.1a, Şekil 3.1b). Planda büyük boyutlu girinti çıkıntılar yapılmamalı (Şekil 3.1c) ve büyük boşluklardan kaçınılmalıdır [11].



Şekil 3.1.a. Taşıyıcı sistemlerde simetri



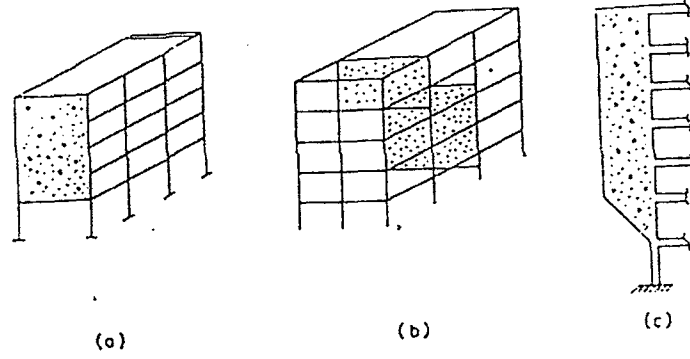
Şekil 3.1.b. İç asimetri



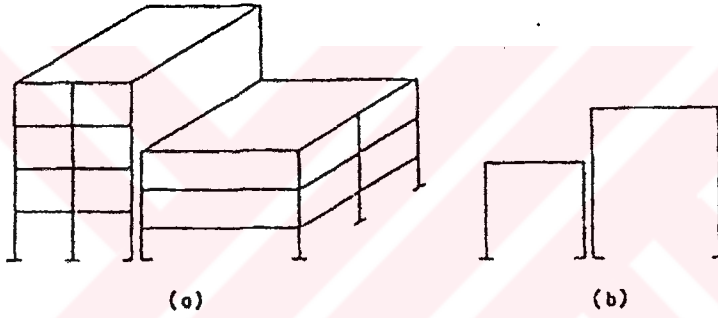
Şekil 3.1.c. Plandaki çıkıntılar

[17].

- Yumuşak kat oluşumlarından kaçınılmalıdır. Büyük ötelenmeler olur.
- Bina yüksekliği boyunca ani rijitlik değişimlerinden kaçınılmalıdır (Şekil 3.2).
- Düşey taşıyıcı elemanlar yapı yüksekliğince sürekli olmalı, kısa kolon oluşumlarından kaçınılmalıdır.
- Bitişik düzendeki yapıların birbirlerine çarparak (çekiçleme) hasara neden olmaları önlenmelidir (Şekil 3.3).
- Seçilen yapı sisteminde dayanım, süneklik ve rijitlik ilkeleri esas alınmalıdır.
- İnşaat esnasında yapım kalitesinin yüksek olması sağlanmalıdır.



Şekil 3.2. Düşey taşıyıcılarda süreksizlik (a, b) anirijitlik değişimi (c) çok kritik

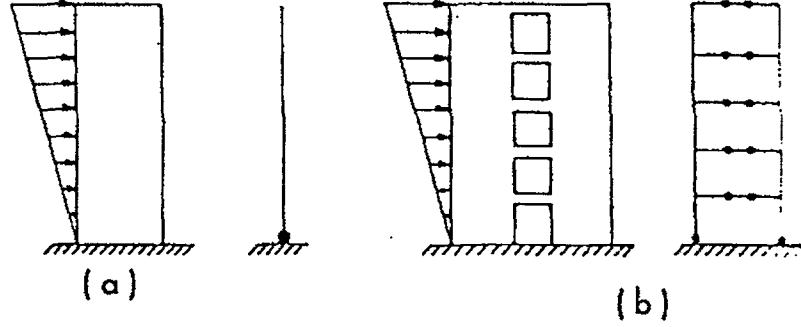


Şekil 3.3. Bitişik düzende çekiçleme (hasara neden olur)

Bütün bunların ışığında tünel kalıp sistemi uygulamalarının depreme karşı dayanımını sağlayan faktörleri şu şekilde sıralayabiliriz.

- Tünel kalıp uygulamaları da, bina geometrisi genellikle simetri çıkar. Büyük boyutlu, girinti ve çıkıntılı planlara pek rastlanmaz.
- Bina yüksekliğince ani rijitlik değişikliği yoktur.
- Tünel kalıp, taşıyıcı sistem açısından monolitik bir yapı oluşturur. Dolayısıyla da dayanımı ve rijitliği son derece yüksektir.
- Perdelerin kalın olması ve bina yüksekliğince sürekliliği, düktil davranışlarda, iskelet sistemler kadar sünek olmayan kirişsiz döşemelerin, yatay yüklerden kaynaklanan enerji tüketimini, özellikle aktif depremlerde rahatlıkla karşılanmaktadır.

- Perde duvarlı sistemler çok rijit olduklarından, yanal ötelenmeleri çok azdır (Şekil 3.4). Duvarda oluşan enerji, tabanda oluşan tek plastik mafsalda tüketilir.



Şekil 3.4. perde duvar ve delikli perdelerde mafsallaşma

- Kirişsiz döşeme uygulamasında, döşemede oluşacak kırılma noktalarına ilave donatılar kullanılmaktadır.
- Kolon uygulamasının olmaması ve bütün kat yüksekliklerinin eşit olmasında, deprem yönetmeliklerinde aranan, kısa kolon oluşturulmaması koşulunu sağlamaktadır.
- Tünel kalıp uygulamalarında genellikle, radye jeneral temel kullanılır. Dolayısıyla yükler üniform olarak dağılır. Bu da, yapı kabuğunun altında oluşacak kısmi çökmelerden yapının etkilenmemesini sağlar.
- Ülkemizde yaşanan son depremlerden dolayı, bina taşıyıcı sisteminde perde duvar oranı. %10'a çıkarılan "deprem yönetmeliği'ni, tünel kalıp sistemi %80'ne varan perde duvar uygulaması ile rahatlıkla karşılamaktadır.

Bayındırlık Bakanlığı laboratuvarların da yapılan deneylerle, tünel kalıp sisteminin, 8.2'i şiddetindeki depremlere karşı dayanıklı olduğu açıklanmıştır.

Tünel kalıp sisteminin bir endüstriyel yapı üretimi olması da, inşaat safhasında otokontrol mekanizmasını sağlayarak yapının kalitesini artırmıştır.

Sonuç olarak; özellikle betonarme bir yapının depremdeki davranışı, yer hareketine, oturduğu zemine ve yapısal özelliklerine bağlıdır. Bütün bunlar sağlandığında, kesin olarak saptayamayan depremin etkisine, hatta çok şiddetli depremlere bile dayanabileceğini bilinmektedir [11].

Depremler önlenemediğine veya önceden bilinemediğine göre etkilerini azaltıp, zararsız ya da en az zararlı atlatılabilmenin yolu, proje aşamasından itibaren, zeminin durumunu da dikkate almak kaydıyla depreme dayanıklı yapı inşa etmektir [6].



BÖLÜM 4. TÜNEL KALIP SİSTEM VE GELENEKSEL SİSTEMLE YAPILAN, AYNI PROJEYE SAHİP BİNANIN YAPIM MALİYETLERİNİN HESAPLANMASI

Binaların maliyetini, üretim ölçeği, yapım teknolojisi, yapım yöntemleri, bina standartları, malzeme türleri ve kaliteleri, iklimsel koşullar, bölgesel koşullar, arsa özellikleri, arsanın konut içinde bulunduğu bölge, imar koşulları, yönetmelikler, çeşitli yasalar, binanın kendisine özgü özellikleri, binanın biçimi, yüksekliği, fonksiyonel alanlarının türü, büyüklüğü, bunların birbirine oranı, ihale biçimi gibi pek çok özellik etkileyebilmektedir [21].

Yapımı düşünülen inşaata ait keşif bedeli, genel projeyi oluşturan her alt projede yer alan işlerin birim fiyat listesine göre bulunan fiyatlarla çarpılması sonucu belirlenir [22]. Ülkemizde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından her yıl birim fiyat listesi yayınlanmaktadır ve fiyatlar her yıl belirli bir katsayı da değişmektedir.

4.1. Çalışmanın Tanımı

Bu çalışmadaki amaç, aynı mimari plana ait, biri tünel kalıp sistemiyle, diğeri geleneksel sistemle yapılan iki binanın maliyet hesaplarını yaparak, iki yapım sistemi arasında mukayese yapmaktır.

Hesaplamalarda, Toplu Konut İdaresinin yapmış olduğu konutlardan K tipi proje kullanılmıştır. K tipi konutlar, kapıcı dairesel ve kapıcı dairesiz olmak üzere iki çeşittir. Maliyet hesabı, kapıcı dairesel plana göre yapılmıştır. Bina bodrum + 4 katlıdır. Bodrum katta 1 adet kapıcı dairesi, sığınak ve depolar, diğer katların her birinde 4 adet daire bulunmaktadır. Temelde Radye-Jeneral sistem kullanılmıştır. Binanın temel alanı 515,14 m² dir. Bir dairenin net kullanım alanı 100 m² dir.

Tünel kalıp sistemle yapılan bina, geleneksel sisteme dönüştürülürken, statik ve betonarme analizlerinde, zemin emniyet gerilmesi, zemin yatak katsayısı, deprem katsayısı, beton yoğunluğu gibi katsayılar aynen kullanılmıştır. Geleneksel sistemin statik hesaplarında STA 4 bilgisayar programı kullanılmıştır.

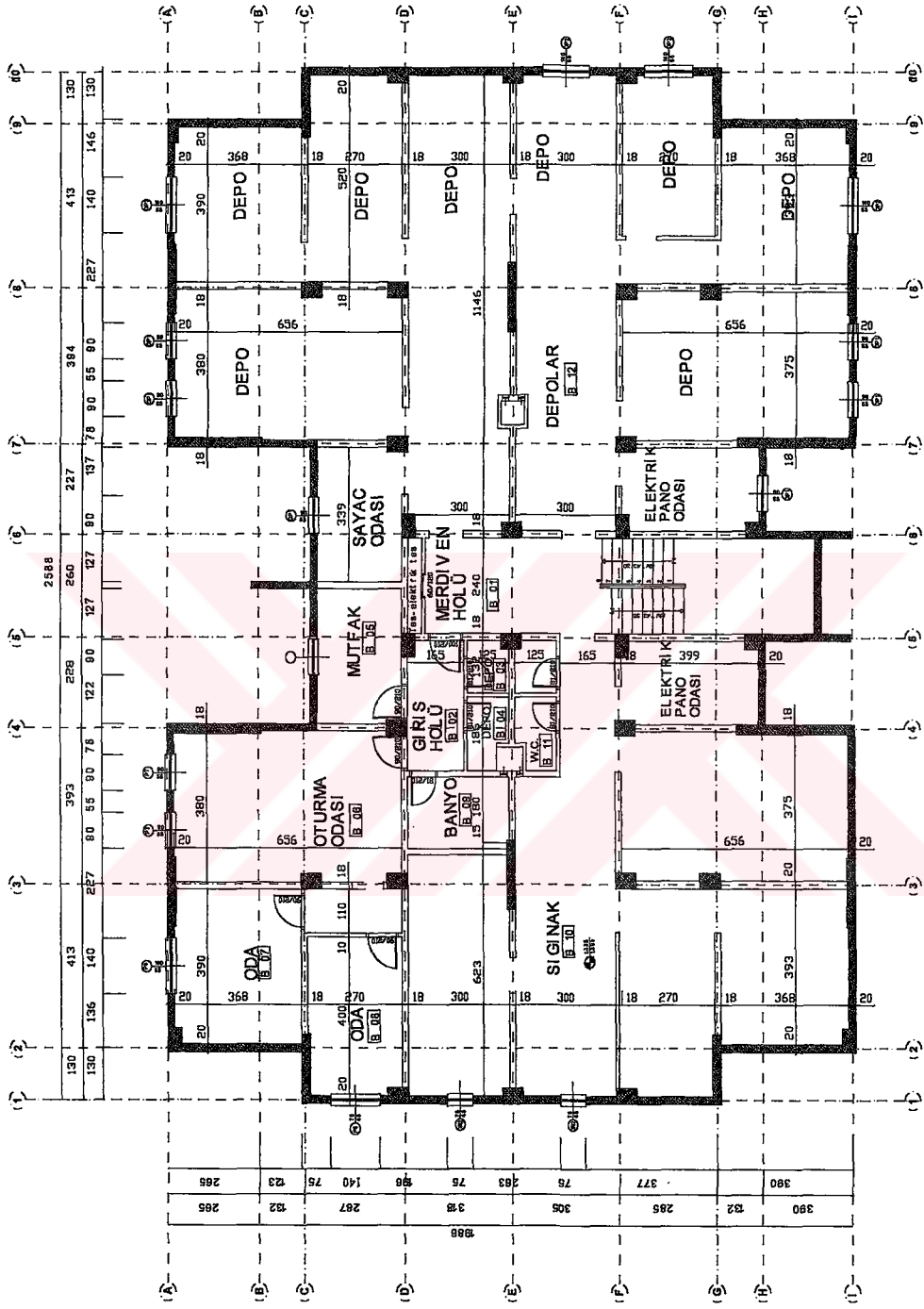
Maliyet hesaplarında, Bayındırlık ve İskan Bakanlığının 2005 yılı birim fiyatları ve SPF (serbest piyasa fiyatları) kullanılmıştır. SPF fiyatları birçok yerden alınmış olup bunların ortalamaları tablolara yansıtılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan birim fiyatların poz no' ları tablo 4.1.' de verilmiştir. Binaların maliyetleri, kaba inşaata göre hesaplanmıştır.

Binanın projeleri; Şekil 4.1.'de geleneksel sistemin bodrum kat planı, Şekil 4.2.'de geleneksel sistemin zemin kat planı, Şekil 4.3.'te geleneksel sistemin normal kat planı, Şekil 4.4.' de tünel kalıp sistemin bodrum kat planı, Şekil 4.5.'te tünel kalıp sistemin zemin kat planı, Şekil 4.6.' da tünel kalıp sistemin normal kat planı olarak verilmiştir. Hesaplarda bahsedilen "1. tip ve 2. tip daire" kavramlar, Ek D bölümünde tanımlanmıştır.

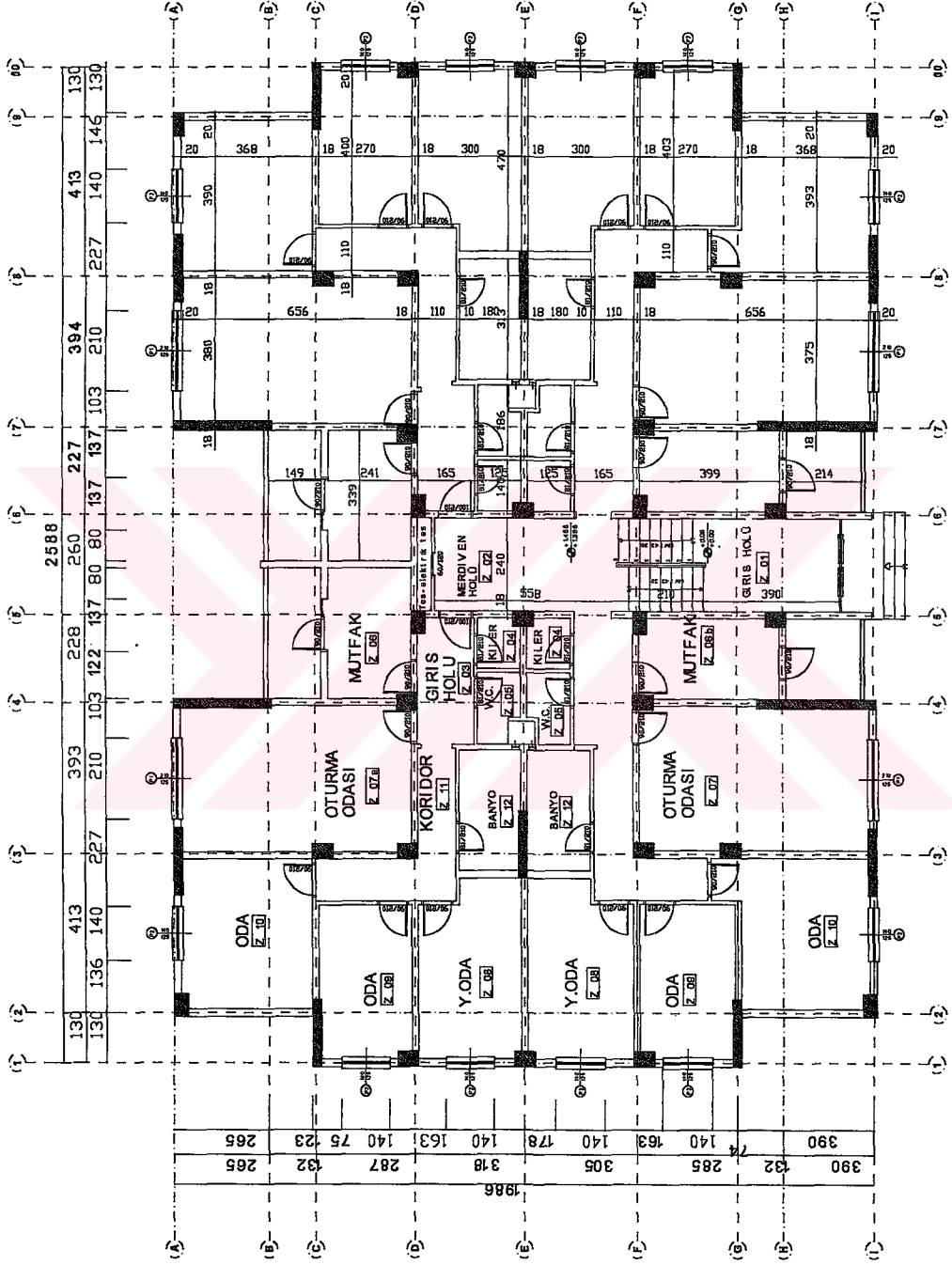
Tablo 4.1. Poz numaraları

Poz No	Tanımı	Birimi	2005 Yılı Fiyatı (YTL)
15.001/1	A-Mak.ile yumuşak ve sert toprak kazılması (serbest kazı)	m ³	1,59
15.140/3	Hafif agregaya ile (elenmiş kömür curufu) dolgu yapılması	m ³	2,35
04.003/A	Çakıl (Elenmesi gerekmeyen iri agregaya)	m ³	6,39
16.002	200 dozlu demirsiz beton	m ³	66,81
16.058/1-B	BS.20 (B.225 betonu), Satın alınan ve beton pompasıyla basılan hazır beton	m ³	74,78
19.101	Harç içine karışan maddelerle yalıtım şapı yapılması	m ²	10,66
23.001/1	8-12 mm beton çelik çubukların bükülmesi ve yerine takılması	Ton	1.176,06
21.011	Düz yüzeyli beton ve betonarme kalıbı	m ²	10,93
01.501	Düz işçi	Saat	2,13
01.015	Betoncu ustası	Saat	3,17
04.254	Beton çelik çub.ner.(3a) 14-28 mm	Ton	600,00
04.305/2	Nervürlü hasır çelik (m2 ağırlığı 1.50-3.00 kg)	kg	0,71
01.019	Soğuk demirci ustası	Saat	3,17
27.532	İç düz sıva yapılması (kabası 200, incisi 250 doz) Kireç, çimento	m ²	6,34
27.560/3	İç ve dış yüzey. (tuğla, biriket, beton v.b.) üz. çimento kireç hazır bey sıva malz.sıva yapılması	m ²	7,51
27.525	Alçı sıva yapılması	m ²	7,79
18.071/3	(19x19x13.5)Tuğla ile yarım tuğla duvar yapılması (yatay delikli)	m ²	9,44
18.081/2	(19x19x8.5)Tuğla ile yarım tuğla duvar yapılması (10.004 harçlı) (düşey delikli)	m ²	8,80
04.734/B16a	Dış duvarlarda içten ve dıştan mantolama (sıvalı uygulamalar için) 3 cm kalınlıkta yüzeylere dik çekme dayanımı \geq 7.5kPA uzun süreli kısmi daldırmada su emmesi $<$ 3 kg/m2 150 kg/m3 yoğunluğunda (EN 13500) (A sınıfı yanmaz)	m ²	11,45

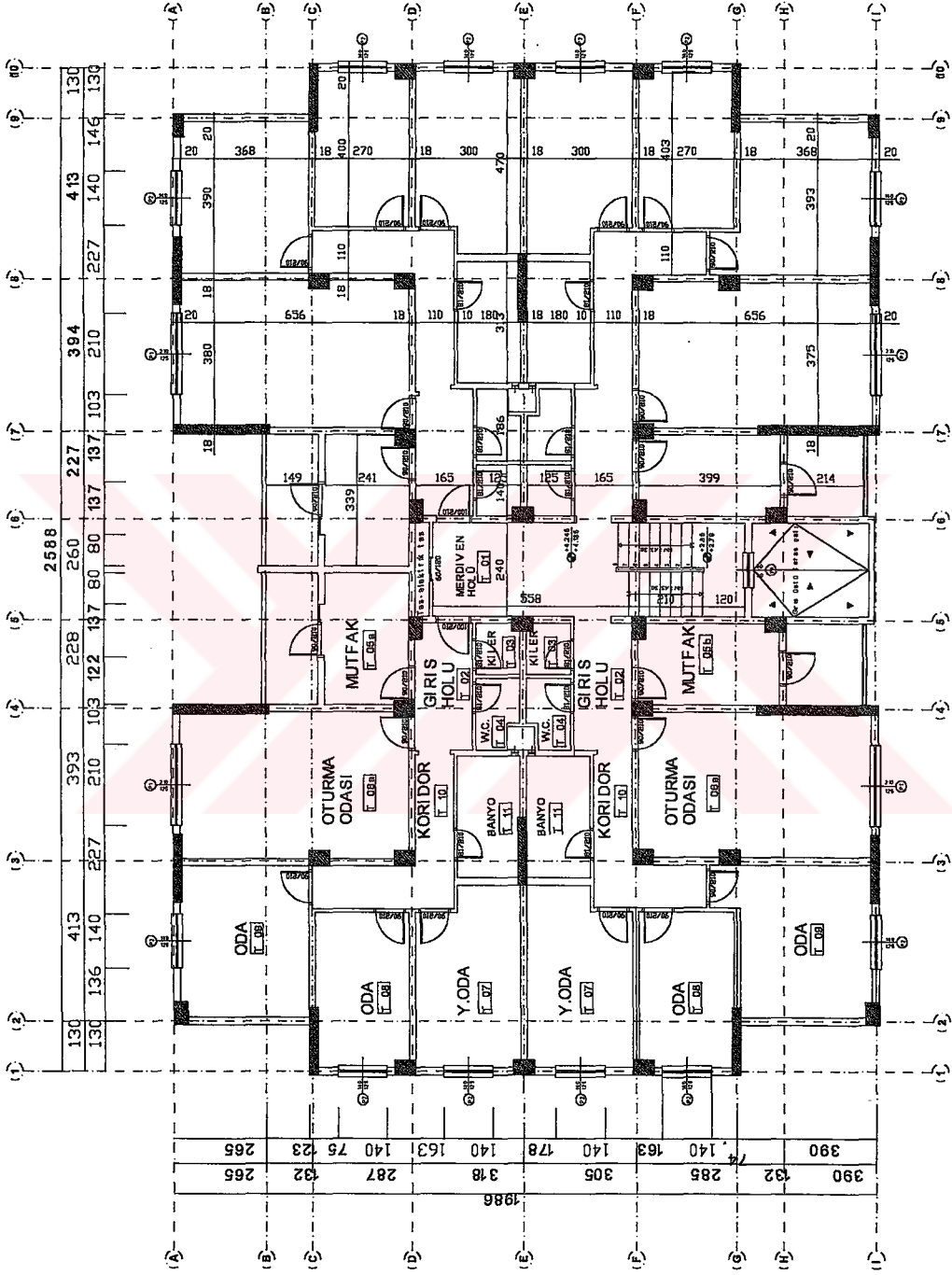
[19].



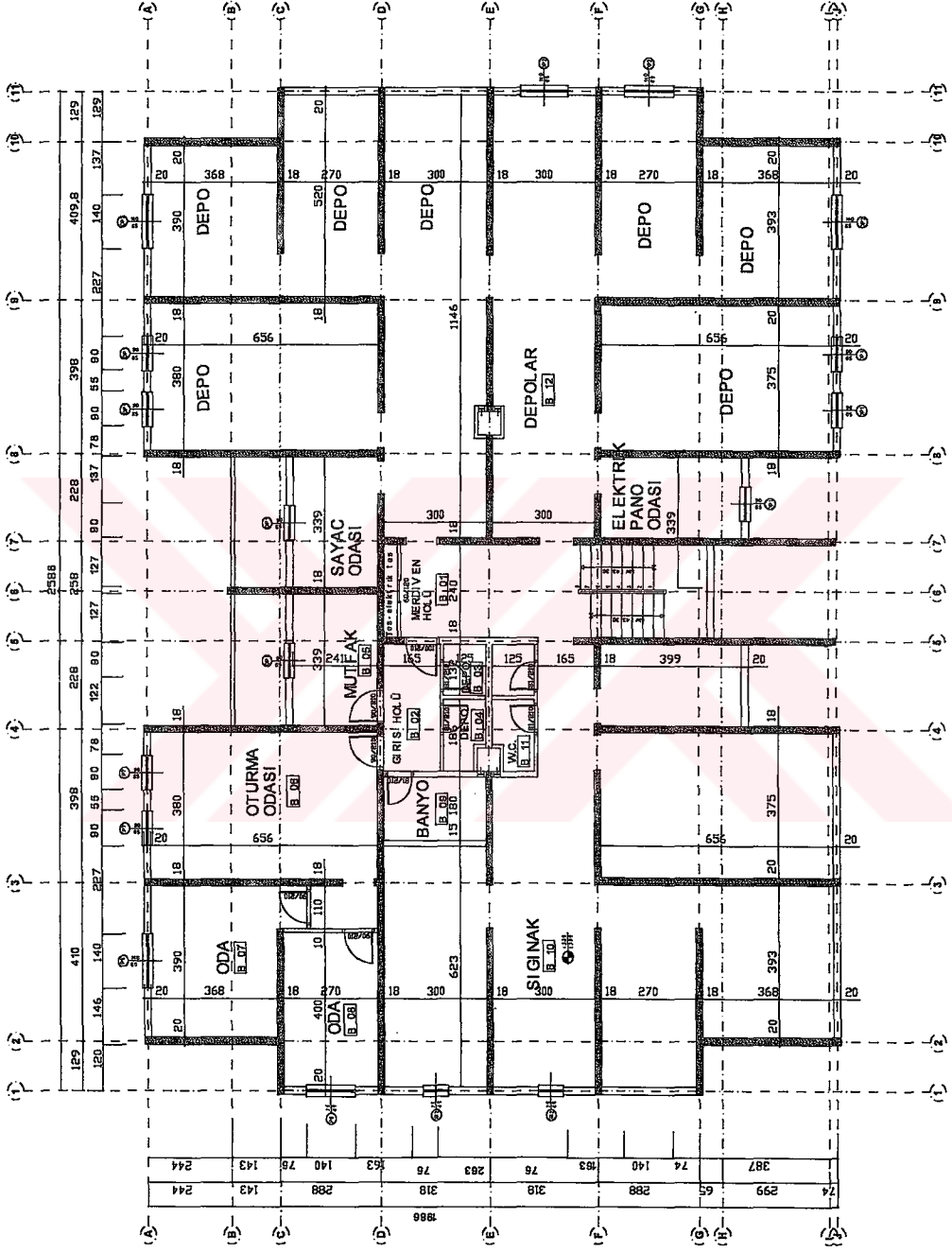
Şekil 4.1. Geleneksel sistem bodrum kat planı



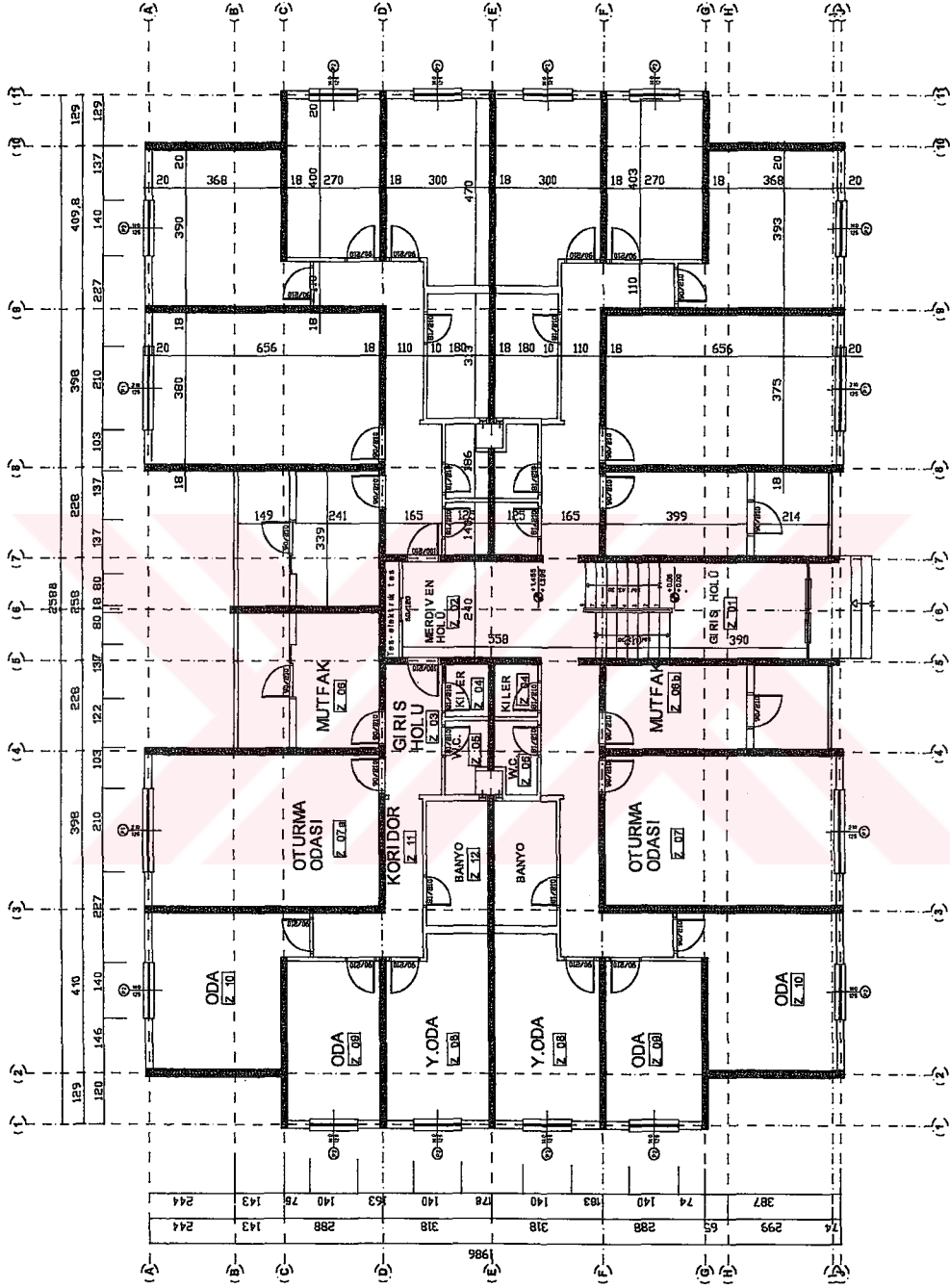
Şekil 4.2. Geleneksel sistem zemin kat planı



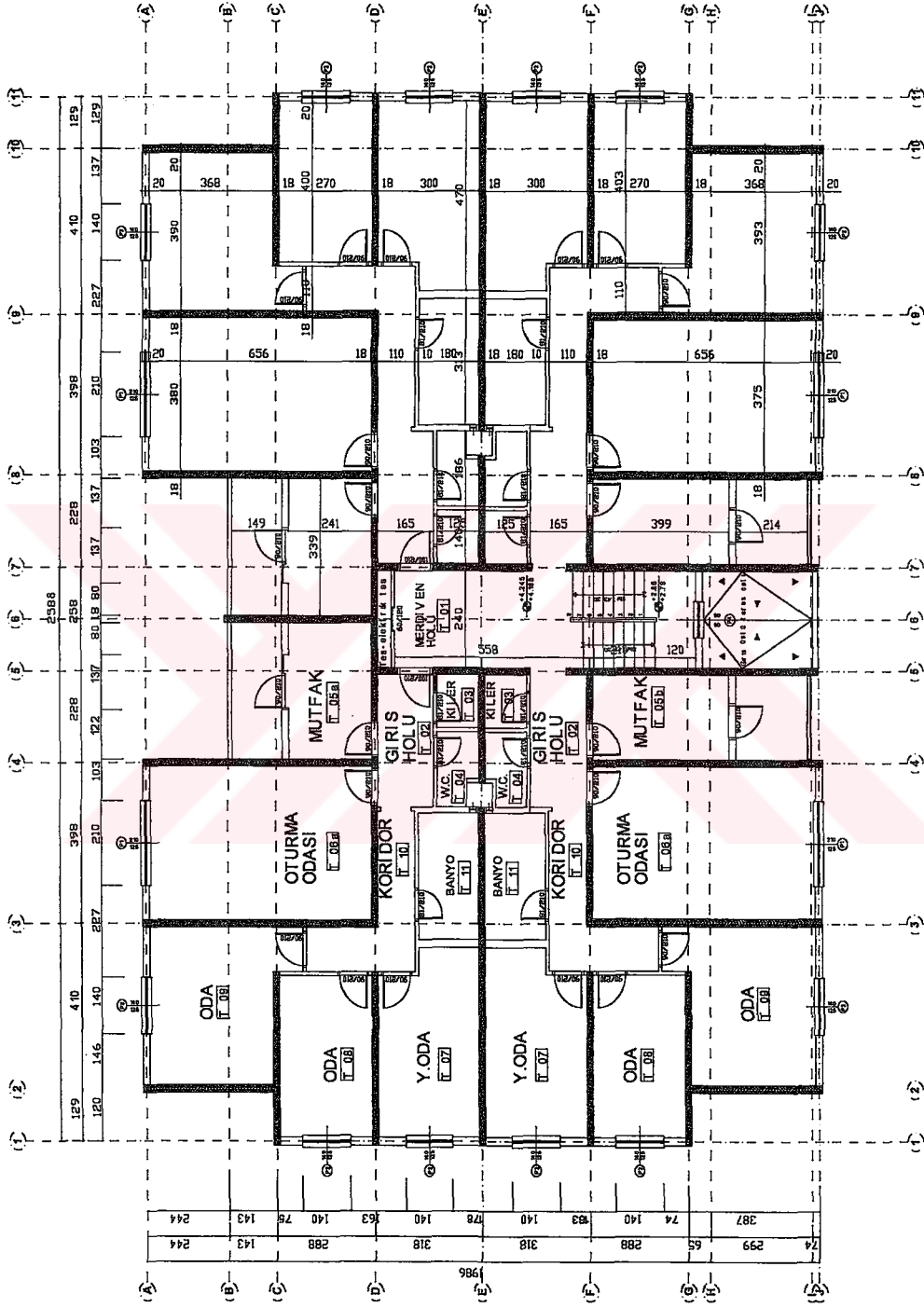
Şekil 4.3. Geleneksel sistem normal kat planı



Şekil 4.4. Tünel kalıp sistem bodrum kat planı



Şekil 4.5. Tünel kalıp sistem zemin kat planı



Şekil 4.6. Tünel kalıp sistem normal kat planı

[20].

4.2. Kazı ve Dolgu Maliyeti

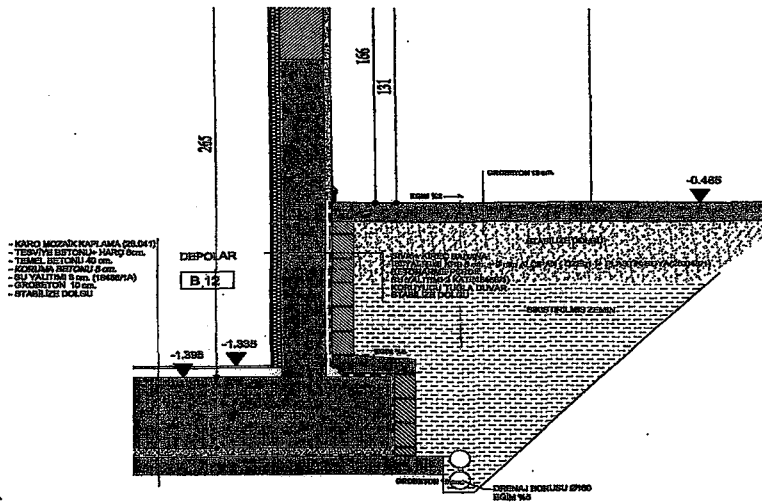
Aşağıdaki tabloda (tablo 4.2.) binanın kazı maliyetleri gösterilmiştir. Kazı maliyeti her iki yapım sistemi, geleneksel sistemi ile yapıldığı için aynıdır.

Tablo 4.2. Kazı maliyeti

Poz no	İmalatın Cinsi	Alan (m ²)	Kalınlık (m)	m ³	Birim Fiyat (YTL)	SPF (YTL)	Toplam Birim Fiyat (YTL)	Toplam SPF (YTL)
15.001/1	Kazı	555,42	1,5	833,13	1,59	1,50	1.325	1.250
SPF	Kazı Nakliyesi	555,42	1,5	833,13	1,50	1,50	1.250	1.250
15.140/3	Dolgu	40,28	1,5	60,42	2,35	2,00	142	121
TOPLAM							2.717	2.621

4.3. Temel Maliyeti

Her iki sistemde de temel, geleneksel yöntemle inşa edildiği için maliyetleri aynıdır. Temel detayı Şekil 4.7.'de verilmiştir. Tablo 4.4.'de temel maliyet hesabı gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Bina temel detayı

Tablo 4.3. Temel donatı hesabı

Çap (Ø)	Adet	Boy (cm)	Toplam Boy (cm)	Toplam Boy (m)	Ağırlık (m/kg)	Toplam Ağırlık (kg)
14	20	300	6000	60	1,18	70,8
14	20	1200	24000	240	1,18	283,2
14	26	1070	27820	278,2	1,18	328,276
14	1	160	160	1,6	1,18	1,888
14	1	300	300	3	1,18	3,54
14	19	400	7600	76	1,18	89,68
14	16	162	2592	25,92	1,18	30,5856
14	12	1200	14400	144	1,18	169,92
14	10	700	7000	70	1,18	82,6
14	10	700	7000	70	1,18	82,6
14	12	240	2880	28,8	1,18	33,984
14	14	162	2268	22,68	1,18	26,7624
14	60	170	10200	102	1,18	120,36
14	20	170	3400	34	1,18	40,12
14	16	170	2720	27,2	1,18	32,096
14	1	1200	1200	12	1,18	14,16
14	1	1200	1200	12	1,18	14,16
14	1	720	720	7,2	1,18	8,496
14	1	1200	1200	12	1,18	14,16
14	20	300	6000	60	1,18	70,8
14	17	946	16082	160,82	1,18	189,7676
14	17	890	15130	151,3	1,18	178,534
14	19	400	7600	76	1,18	89,68
14	7	180	1260	12,6	1,18	14,868
14	1	1080	1080	10,8	1,18	12,744
14	1	1060	1060	10,6	1,18	12,508
14	1	1080	1080	10,8	1,18	12,744
14	1	1200	1200	12	1,18	14,16
14	33	240	7920	79,2	1,18	93,456
14	22	165	3630	36,3	1,18	42,834
14	50	270	13500	135	1,18	159,3
14	26	260	6760	67,6	1,18	79,768
14	43	130	5590	55,9	1,18	65,962
14	43	130	5590	55,9	1,18	65,962
14	22	165	3630	36,3	1,18	42,834
14	1	500	500	5	1,18	5,9
14	1	420	420	4,2	1,18	4,956
14	14	240	3360	33,6	1,18	39,648
14	58	180	10440	104,4	1,18	123,192
14	15	200	3000	30	1,18	35,4
14	1	240	240	2,4	1,18	2,832
14	1	1120	1120	11,2	1,18	13,216
14	1	1200	1200	12	1,18	14,16
14	15	200	3000	30	1,18	35,4
14	1	840	840	8,4	1,18	9,912
14	1	780	780	7,8	1,18	9,204
14	1	1080	1080	10,8	1,18	12,744
14	1	1200	1200	12	1,18	14,16
14	1	1080	1080	10,8	1,18	12,744
14	1	1060	1060	10,6	1,18	12,508
14	7	180	1260	12,6	1,18	14,868

Devam ediyor

Tablo 4.3' ün devamı

14	17	946	16082	160,82	1,18	189,7676
14	17	886	15062	150,62	1,18	177,7316
14	19	400	7600	76	1,18	89,68
14	10	300	3000	30	1,18	35,4
14	8	1200	9600	96	1,18	113,28
14	8	720	5760	57,6	1,18	67,968
14	16	170	2720	27,2	1,18	32,096
14	20	170	3400	34	1,18	40,12
14	76	170	12920	129,2	1,18	152,456
14	14	170	2380	23,8	1,18	28,084
14	16	162	2592	25,92	1,18	30,5856
14	33	240	7920	79,2	1,18	93,456
14	20	300	6000	60	1,18	70,8
14	10	700	7000	70	1,18	82,6
14	10	700	7000	70	1,18	82,6
14	12	1200	14400	144	1,18	169,92
14	12	240	2880	28,8	1,18	33,984
14	19	400	7600	76	1,18	89,68
Toplam temel demiri						4.534,362

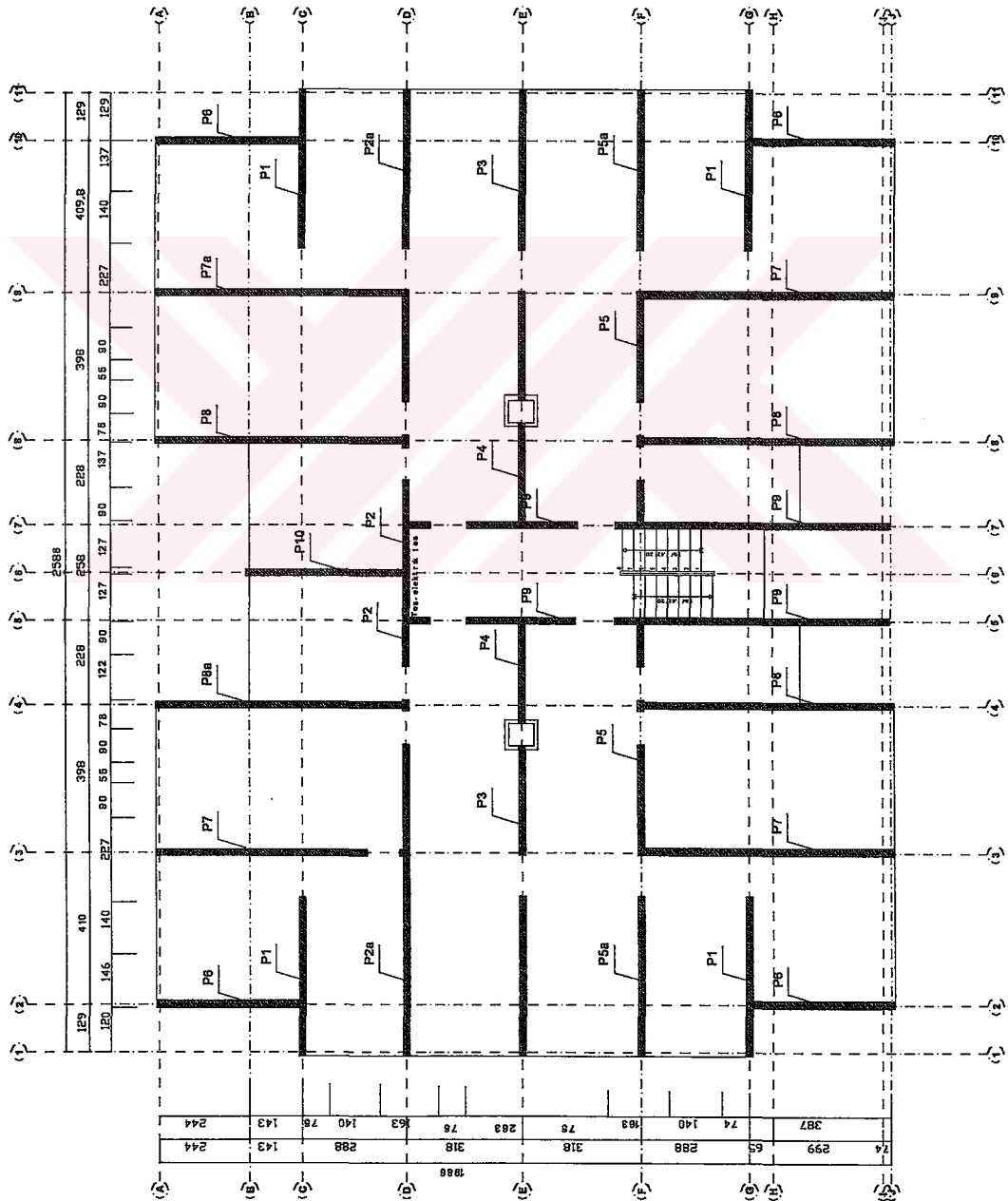
Tablo 4.4. Temel maliyeti

Poz no	İmalatın Cinsi	m ²	Kalınlık (m)	Birim	Birim Fiyat (YTL)	SPF (YTL)	Toplam Birim Fiyat (YTL)	Toplam SPF (YTL)
04.003/A	Stabilize Dolgu	535,25	0,15	80,30 m ³	6,39	7,50	513	602
16.002	Grobeton	535,25	0,10	53,53 m ³	66,81	64,00	3.576	3.426
SPF	Koruma Betonu	515,14	0,05	25,78 m ³	73,00	73,00	1.882	1.882
SPF	Yalıtım	515,14	0,003	—	7,50	7,50	3.864	3.864
16.058/1-B	Temel Betonu	515,14	0,4	206,10 m ³	74,78	70,00	15.412	14.427
19.101	Tesviye Betonu	515,14	—	m ²	10,66	12,00	5.491	6.182
23.001/1	Temel Demiri	—	—	4,54 ton	1.176,06	800,00	5.393	3.632
21.011	Temel Kalıbı	37,87			10,93	12,00	414	454
01.501-01.015	İşçilik (Beton) 8 kişilik ekip	515,14			2,13 3,17	3,13 5,00	153	230
TOPLAM							36.698	34.699

Tablo 4.5. Geleneksel sistem toplam beton miktarı (m³)

Bodrum Kat Perde Duvar ve Kolon Betonlu Toplamı	80,14
Zemin+ 3 Normal kat Toplam	164,08
Toplam kiriş betonu	176,38
Toplam Döşeme Betonlu	247,62
Toplam	668,22

4.4.2. Tünel kalıp sistem beton miktarı hesabı



Şekil 4.9. Tünel kalıp taşıyıcı sistem hesabı

Tablo 4.6. Tünel kalıp sistem taşıyıcı sistem beton hesabı

Perde Duvar No	Adet	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Boşluk (m ²)	Beton miktarı (m ³)
P1	4	5.40	0.18	2.65	0.83	7.00
P2	1	15.28	0.18	2.65	1.36	5.93
P2 a	2	4.30	0.18	2.65	-	4.10
P3	2	8.38	0.18	2.65	-	8.00
P4	2	2.68	0.18	2.65	-	2.56
P5	2	4.51	0.18	2.65	1.36	1.58
P5 a	2	4.30	0.18	2.65	-	4.10
P6	2	3.88	0.18	2.65	-	3.70
P7	4	6.76	0.18	2.65	-	12.90
P8	4	6.76	0.18	2.65	-	12.90
P9	2	13.12	0.18	2.65	1.51	11.00
Toplam						73.77
Bodrum+4 Kat Toplam						368.85

Tablo 4.7. Tünel kalıp sistem döşeme betonu hesabı

Mahal	Alan (m ²)	Kalınlık (m)	Beton miktarı (m ³)
Zemin Kat Döşeme Betonu	485,31	0,14	67,94
1. Kat Döşeme Betonu	485,31	0,14	67,94
2. Kat Döşeme Betonu	485,31	0,14	67,94
3. Kat Döşeme Betonu	485,31	0,14	67,94
Çatı Katı Döşeme Betonu	534,98	0,14	74,89
Tünel Kalıp Toplam Döşeme Betonu			346,63

Tablo 4.8. Tünel kalıp sistem beton hesabı (m³)

Tünel kalıp taşıyıcı perde betonu	368,85
Tünel kalıp döşeme betonu	346,63
Toplam	715,48

Tablo 4.9. Geleneksel sistem ile tünel kalıp sistemin beton maliyeti açısından karşılaştırılması

Poz no	Yapım Sistemi	Birim	Birim Fiyat (YTL)	SPF	Toplam Birim Fiyat (YTL)	SPF (YTL)
16.058/1-B	Geleneksel	668,22 m ³	74,78	70,00	50.000	46.775
01.015 İşçilik	Geleneksel	8 kişi 10 gün	25,36	40	2.030	3.200
TOPLAM					52.030	49.775
16.058/1-B	Tünel Kalıp	715,48 m ³	74,78	70,00	54.000	50.083
01.015 İşçilik	Tünel Kalıp	8 kişi 10 gün	25,36	40,00	2.030	3.200
TOPLAM					55.014	53.283

4. 5. Demir Maliyeti

Tünel kalıp sistemlerde ağırlıklı olarak hasır çelikler kullanılır. elik hasırların şantiyede kolay taınabilecek ağırlıklarda olması nedeniyle montajı kolay ve çabuk olmaktadır. Normal inşaat demirine oranla çubukların düzeltilip kesilerek hazırlanması ve balanması yerine, düzgün aralıklarla teşkil edilmiş elik hasırların montajı kısa zamanda olmakta ve dolayısıyla içilikten tasarruf sağlamaktadır. rnek olarak alınan projedeki elik hasırların akma sınırı 4200 kg/cm² iken, hasır çeliğin 5000 kg/cm²' dir. Bu durumda hasır elik kullanımı bir avantajdır.

Ek B' de demir miktarlarının hesaplanması detaylı olarak verilmiştir. Tablo 4.10.' da her iki yapım sistemi için demir maliyeti gösterilmiştir.

Tablo 4.10. Geleneksel sistem ile tünel kalıp sistemin demir maliyeti açısından karşılaştırılması

Poz No	Yapım Sistemi	Hasır Çelik	Demir (ton)	Birim Fiyat (YTL)	SPF Fiyat (YTL)	Toplam Birim Fiyat (YTL)	Toplam SPF Fiyat (YTL)
04.254	Geleneksel	-	60,38	600,00	640,00	36.228	38.643
SPF İşçilik	Geleneksel		60,38	100,00	100,00	6.038	6.038
Geleneksel Toplam maliyet						42.266	44.681
04.254	Tünel Kalıp	-	2,69	600,00	640,00	1.614	1.722
04.305/2	Tünel Kalıp	22,54	-	710,00	680,00	16.000	15.327
01.019 İşçilik	Tünel Kalıp			3,17	5,00	2.030	3.200
Tünel Kalıp Toplam maliyet						19.644	20.250

4.6. Kalıp Maliyeti

4.6.1. Geleneksel sistemde kalıp hesabı

Tablo 4.11. Geleneksel sistemde kalıp hesabı

Kullanılan Yer	Alan (m ²)
Bodrum Kat Döşeme Kalıp	401,72
Bodrum Kat Kiriş Kalıp	144,69
Bodrum Kat Kolon Kalıp	722,04
Zemin Kat Döşeme Kalıp	401,72
Zemin Kat Kiriş Kalıp	223,82
Zemin Kat Kolon Kalıp	348,43
1. Kat Döşeme Kalıp	401,72
1. Kat Kiriş Kalıp	223,82
1. Kat Kolon Kalıp	348,43
2. Kat Döşeme Kalıp	401,72
2. Kat Kiriş Kalıp	223,82
2. Kat Kolon Kalıp	348,43
3. Kat Döşeme Kalıp	401,72
3. Kat Kiriş Kalıp	223,82
3. Kat Kolon Kalıp	348,43
Toplam	5164,33

Geleneksel sistemde ahşap kalıplar kullanılmaktadır. Ahşap kalıpların en fazla 3 defa kullanılabilceği düşünülduğünde, bodrum ve zemin katlarda kullanılan kalıplar (Tablo 4.11.' de bodrum ve zemin kat kalıplarının toplamı 2242,42 m²) üst katlarada yeterli geleceğinden toplam gerekli kalıp miktarı 2242,42 m² olur.

4.6.2. Tünel kalıp sistem kalıp hesabı

Hesapları yapılan projede 100 m² daire için kullanılan bir takım tünel kalıp, yaklaşık 400 m²' dir. Tünel kalıbın bir m²' sinin fiyatı 337,50 YTL' dir. Binanın bir katı için gerekli tünel kalıp miktarı yaklaşık 1600 m²' dir. Bu durumda bir katın yapımı için gerekli dört takım kalıbın maliyeti 540.000 YTL olacaktır.

Tablo 4.12.' de iki yapım sisteminin kalıp maliyeti gösterilmiştir.

Tablo 4.12. Geleneksel sistem ile tünel kalıp sistemin kalıp maliyeti açısından karşılaştırılması

Poz No	Yapım Sistemi	Alan (m ²)	Birim Fiyat (YTL)	SPF (YTL)	Toplam Fiyat (YTL)	Toplam SPF Fiyat (YTL)
21.011	Geleneksel Sistem	2242,42 m ²	10,93	12,00	24.505	26.909
Geleneksel konutta toplam kalıp bedeli					24.505	26.909
SPF	Tünel Kalıp	Kalıp bedeli			540.000	540.000
01.019 (İşçilik)	Tünel Kalıp		3,17	5,00	2.030	3.200
SPF (Vinç)	Tünel Kalıp	Kira bedeli			5.000	5.000
Vinç	Tünel Kalıp	Nakliye bedeli+kurulum bedeli			5.000	5.000
Tünel Kalıp konutta toplam kalıp bedeli					552.030	553.200

4.7. Sıva Maliyeti

Sıva, duvarların iç ve dış yüzeylerini, kaba yapının bütün derzlerini ve pürüzlerini örtecek şekilde kaplar. Sıva sayesinde duvar ve tavanlardaki düzgün olmayan yerler düzeltilir. Sıvanın, yapının nem miktarı ve ısı korunumu konusunda ayarlayıcı bir etkisi vardır.

Sıvaların ısı yalıtım değerleri, sıva harcının cinsine ve sıvanın nemine göre, dış sıvalarda 0,70-1,30 kcal/mh °C arasında iç sıvada ise 0,40-0,90 kcal/mh °C arasında değişir. Dış sıva kalınlığı azami 2 cm, iç sıva kalınlığı da genellikle 1,5 cm olduğu için pratikte sıvanın ısı yalıtımında ki rolü oldukça önemsizdir.

Alçı sıvalar kolay işlenebilirliği, çabuk çözünürlüğü ve kolay işlenebilirliği nedeniyle en elverişli sıvadır [23]. Örnek alınan projede alçı sıva tünel kalıp sistemli yapının bütün iç duvarlarında uygulanmıştır.

Sıva miktar hesabı Ek C' de verilmiştir. Tablo 4.13.' de her iki yapım sistemi için sıva maliyeti hesabı gösterilmiştir.

Tablo 4.13. Geleneksel sistem ile tünel kalıp sistemin sıva maliyeti açısından karşılaştırılması

Poz No	Yapım Sistemi	Adet	Alan (m ²)	Toplam alan (m ²)	Birim Fiyat (YTL)	SPF (YTL)	Toplam Birim Fiyat (YTL)	Toplam SPF (YTL)
27.532 İç Sıva	Geleneksel Sistem	17 daire	543,12	4921,04	6,34	6,50	31.200	31.987
27.560/3 Dış Sıva	Geleneksel Sistem	1	1222,34	1222,34	7,51	7,50	9.180	9.168
Geleneksel Sistem Sıva Maliyeti							40.380	41.155
27.525	Tünel Kalıp	1	1016,32	1016,32	7,79	8,25	7.917	8.385
27.560/3 Dış Sıva	Tünel Kalıp	1	1050,00	1050,00	7,51	7,50	7.886	7875
Tünel Kalıp Sistem Sıva Maliyeti							15.803	16.260

4.8. Duvar Maliyeti

Her iki yapım sisteminin iç ve dış duvarlarında düşey delikli tuğlalar kullanılmıştır. Tuğlaların gözenekli bir yapıya sahip olması sayesinde; tuğlanın ısı yalıtım kat sayısı %11 oranında artar ve binaya gelen yük azalır. Düşey delikli tuğlaların yoğunluğu 600 kg/m^3 , basınç dayanımları 75 kg/cm^2 'dir. Hesaplarda kullanılan $19 \times 19 \times 8,5$ luk tuğlanın dayanımı 27 kgf/cm^2 , $19 \times 19 \times 13,5$ 'luk tuğlanın dayanımı 28 kgf/cm^2 'dir.

Tablo 4.18.'de her iki sistem için duvar maliyeti gösterilmiştir.

4.8.1. Geleneksel sistem duvar hesabı

Tablo 4.14. Geleneksel sistemde dış duvar hesabı

Adet	Genişlik	Yükseklik	m^2	Pen.-kapı boşlukları		Adet	m^2	Toplam m^2
16	3,48	2,30	128,06	0	0	0	0,00	128,06
8	2,21	2,30	40,66	1,40	1,25	8	1,75	32,66
16	2,80	2,30	103,04	2,10	1,25	16	2,63	87,04
8	2,50	2,30	46,00	1,40	1,25	8	1,75	38,00
16	2,56	2,30	94,21	1,40	1,25	16	1,75	78,21
16	3,10	2,30	114,08	2,10	1,25	16	2,63	98,08
8	3,39	2,30	62,38	2,10	1,37	8	2,88	54,38
4	1,71	2,30	15,73	0	0	0	0,00	15,73
8	1,89	2,30	34,78	0,90	2,10	8	1,89	26,78
4	2,40	2,30	22,08	0,90	0,90	4	0,81	18,08
Toplam								577,02

Tablo 4.15. Geleneksel sistemde iç duvar hesabı

Uzunluk	Yükseklik	Adet	m^2
2,65	2,65	8	56,18
1,7	2,65	16	72,08
3,9	2,65	16	165,36
2,48	2,65	8	52,58
4,5	2,65	8	95,40
1,73	2,65	16	73,35
1,58	2,65	8	33,50
2,32	2,65	16	98,37
3,63	2,65	16	153,91
1,86	2,65	16	78,86
2,54	2,65	16	107,70
2,94	2,65	8	62,33
1,99	2,65	8	42,19
1,79	2,65	8	37,95

Devam ediyor

Tablo 4.15' in devamı

0,65	2,65	16	27,56
1,25	2,65	16	53,00
0,3	2,65	16	12,72
0,95	2,65	16	40,28
1,16	2,65	8	24,59
3,37	2,65	8	71,44
0,72	2,65	8	15,26
0,6	2,65	8	12,72
0,6	2,65	8	12,72
0,38	2,65	8	8,06
0,9	2,65	8	19,08
1,1	2,65	8	23,32
1,02	2,65	8	21,62
1,06	2,65	8	22,47
0,89	2,65	16	37,74
Toplam İç Duvar			1532,34

4.8.2. Tünel kalıp sistemde duvar hesabı

Tablo 4.16. Tünel kalıp sistemde dış duvar hesabı

Bodrum kat hesabı									
	Adet	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	m ²	Pencere ve kapı boşlukları		Adet	m ²	Toplam m ²
B05	1	3,39	2,65	8,98	0,90	0,65	1	0,59	8,40
B06	1	3,80	2,65	10,07	0,90	0,65	2	1,17	8,90
B07	1	3,92	2,65	10,39	1,40	0,65	1	0,91	9,48
B08	1	2,70	2,65	7,16	1,40	0,65	1	0,91	6,25
B10	2	3,00	2,65	15,90	0,75	0,45	2	0,68	15,23
	1	2,70	2,65	7,16				0,00	7,16
	1	3,92	2,65	10,39				0,00	10,39
	1	3,40	2,65	9,01				0,00	9,01
	1	2,10	2,65	5,57				0,00	5,57
B12	1	3,39	2,65	8,98	0,90	0,65	1	0,59	8,40
	1	3,80	2,65	10,07	0,90	0,65	2	1,17	8,90
	2	3,92	2,65	20,78	1,40	0,65	2	1,82	18,96
	1	2,70	2,65	7,16				0,00	7,16
	2	3,00	2,65	15,90				0,00	15,90
	1	2,70	2,65	7,16	1,40	0,65	1	0,91	6,25
	1	3,80	2,65	10,07	0,90	0,65	2	1,17	8,90
	1	2,10	2,65	5,57	0,90	0,65	1	0,59	4,98
Toplam									159,80
Zeminkat ve Normalkat Hesabı									
1. tip daire									
Z 06 (a)	8	3,39	2,65	71,87	1,35	2,10	8	22,68	49,19
Z 07	8	3,80	2,65	80,56	2,10	1,25	8	21,00	59,56
Z 08	8	3,00	2,65	63,60	1,40	1,25	8	14,00	49,60
Z 09	8	2,70	2,65	57,24	1,40	1,25	8	14,00	43,24
Z 10	8	3,92	2,65	83,10	1,40	1,25	8	14,00	69,10

Devam ediyor

Tablo 4.16.'nın devamı

2. tip daire									
Z 06 (b)	8	2,10	2,65	44,52	0,90	2,10	8	15,12	29,40
Z 07	8	3,80	2,65	80,56	2,10	1,25	8	21,00	59,56
Z 08	8	3,00	2,65	63,60	1,40	1,25	8	14,00	49,60
Z 09	8	2,70	2,65	57,24	1,40	1,25	8	14,00	43,24
Z 10	8	3,92	2,65	83,10	1,40	1,25	8	14,00	69,10
Toplam									522
Merdiven boşluğundaki dış duvarlar									
	4	2,40	2,65	25,44	0,90	0,90	3	2,43	23,01
Toplam Dış Duvar									704,41

Tablo 4.17. Tünel kalıp sistemde iç duvar hesabı

Bodrum kat hesabı									
Mahal adı	Adet	Genişlik	Yükseklik	m ²	Pencere ve kapı boşlukları		Adet	m ²	Tuğla duvar m ²
B 03	1	1,32	2,65	4,62	0,80	2,10	1	1,68	2,94
B 04	1	1,86	2,65	4,93	0,80	2,10	1	1,68	3,25
	1	1,05	2,65	2,78	0,60	1,20	1	0,72	2,06
	1	1,25	2,65	3,31				0,00	3,31
B08	1	2,70	2,65	7,16	0,90	2,10	1	1,89	5,27
	2	1,10	2,65	5,83	0,90	2,10	2	3,78	2,05
B 09	1	3,00	2,65	7,95	0,80	2,10	1	1,68	6,27
	1	3,00	2,65	7,95	0,20	0,40	1	0,08	7,87
B 11	1	1,35	2,65	3,58				0,00	3,58
	1	1,86	2,65	4,93	0,80	2,10	1	1,68	3,25
	1	1,25	2,65	3,31	0,80	2,10	1	1,68	1,63
	1	1,32	2,65	4,62				0,00	4,62
	1	1,05	2,65	2,78	0,20	0,40	1	0,08	2,70
TOPLAM									48,80
Zeminkat ve normalkathesabı									
1. VE 2. tip daire									
Z 04	16	1,32	2,65	55,97	0,80	2,10	16	26,88	29,09
	16	1,25	2,65	53,00				0,00	53,00
Z 05	16	1,86	2,65	78,86	0,80	2,10	16	26,88	51,98
	16	1,05	2,65	44,52	0,20	0,40	16	1,28	43,24
Z 08	16	1,80	2,65	76,32	0,90	2,10	16	30,24	46,08
Z 09	16	2,70	2,65	114,48	0,90	2,10	16	30,24	84,24
Z 10	16	1,10	2,65	46,64	0,90	2,10	16	30,24	16,40

Devam ediyor

Tablo 4.17.' nin devamı

Z 11	16	1,10	2,65	46,64	0,90	2,10	16	30,24	16,40
Z 12	16	3,13	2,65	132,71	0,80	2,10	16	26,88	105,83
	16	1,80	2,65	76,32				0,00	76,32
	16	1,80	2,65	76,32	0,20	0,40	16	1,28	75,04
Toplam									597,62
Merdiven boşluğundaki duvar									
	5	2,40	2,65	31,80	0,60	1,20	5	3,60	28,20
Toplam İç Duvar									674,62

Tablo 4.18. Geleneksel sistem ile tünel kalıp sistemin duvar maliyeti açısından karşılaştırılması

Poz No	Yapım Sistemi	Alan (m ²)	Birim Fiyat (YTL)	SPF (YTL)	Toplam Fiyat (YTL)	Toplam SPF Fiyat (YTL)
18.071/3	Geleneksel Sistem dış duvar	577,02	9,44	8,75	5.500	5.049
18.081/2	Geleneksel Sistem iç duvar	1532,34	8,88	7,00	13.607	10.726
Geleneksel Sistem Toplam Duvar Maliyeti					19.107	15.775
18.071/3	Tünel Kalıp Sistem dış duvar	704,41	9,44	8,75	6.650	6.164
18.081/2	Tünel Kalıp Sistem iç duvar	674,62	8,88	7,00	5.991	4.722
Tünel Kalıp Sistem Toplam Duvar Maliyeti					12.641	10.886

4.9. Isı ve Ses Yalıtımı Maliyeti

Örnek olarak alınan projede ısı ve ses yalıtımı için XPS yalıtım malzemesi kullanılmıştır. XPS taşıyünü esaslı bir malzemedir. 3 cm'lik malzemenin ısı geçirgenlik direnci 0,75 m²K/W' dir. Projede binanın dış yüzeyine gelen duvarlara uygulanmıştır. Tablo 4.12.' de her iki sistem için yalıtım maliyet hesabı verilmiştir.

4.9.1. Geleneksel sistemde ısı ve ses yalıtım hesabı

Tablo 4.19. Geleneksel sistemde ısı ve ses yalıtımı hesabı

Mahal No	Genişlik(m)	Yükseklik (m)	Kapı ve Pencere Boşlukları	1 Kattaki Mahal Adedi	Kat Adedi	Toplam m ²
B07	3,92	2,70	0,91	1	1	9,67
B07	3,68	2,70		1	1	9,94
B06	3,80	2,70	1,17	1	1	9,09
B06	6,56	2,70		1	1	17,71
B06	2,85	2,70		1	1	7,70
B08	2,70	2,70	0,91	1	1	6,38
B08	3,70	2,70		1	1	9,99
Yükstük	1,10	2,70		1	1	2,97
B09	3,00	2,70		1	1	8,10
B09	1,80	2,70		1	1	4,86
B11	0,34	2,70		1	1	0,92
B11	0,70	2,70	0,08	1	1	1,81
B11	0,91	2,70		1	1	2,46
B11	3,28	2,70		1	1	8,86
B05	3,39	2,70		1	1	9,15
Z10	3,92	2,70	1,75	4	1	35,34
Z10	3,68	2,70		4	1	39,74
Z09	4,00	2,70		4	1	43,20
Z09	2,70	2,70	1,75	4	1	22,16
Z08	3,00	2,70	1,75	4	1	25,40
Z07	3,80	2,70	2,63	4	1	30,54
Z06a	3,39	2,70	2,84	2	1	12,64
Z06b	2,10	2,70	1,89	2	1	7,56
T09	3,92	2,70	1,75	4	3	106,01
T09	3,68	2,70		4	3	119,23
T08	4,00	2,70		4	3	129,60
T08	2,70	2,70	1,75	4	3	66,48
T07	3,00	2,70	1,75	4	3	76,20
T06	3,80	2,70	2,63	4	3	91,62
T05a	3,39	2,70	2,84	2	3	37,91
T05b	2,10	2,70	1,89	2	3	22,68
TOPLAM XPS (MANTOLAMA) YALITIM						975,91

4.9.2. Tünel kalıp sistemde ısı ve ses yalıtım hesabı

Tablo 4.20. Tünel kalıp sistemde ısı ve ses yalıtımı hesabı

Mahal No	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Kapı ve Pencere Boşlukları	1 Kattaki Mahal Adedi	Kat Adedi	Toplam m ²
B07	3,92	2,65	0,91	1	1	9,48
B07	3,68	2,65		1	1	9,75
B06	3,8	2,65	1,17	1	1	8,90
B06	6,56	2,65		1	1	17,38
B06	2,85	2,65		1	1	7,55
B08	2,7	2,65	0,91	1	1	6,25
B08	3,7	2,65		1	1	9,81
Yüklük	1,1	2,65		1	1	2,92
B09	3	2,65		1	1	7,95
B09	1,8	2,65		1	1	4,77
B11	0,34	2,65		1	1	0,90
B11	0,7	2,65	0,08	1	1	1,78
B11	0,91	2,65		1	1	2,41
B11	3,28	2,65		1	1	8,69
B05	3,39	2,65		1	1	8,98
Z10	3,92	2,65	1,75	4	1	34,55
Z10	3,68	2,65		4	1	39,01
Z09	4	2,65		4	1	42,40
Z09	2,7	2,65	1,75	4	1	21,62
Z08	3	2,65	1,75	4	1	24,80
Z07	3,8	2,65	2,63	4	1	29,78
Z06a	3,39	2,65	2,84	2	1	12,30
Z06b	2,1	2,65	1,89	2	1	7,35
T09	3,92	2,65	1,75	4	3	103,66
T09	3,68	2,65		4	3	117,02
T08	4	2,65		4	3	127,20
T08	2,7	2,65	1,75	4	3	64,86
T07	3	2,65	1,75	4	3	74,40
T06	3,8	2,65	2,63	4	3	89,34
T05a	3,39	2,65	2,84	2	3	36,89
T05b	2,1	2,65	1,89	2	3	22,05
TOPLAM XPS (MANTOLAMA) YALITIM						954,74

Tablo 4.21. Geleneksel sistem ile tünel kalıp sistemin ısı ve ses yalıtım maliyeti açısından karşılaştırılması

Poz No	Yapım Sistemi	Alan (m ²)	Birim Fiyat (YTL)	SPF (YTL)	Toplam Birim Fiyat (YTL)	Toplam SPF Fiyatı (YTL)
04.734/B16a	Geleneksel Sistem	975,91	11,45	12,00	11.174	11.711
04.734/B16a	Tünel Kalıp Sistem	954,74	11,45	12,00	10.932	11.457

4.10. Bodrum Kat Su Yalıtım Maliyeti

Yapının su etkilerine karşı korunması, içinde yaşayanlar sağlıklı ve konforlu bir ortam sunarken, yapının ömrünün de uzamasını sağlar. Su yalıtımı betonarme yapılarda betonun içine su girmesini ve donatı korozyonunu önler. Yapı içinde kullanılan her türlü yapı malzemesini suya ve neme karşı korur.

Örnek olarak projede uygulanmıştır. Su yalıtım malzemesi olarak membran kullanılmıştır. Bu malzeme toprak altında olan yerlere çift kat olarak uygulanır. Her iki sistemde de su yalıtımı uygulaması aynıdır. Tablo 4.7.' de verilen temel detayında uygulanacak yüzeyi göstermektedir. Tablo 4.23.' de su yalıtım maliyeti verilmiştir.

Tablo 4.22. Bodrum kat su yalıtım hesabı

Genişlik	Membran uzunluğu	Adet	Toplam m2
20,06	1,68	2	67,40
1,30	1,68	4	8,74
26,08	1,68	2	87,63
Toplam Su Yalıtımı			163,77

Tablo 4.23. Bodrum kat su yalıtım maliyeti

Poz No	Yapılan İş	Toplam alan (m ²)	Birim Fiyat (YTL)	Toplam Fiyat (YTL)
SPF.	Bodrum Kat Su Yalıtımı	163,77	14,16	2319

4.11. Geleneksel Yapım Sistemi ve Tünel Kalıp Sistemin Maliyet Karşılaştırması

Yapılan hesaplar sonucunda iki yapım sistemi arasında, birim fiyatlara (tablo 4.24.) ve spf fiyatlarına (tablo 4.25.) göre hazırlanan tablolar aşağıda verilmiştir.

Tablo. 4.24. Geleneksel sistemle tünel kalıp sistemin bayındırlık birim fiyatlarına göre maliyet açısından karşılaştırılması

GELENEKSEL SİSTEMLE YAPILAN KONUT		TÜNEL KALIP SİSTEMİ İLE YAPILAN KONUT	
YAPILAN İŞİN CİNSİ	TUTAR YTL	YAPILAN İŞİN CİNSİ	TUTAR YTL
KAZI VE DOLGU MALİYETİ	2.717	KAZI VE DOLGU MALİYETİ	2.717
TEMEL İNŞAATI	36.698	TEMEL İNŞAATI	36.698
BETON	52.030	BETON	55.014
DEMİR	42.266	HASIR ÇELİK, DEMİR	19.644
KALIP	24.505	KALIP	552.030
DUVAR	19.107	DUVAR	12.641
SIVA	40.380	SIVA	15.803
ISI VE SES YALITIMI	11.174	ISI VE SES YALITIMI	10.932
BODRUM KAT SU YALITIMI	2.319	BODRUM KAT SU YALITIMI	2.319
TOPLAM MALİYET	231.196	TOPLAM MALİYET	707.798
FARK			476.602

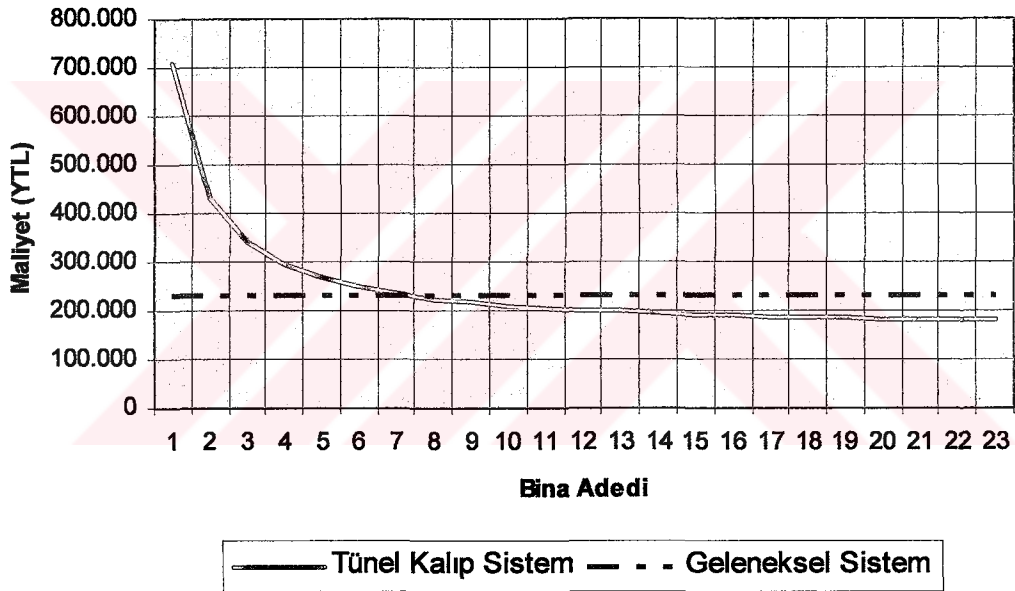
Tablo. 4.25. Geleneksel sistemle tünel kalıp sistemin serbest piyasa fiyatlarına göre maliyet açısından karşılaştırılması

GELENEKSEL SİSTEMLE YAPILAN KONUT		TÜNEL KALIP SİSTEMİ İLE YAPILAN KONUT	
YAPILAN İŞİN CİNSİ	TUTAR YTL	YAPILAN İŞİN CİNSİ	TUTAR YTL
KAZI VE DOLGU MALİYETİ	2.621	KAZI VE DOLGU MALİYETİ	2.621
TEMEL İNŞAATI	34.699	TEMEL İNŞAATI	34.699
BETON	49.775	BETON	53.283
DEMİR	44.681	HASIR ÇELİK, DEMİR	20.250
KALIP	26.909	KALIP	553.200
DUVAR	15.775	DUVAR	10.886
SIVA	41.155	SIVA	16.260
ISI VE SES YALITIMI	11.711	ISI VE SES YALITIMI	11.457
BODRUM KAT SU YALITIMI	2.319	BODRUM KAT SU YALITIMI	2.319
TOPLAM MALİYET	229.645	TOPLAM MALİYET	704.975
FARK			475.330

Yukarıda verilen tablolardan da anlaşılacağı gibi, birim fiyatlarla yapılan hesaplar ile spf fiyatları arasında yapılan hesaplar arasında önemli bir fark çıkmamıştır.

Tablo 4.24. ve tablo 4.25.' te verilen maliyetler, her iki sisteminde sadece bir adet binası (16 adet daire) için bulunan sonuçlarıdır. Toplu Konut İdaresinin Adapazarı Korucuk bölgesinde yaptırdığı konutlardan K tipi projeye sahip 23 adet bina bulunmaktadır. Bu binalarda 368 adet daire bulunmaktadır.

Bina adedinin artmasıyla karşımıza çıkan sonuçlar aşağıdaki şekilde (şekil 4.10) verilen grafikte değerlendirilmiştir.



Şekil 4.10. Geleneksel sistem ile tünel kalıp sistemin bina adedi maliyet grafiği

Grafik incelendiğinde, bina sayısı arttıkça tünel kalıp sistemin maliyetinin düştüğü, geleneksel sistemde bir değişiklik olmadığı görülmektedir. Sekiz adet bina inşa edildiğinde, iki yapım sisteminin maliyeti aynı değere ulaştığı görülmektedir. Bu eşik adetten önce geleneksel sistem avantajlı iken, daha sonraki adetler için tünel kalıp sistem avantajlı olmaktadır. Tünel kalıp sistemindeki kalıpların yüzlerce defa kullanıldığı düşünüldüğünde toplu konut uygulamalarında tünel kalıp sistemi kullanılmasının avantajı ortaya çıkmaktadır.

İki sistem arasında zaman açısından genel olarak bir karşılaştırma yapıldığında tablo 4.26. daki sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Tabloda görülen 5/1 zaman tasarrufunun ayrıca kaba inşaatının maliyetinin de düşmesinde büyük bir faktör olduğu unutulmamalıdır

Tablo 4.26. Geleneksel sistemle tünel kalıp sistemin inşaat süresi açısından karşılaştırılması

YAPILAN İŞ	SÜRE, GÜN	
	GELENEKSEL	TÜNEL
Ahşap kalıp hazırlanması	5 gün	--
Tünel kalıp kasa montajı	--	1/2 gün
Çelik hasır, kiriş ve kolon döşeme	1 gün	--
Prefabrik olarak hasır döşeme ve elektrik tesisatının yerleştirilmesi	--	1/4 gün
Elektrik tesisatı yerleştirilmesi	1/2 gün	--
Kalıp takviyesi	1/2 gün	--
Beton dökülmesi	1/2 gün	1/2 gün
Beton bakımı ve sulanması	8 gün	--
Beton bakımı ve ısıtılması	--	1 gün
Kalıp sökülmesi	1/2 gün	1/4 gün
Ara duvar örülmesi (kasalar hariç)	1 gün	--
Prefabrik bölme pano montajı (kasalar dahil)	--	1 gün
Kapı kasaları montajı	1 gün	--
Kaba ve ince sıva (iç ve dış)	2 gün	--
Prefabrik cephe panosu ve merdiven montajı	--	1/2 gün
TOPLAM	20 GÜN	4 GÜN

BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; tünel kalıpla inşa edilmiş bir binanın projesi geleneksel yapım sistemine çevrilerek, iki sistem arasında maliyet karşılaştırması yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda tünel kalıp sistemin pahalı bir ön yatırım gerektirdiği, ancak belirli bir adetten sonra yapılan binalarda ekonomik sonuç verdiği görülmüştür.

Tünel kalıp sistemin ekonomik olmasının bir nedeni de, yapım süresinin kısa olmasıdır. Bu sayede işe işgücü ve anaparanın uzun süre bağlı kalması önlenir.

Tünel kalıp sisteminde çelik hasırların kullanılması ile üretim hızı artmakta, daha az miktarda donatı ile aynı mukavemet sağlanmaktadır. Ayrıca şantiyede donatının taşınması kolaylaşmakta, donatının bükülmesi gibi işçilikler ortadan kalkmaktadır. Daha az sayıda işçi ile daha kaliteli inşaat yapılabilmektedir.

Çelik kalıpların kullanımı ile betonda pürüzsüz bir yüzey elde edilmekte bu sayede inşaat kalitesi yükselmektedir. Kalıplarda ahşap malzeme kullanılmaması ile orman ürünlerinde tasarruf sağlanmaktadır.

Tünel kalıp sistemle üretilen konutlar depreme karşı iyi bir dayanım göstermektedir. Yurdumuzda deprem afeti sıklıkla karşımıza çıkmakta ve felaketzedeler için uzun bir süre geçici iskan şartlarında yaşamaktadırlar. Bu sorun tünel kalıp sisteminin kullanılmasıyla kısa bir sürede ortadan kalkmaktadır.

Her alanda kullanılan teknolojik gelişmeler, inşaat alanında da teknolojinin kullanılması sağlanır. Makinalaşma sayesinde insan gücüyle zorlukla ve uzun zamanda yapılan işler daha az toleransla, daha iyi nitelikte ve daha kısa sürede yapılabilmektedir.

Ülkemizde konut ihtiyacı, her geçen gün artmaktadır. Bu problem acil tedbirler alınmadığı takdirde daha da büyüyecektir. Konut ihtiyacının karşılanması için, ülke koşullarına uygun hızlı ve ekonomik olan tünel kalıp sistemin kullanılması son derece uygundur.



KAYNAKLAR

- [1] MEMİŞ T A., "Betonarme Yapılarda Kullanılan Klasik Ve Modern Kalıp Sistemleri Ve Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2004.
- [2] BALKABAK, İ., "Seri Kalıp Teknolojisinde Tünel Kalıp Sistemler ve Genel Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 1998.
- [3] YURTSEVEN, E., " Toplu Konut Olayı ve Beşiktaş, Şişli, Sarıyer' de 1980 Sonrası Uygulamalar", Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1990.
- [4] ŞİMŞEK H., "Çok Katlı Yapılarda Tünel Kalıp Uygulaması ve Bu Yapıların Projelendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, İstanbul, 2001.
- [5] KÜRKLÜ, G., Akbulut, H., "Tüm Yönleriyle Beton ve Betonarme Kalıpları", Teknik Yayınevi, ISBN: 975-523-026-2, s. 136-172, Eylül, 2003.
- [6] BALKABAK, İ., FIRAT, S., APAY, A., "Tünel Kalıp Sistemlerin Yapısal Özellikleri ve Toplu Konutlardaki Yapısal Sorunların İrdelenmesi", 2000.
- [7] APAY, A., "Türkiye'de Konut Sorunu ve Çözümünde Geliştirilen Yeni Teknolojiler", Doktora Tezi, İTÜ, 1983.
- [8] PAÇACI, O., "Konut Üretiminde Tünel Kalıp Teknolojisi", Yapı-61, Yapı Endüstri Merkezi, s. 57, Sayı: 3, 1985.
- [9] GÖNENÇEN, A., "Gelişmiş Yapı Teknolojisinde Tünel Kalıp", İnşaat Dergisi, Araştırma, s.18-20, Aralık, 1991.
- [10] SÜMER, Y., " Deprem Etkisindeki Tünel Kalıp Sistemli Yapılar İçin Karşılaştırmalı Sistem Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2003.
- [11] İNPOLAT, C., "Tünel Kalıp Sistemler ve İzolasyon Problemleri (Isı ve Ses) ", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 1996.

- [12] BOYACI, A., "Tünel Kalıp Sistemiyle Çok Katlı Toplu Konut Üretiminde Tasarım Kısıtlamaları Üzerine Bir Araştırma" Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1990.
- [13] MESA İMALAT, Tünel Kalıp Sistemi Tanıtım Kitapçığı, Ankara.
- [14] CANBEK, F., "Tünel Kalıp Teknolojilerinde Tasarım Kısıtları", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1996.
- [15] ŞAHİN, T., "Tünel Kalıp Teknolojisinin Konut Planlamasına Uyabilirliği Üzerine Bir Araştırma" Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [16] GÜR, V., SEV, A., "Yüksek Yapılarda Cephe Sistemlerinin Depreme Dayanıklı Tasarımı" Kocaeli 2003 Deprem Sempozyumu, s. 259-268, Kocaeli, Mart, 2003.
- [17] ERSOY, U., "Binaların Mimarisinin ve Taşıyıcı Sisteminin Deprem Dayanımına Etkisi" Deprem Güvenli Konut Sempozyumu, Aydoğan Matbaacılık, ISBN: 975-94-556-1-7, Ankara, 1999.
- [18] ATMACA, M., "Yapı Kalıpları", Mühendislik Yayıncılık, ISBN: 975-6406-01-1, s: 12, Ankara, 2003.
- [19] "Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2005 Yılı İnşaat Birim Fiyatları" kitabı.
- [20] Toplu Konut İdaresi K Tipi Konut Projesi.
- [21] "Konutlarda Maliyet Tahmini İçin Bir Model", Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, ISBN: 975-19-1429-9, Ankara, 1996.
- [22] KARTAL, A., "Proje Planlama ve Kontrol Tekniklerinin İnşaat Maliyet Muhasebesi İle Uyumlaştırılması", Anadolu Üniversitesi Basımevi, ISBN: 975-492-285-3, Eskişehir, 1992.
- [23] ÖZER, M., "Yapılarda Isı-Su Yalıtımları", Özer Yayınları, İstanbul, 1982.

EKLER

EK A Geleneksel ve Tünel Kalıp Sistem Beton Miktarı Hesap Tabloları

Tablo Ek A.1. Geleneksel sistem bodrum kat beton hesabı

Ad	Adet	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Boşluk (m ²)	Beton miktarı (m ³)
SZ (01-06- 10-11-13-14- 15-16-17-18- 19-20-21-23- 24-26-27-28- 29-30-31-32- 33-34-36-37- 39-40-41-46)	30	0.60	0.40	2.80	-	20.16
SB (02-05- 09-12-22-25- 35-38-42-45)	10	1.75	0.25	2.80	-	12.25
SB (03-04)	2	2.75	0.25	2.80	-	3.85
SB (43-44)	2	3.40	0.25	2.80	-	4.76
PB 01	1	2,56	0,25	2,8	0,59	1,20
PB 02	1	3,10	0,25	2,8	1,18	0,99
PB 05	1	6,96	0,25	2,8	-	4,87
PB 03	1	3,10	0,25	2,8	1,18	0,99
PB 04	1	2,56	0,25	2,8	0,91	0,88
PB 65	1	3,58	0,25	2,8	-	2,51
PB 69	1	2,20	0,25	2,8	-	1,54

Devam ediyor

Tablo Ek A1'in devamı

PB 68	1	2,8	0,25	2,8	-	1,96
PB 67	1	2,8	0,25	2,8	0,91	1,05
PB 66	1	2,20	0,25	2,8	0,91	0,63
PB 64	1	3,58	0,25	2,8	-	2,51
PB 35	1	2,56	0,25	2,8	0,91	0,88
PB 34	1	3,10	0,25	2,8	1,17	1
PB 71	1	1,88	0,25		0,59	0,73
PB 70	1	2,40	0,25	2,8	-	1,68
PB 31	1	1,88	0,25	2,8	-	1,32
PB 33	1	3,10	0,25	2,8	-	2,17
PB 32	1	2,56	0,25	2,8	-	1,79
PB 40	1	3,58	0,25	2,8	-	2,51
PB 36	1	2,20	0,25	2,8	-	1,54
PB 37	1	2,80	0,25	2,8	0,34	1,62
PB 38	1	2,80	0,25	2,8	0,34	1,62
PB 39	1	2,20	0,25	2,8	0,91	0,63
PB 41	1	3,58	0,25	2,8	-	2,51
Bodrum Kat Perde Duvar ve Kolon Betonunu Toplamı						80,14

Tablo Ek A2. Geleneksel sistem zemin+normal kat beton hesabı

Kolon Adı	Adet	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Beton miktarı (m ³)
SZ (01-06-10-11-13-14-15-16-17-18-19-20-21-23-24-26-27-28-29-30-31-32-33-34-36-37-39-40-41-46)	30	0.60	0.40	2.80	20.16
SZ (02-05-09-12-22-25-35-38-42-45)	10	1.75	0.25	2.80	12.25
SZ (03-04)	2	2.75	0.25	2.80	3.85
SZ (43-44)	2	3.40	0.25	2.80	4.76
Toplam:					41.02
Zemin+ 3 Normalkat Toplam:					164,08

Tablo Ek A3. Geleneksel sistem kiriş betonu hesabı

Aks aralığı	Adet	Uzunluk (m)	En (m)	Boy (m)	Beton miktarı (m ³)
G-I	10	3,62	0,25	0,5	4,53
G-F	10	1,88	0,25	0,5	2,35
F-E	10	2,93	0,25	0,5	3,66
E-D	10	2,98	0,25	0,5	3,73
D-C	10	1,88	0,25	0,5	2,35
C-A	10	3,62	0,25	0,5	4,53
F-H	10	3,09	0,25	0,5	3,86
E-F	10	2,78	0,25	0,5	3,48
D-E	10	2,78	0,25	0,5	3,48
D-B	10	3,86	0,25	0,5	4,83
H-F	10	3,09	0,25	0,5	3,86
F-E	10	2,78	0,25	0,5	3,48
E-D	10	2,78	0,25	0,5	3,48
D-B	10	3,86	0,25	0,5	4,83
I-G	10	3,62	0,25	0,5	4,53
G-F	10	1,88	0,25	0,5	2,35
F-E	10	2,93	0,25	0,5	3,66
D-E	10	2,98	0,25	0,5	3,73
D-C	10	1,88	0,25	0,5	2,35
C-A	10	3,62	0,25	0,5	4,53
2-3	10	4,99	0,25	0,5	6,24
3-4	10	3,38	0,25	0,5	4,23
4-7	10	5,64	0,25	0,5	7,05
7-8	10	3,38	0,25	0,5	4,23
8-9	10	2,82	0,25	0,5	3,53
2-3	10	4,99	0,25	0,5	6,24

Devam ediyor

Tablo Ek A3' ün devamı

3-8	10	12,4	0,25	0,5	15,50
8-9	10	2,82	0,25	0,5	3,53
1-3	10	4,23	0,25	0,5	5,29
3-4	10	3,38	0,25	0,5	4,23
4-5	10	1,68	0,25	0,5	2,10
5-6	10	2,38	0,25	0,5	2,98
6-7	10	1,58	0,25	0,5	1,98
7-8	10	3,38	0,25	0,5	4,23
8-10	10	4,21	0,25	0,5	5,26
1-3	10	4,23	0,25	0,5	5,29
3-5	10	5,09	0,25	0,5	6,36
5-6	10	2,38	0,25	0,5	2,98
6-8	10	5,09	0,25	0,5	6,36
8-10	10	4,21	0,25	0,5	5,26
Toplam kiriş betonu					176,38

Tablo Ek A4. Geleneksel sistem döşeme betonu hesabı

Mahal	Alan (m ²)	Kalınlık (m)	Beton miktarı (m ³)
Zemin Kat Döşeme Betonu	485,31	0,10	48,53
1. Kat Döşeme Betonu	485,31	0,10	48,53
2. Kat Döşeme Betonu	485,31	0,10	48,53
3. Kat Döşeme Betonu	485,31	0,10	48,53
Çatı Katı Döşeme Betonu	534,98	0,10	53,50
Toplam Döşeme Betonu			247,62

Tablo Ek A5. Geleneksel sistem toplam beton miktarı (m³)

Bodrum Kat Perde Duvar ve Kolon Betonlu Toplamı	80,14
Zemin+ 3 Normal kat Toplam	164,08
Toplam kiriş betonu	176,38
Toplam Döşeme Betonu	247,62
Toplam	668,22

Ek B Geleneksel ve Tünel Kalıp Sistem Demir Miktarı Hesap Tabloları

Tablo Ek B1. Geleneksel sistem demir hesabı

Kullanım yeri	Boy (m)	Birim ağırlık (m /kg)	Toplam ağırlık (kg)
1. Kat Döşeme Demiri Ø 8	7016,75	0,394	2764,6
1. Kat Kiriş Demiri Ø 8	1568,78	0,394	618,1
1. Kat Kolon Demiri Ø 8	8134,26	0,394	3204,9
2. Kat Döşeme Demiri Ø 8	7016,75	0,394	2764,6
2. Kat Kiriş Demiri Ø 8	2402,03	0,394	946,4
2. Kat Kolon Demiri Ø 8	4849,49	0,394	1910,7
3. Kat Döşeme Demiri Ø 8	7016,75	0,394	2764,6
3. Kat Kiriş Demiri Ø 8	2402,03	0,394	946,4
3. Kat Kolon Demiri Ø 8	5448,73	0,394	2146,8
4. Kat Döşeme Demiri Ø 8	7016,75	0,394	2764,6
4. Kat Kiriş Demiri Ø 8	2402,03	0,394	946,4
4. Kat Kolon Demiri Ø 8	5499,24	0,394	2166,7
5. Kat Döşeme Demiri Ø 8	7016,75	0,394	2764,6
5. Kat Kiriş Demiri Ø 8	2402,03	0,394	946,4
5. Kat Kolon Demiri Ø 8	5499,24	0,394	2166,7
Ø 8 Demiri Toplam	75691,62	0,394	29822,5
1. Kat Döşeme Demiri Ø 12	0,00	0,886	0
1. Kat Kiriş Demiri Ø 12	1360,84	0,886	1205,7
1. Kat Kolon Demiri Ø 12	2630,47	0,886	2330,6
2. Kat Döşeme Demiri Ø 12	0,00	0,886	0
2. Kat Kiriş Demiri Ø 12	1975,73	0,886	1750,5
2. Kat Kolon Demiri Ø 12	271,22	0,886	240,3
3. Kat Döşeme Demiri Ø 12	0,00	0,886	0
3. Kat Kiriş Demiri Ø 12	1945,71	0,886	1723,9
3. Kat Kolon Demiri Ø 12	753,50	0,886	667,6
4. Kat Döşeme Demiri Ø 12	0,00	0,886	0
4. Kat Kiriş Demiri Ø 12	1991,08	0,886	1764,1
4. Kat Kolon Demiri Ø 12	798,76	0,886	707,7
5. Kat Döşeme Demiri Ø 12	0,00	0,886	0
5. Kat Kiriş Demiri Ø 12	1955,19	0,886	1732,3
5. Kat Kolon Demiri Ø 12	730,70	0,886	647,4
Ø 12 Demiri Toplam	14413,21	0,886	12770,1
1. Kat Döşeme Demiri Ø 14	0,00	1,180	0
1. Kat Kiriş Demiri Ø 14	31,95	1,180	37,7
1. Kat Kolon Demiri Ø 14	0,00	1,180	0
2. Kat Döşeme Demiri Ø 14	0,00	1,180	0
2. Kat Kiriş Demiri Ø 14	232,37	1,180	274,2
2. Kat Kolon Demiri Ø 14	0,00	1,180	0

Devam ediyor

Tablo Ek B1' in devamı

3. Kat Döşeme Demiri Ø 14	0,00	1,180	0
3. Kat Kiriş Demiri Ø 14	243,47	1,180	287,3
3. Kat Kolon Demiri Ø 14	0,00	1,180	0
4. Kat Döşeme Demiri Ø 14	0,00	1,180	0
4. Kat Kiriş Demiri Ø 14	183,73	1,180	216,8
4. Kat Kolon Demiri Ø 14	0,00	1,180	0
5. Kat Döşeme Demiri Ø 14	0,00	1,180	0
5. Kat Kiriş Demiri Ø 14	149,41	1,180	176,3
5. Kat Kolon Demiri Ø 14	0,00	1,180	0
Ø 14 Demiri Toplam	840,93	1,180	992,3
1. Kat Döşeme Demiri Ø 16	0,00	1,406	0
1. Kat Kiriş Demiri Ø 16	0,00	1,406	0
1. Kat Kolon Demiri Ø 16	2633,78	1,406	3703,1
2. Kat Döşeme Demiri Ø 16	0,00	1,406	0
2. Kat Kiriş Demiri Ø 16	29,52	1,406	41,5
2. Kat Kolon Demiri Ø 16	2616,86	1,406	3679,3
3. Kat Döşeme Demiri Ø 16	0,00	1,406	0
3. Kat Kiriş Demiri Ø 16	103,20	1,406	145,1
3. Kat Kolon Demiri Ø 16	2076,60	1,406	2919,7
4. Kat Döşeme Demiri Ø 16	0,00	1,406	0
4. Kat Kiriş Demiri Ø 16	79,16	1,406	111,3
4. Kat Kolon Demiri Ø 16	1975,32	1,406	2777,3
5. Kat Döşeme Demiri Ø 16	0,00	1,406	0
5. Kat Kiriş Demiri Ø 16	9,32	1,406	13,1
5. Kat Kolon Demiri Ø 16	1807,18	1,406	2540,9
Ø 16 Demiri Toplam	11330,94	1,406	15931,3
Merdiven Demiri			
Ø 10	205,00	0,640	131,2
Ø 10	225,00	0,640	144
Ø 10	130,00	0,640	83,2
Ø 10	210,00	0,640	134,4
Ø 10	181,50	0,640	116,16
Ø 10	79,69	0,640	51
Ø 12	80,59	0,886	71,4
Ø 16	36,27	1,406	51
Ø 8	191,88	0,394	75,6
Toplam Merdiven Demiri			857,96

Tablo Ek B2. Geleneksel sistemde toplam demir miktarı

Mahal	Demir Çapı	ton
Bina Toplamı	Ø 8 Demiri	29,83
Bina Toplamı	Ø 12 Demiri	12,77
Bina Toplamı	Ø 14 Demiri	0,99
Bina Toplamı	Ø 16 Demiri	15,93
Bina Toplamı	Merdiven Demiri	0,86
Toplam Demir Miktarı		60,38

Tablo Ek B3. Tünel kalıp sistemde perde hasır çelik hesabı

Perde Hasırları	Tip	Adet	Hasırın Boyutları	1adet Kg	Toplam Kg
P1 PERDESİ	Q 158/158	144	325/175	13,31	1916,64
P1 PERDESİ	Q 158/158	48	267/175	10,93	524,64
P2 PERDESİ	Q 158/158	36	325/215	16,35	588,6
P2 PERDESİ	Q 158/158	12	325/115	8,74	104,88
P2 PERDESİ	Q 158/158	12	325/175	13,30	159,6
P2 PERDESİ	Q 158/158	12	267/215	13,23	158,76
P2 PERDESİ	Q 158/158	4	267/175	10,93	43,72
P2 PERDESİ	Q 158/158	4	267/115	7,18	28,72
P3 PERDESİ	Q 158/158	44	325/215	16,35	719,4
P3 PERDESİ	Q 158/158	8	325/160	12,16	97,28
P3 PERDESİ	Q 158/158	12	267/215	13,23	158,76
P3 PERDESİ	Q 158/158	4	267/160	9,99	39,96
P3 PERDESİ	Q 158/158	4	325/125	9,50	38
P3 PERDESİ	Q 158/158	4	325/107,5	8,17	32,68
P4 PERDESİ	Q 158/158	12	325/215	16,35	196,2
P4 PERDESİ	Q 158/158	12	325/107,5	8,17	98,04
P4 PERDESİ	Q 158/158	4	267/107,5	2,87	11,48
P4 PERDESİ	Q 158/158	4	267/215	13,23	52,92
P5 PERDESİ	Q 158/158	6	325/215	16,35	98,1
P5 PERDESİ	Q 158/158	6	325/115	8,74	52,44
P5 PERDESİ	Q 158/158	2	267/215	13,23	26,46
P5 PERDESİ	Q 158/158	2	267/115	7,18	14,36
P6 PERDESİ	Q 158/158	48	325/215	16,35	784,8
P6 PERDESİ	Q 158/158	16	267/215	13,23	211,68
P8 PERDESİ	Q 158/158	144	325/215	16,35	2354,4
P8 PERDESİ	Q 158/158	48	325/160	12,16	583,68
P8 PERDESİ	Q 158/158	48	267/215	13,23	635,04
P8 PERDESİ	Q 158/158	16	267/160	9,99	159,84
P9 PERDESİ	Q 158/158	68	325/215	16,35	1111,8
P9 PERDESİ	Q 158/158	2	267/215	13,23	26,46
P9 PERDESİ	Q 158/158	12	325/125	9,50	114
P9 PERDESİ	Q 158/158	4	267/125	7,81	31,24
P9 PERDESİ	Q 158/158	12	325/125	5,40	64,8
P9 PERDESİ	Q 158/158	4	267/125	4,43	17,72
P10 PERDESİ	Q 158/158	12	325/215	16,35	196,2
P10 PERDESİ	Q 158/158	4	267/215	13,23	52,92
P10 PERDESİ	Q 158/158	8	325/107,5	8,17	65,36
P11 PERDESİ	Q 158/158	1	215/180	9,05	9,05
Toplam					11580,63

Tablo Ek B4. Tünel kalıp sistem döşeme hasır çelik hesabı

Mahal adı	Tip	Adet	Hasırın Boyutları	İadet (kg)	Toplam (kg)
ALT DÖŞEME HASIRI 12.455 KOTU	R257	24	330/215	19,25	462,00
ALT DÖŞEME HASIRI 12.455 KOTU	R257	8	422/215	24,50	196,00
ALT DÖŞEME HASIRI 12.455 KOTU	R257	14	410/215	23,87	334,18
ALT DÖŞEME HASIRI 12.455 KOTU	R257	12	300/215	17,56	210,72
ALT DÖŞEME HASIRI 12.455 KOTU	R257	6	240/215	13,85	83,10
ALT DÖŞEME HASIRI 12.455 KOTU	R257	4	370/215	21,40	85,60
ALT DÖŞEME HASIRI 12.455 KOTU	R257	5	270/215	15,54	77,70
ÜST DÖŞEME HASIRI 12.455 KOTU	TR257	20	500/170	22,07	441,40
ÜST DÖŞEME HASIRI 12.455 KOTU	TR257	6	380/200	19,70	118,20
ÜST DÖŞEME HASIRI 12.455 KOTU	TR257	2	500/170 (1/4)	5,52	11,04
ÜST DÖŞEME HASIRI 12.455 KOTU	TR257	2	150/100	3,88	7,76
ÜST DÖŞEME HASIRI 12.455 KOTU	TR257	2	125/200	6,48	12,97
ÜST DÖŞEME HASIRI 12.455 KOTU	TR257	2	125/170	5,52	11,04
ÜST DÖŞEME HASIRI 12.455 KOTU	TR257	4	500/200	25,93	103,72
ÜST DÖŞEME HASIRI 12.455 KOTU	TR257	4	166/100	4,32	17,29
ALT DÖŞEME HASIRI 9.765 KOTU	R257	24	330/215	19,25	462,00
ALT DÖŞEME HASIRI 9.765 KOTU	R257	8	422/215	24,50	196,00
ALT DÖŞEME HASIRI 9.765 KOTU	R257	14	410/215	23,87	334,18
ALT DÖŞEME HASIRI 12.455 KOTU	R257	12	300/215	17,56	210,72
ALT DÖŞEME HASIRI 9.765 KOTU	R257	6	240/215	13,85	83,10
ALT DÖŞEME HASIRI 9.765 KOTU	R257	4	370/215	21,40	85,60
ALT DÖŞEME HASIRI 9.765 KOTU	R257	3	270/215	15,54	46,62
ÜST DÖŞEME HASIRI 9.765 KOTU	TR257	18	500/170	22,07	397,26
ÜST DÖŞEME HASIRI 9.765 KOTU	TR257	2	500/85	11,04	22,07
ÜST DÖŞEME HASIRI 9.765 KOTU	TR257	2	125/85	2,76	5,52
ÜST DÖŞEME HASIRI 9.765 KOTU	TR257	2	125/170	5,52	11,04
ÜST DÖŞEME HASIRI 9.765 KOTU	TR257	4	125/200	6,48	25,93
ÜST DÖŞEME HASIRI 9.765 KOTU	TR257	4	335/170	14,71	58,85
ÜST DÖŞEME HASIRI 9.765 KOTU	TR257	4	166/100	4,32	17,29
ÜST DÖŞEME HASIRI 9.765 KOTU	TR257	4	380/100	9,85	39,40
ÜST DÖŞEME HASIRI 9.765 KOTU	TR257	4	500/200	25,93	103,72
ÜST DÖŞEME HASIRI 9.765 KOTU	TR257	2	300/125	9,72	19,44
ÜST DÖŞEME HASIRI 9.765 KOTU	TR257	4	380/200	19,70	78,80
ALT DÖŞEME HASIRI 6.795 KOTU	R257	24	330/215	19,25	462,00
ALT DÖŞEME HASIRI 6.795 KOTU	R257	8	422/215	24,50	196,00
ALT DÖŞEME HASIRI 6.795 KOTU	R257	14	410/215	23,87	334,18
ALT DÖŞEME HASIRI 6.795 KOTU	R257	12	300/215	17,56	210,72
ALT DÖŞEME HASIRI 6.795 KOTU	R257	6	240/215	13,85	83,10
ALT DÖŞEME HASIRI 6.795 KOTU	R257	4	370/215	21,40	85,60
ALT DÖŞEME HASIRI 6.795 KOTU	R257	3	270/215	15,54	46,62
ÜST DÖŞEME HASIRI 6.795 KOTU	TR257	18	500/170	22,07	397,26
ÜST DÖŞEME HASIRI 6.795 KOTU	TR257	2	500/85	11,04	22,07
ÜST DÖŞEME HASIRI 6.795 KOTU	TR257	2	125/85	2,76	5,52
ÜST DÖŞEME HASIRI 6.795 KOTU	TR257	2	125/170	5,52	11,04
ÜST DÖŞEME HASIRI 6.795 KOTU	TR257	4	125/200	6,48	25,93
ÜST DÖŞEME HASIRI 6.795 KOTU	TR257	4	335/170	14,71	58,85
ÜST DÖŞEME HASIRI 6.795 KOTU	TR257	4	166/100	4,32	17,29

Devam ediyor

Tablo Ek B4'ün devamı

ÜST DÖŞEME HASIRI 6,795 KOTU	TR257	4	380/100	9,85	39,40
ÜST DÖŞEME HASIRI 6,795 KOTU	TR257	4	500/200	25,93	103,72
ÜST DÖŞEME HASIRI 6,795 KOTU	TR257	2	300/125	9,72	19,44
ÜST DÖŞEME HASIRI 6,795 KOTU	TR257	4	380/200	19,70	78,80
ALT DÖŞEME HASIRI 4,185 KOTU	R257	24	330/215	19,25	462,00
ALT DÖŞEME HASIRI 4,185 KOTU	R257	8	422/215	24,50	196,00
ALT DÖŞEME HASIRI 4,185 KOTU	R257	14	410/215	23,87	334,18
ALT DÖŞEME HASIRI 4,185 KOTU	R257	12	300/215	17,56	210,72
ALT DÖŞEME HASIRI 4,185 KOTU	R257	6	240/215	13,85	83,10
ALT DÖŞEME HASIRI 4,185 KOTU	R257	4	370/215	21,40	85,60
ÜST DÖŞEME HASIRI 4,185 KOTU	R257	3	270/215	15,54	46,62
ÜST DÖŞEME HASIRI 4,185 KOTU	TR257	18	500/170	22,07	397,26
ÜST DÖŞEME HASIRI 4,185 KOTU	TR257	2	500/85	11,04	22,07
ÜST DÖŞEME HASIRI 4,185 KOTU	TR257	2	125/85	2,76	5,52
ÜST DÖŞEME HASIRI 4,185 KOTU	TR257	2	125/170	5,52	11,04
ÜST DÖŞEME HASIRI 4,185 KOTU	TR257	4	125/200	6,48	25,93
ÜST DÖŞEME HASIRI 4,185 KOTU	TR257	4	335/170	14,71	58,85
ÜST DÖŞEME HASIRI 4,185 KOTU	TR257	4	166/100	4,32	17,29
ÜST DÖŞEME HASIRI 4,185 KOTU	TR257	4	380/100	9,85	39,40
ÜST DÖŞEME HASIRI 4,185 KOTU	TR257	4	500/200	25,93	103,72
ÜST DÖŞEME HASIRI 4,185 KOTU	TR257	2	300/125	9,72	19,44
ÜST DÖŞEME HASIRI 4,185 KOTU	TR257	4	380/200	19,70	78,80
ALT DÖŞEME HASIRI 1,395 KOTU	R257	24	330/215	19,25	462,00
ALT DÖŞEME HASIRI 1,395 KOTU	R257	8	422/215	24,50	196,00
ALT DÖŞEME HASIRI 1,395 KOTU	R257	14	410/215	23,87	334,18
ALT DÖŞEME HASIRI 1,395 KOTU	R257	12	300/215	17,56	210,72
ALT DÖŞEME HASIRI 1,395 KOTU	R257	6	240/215	13,85	83,10
ALT DÖŞEME HASIRI 1,395 KOTU	R257	4	370/215	21,40	85,60
ÜST DÖŞEME HASIRI 1,395 KOTU	R257	3	270/215	15,54	46,62
ÜST DÖŞEME HASIRI 1,395 KOTU	TR257	18	500/170	22,07	397,26
ÜST DÖŞEME HASIRI 1,395 KOTU	TR257	2	500/85	11,04	22,07
ÜST DÖŞEME HASIRI 1,395 KOTU	TR257	2	125/85	2,76	5,52
ÜST DÖŞEME HASIRI 1,395 KOTU	TR257	2	125/170	5,52	11,04
ÜST DÖŞEME HASIRI 1,395 KOTU	TR257	4	125/200	6,48	25,93
ÜST DÖŞEME HASIRI 1,395 KOTU	TR257	4	335/170	14,71	58,85
ÜST DÖŞEME HASIRI 1,395 KOTU	TR257	4	166/100	4,32	17,29
ÜST DÖŞEME HASIRI 1,395 KOTU	TR257	4	380/100	9,85	39,40
ÜST DÖŞEME HASIRI 1,395 KOTU	TR257	4	500/200	25,93	103,72
ÜST DÖŞEME HASIRI 1,395 KOTU	TR257	2	300/125	9,72	19,44
ÜST DÖŞEME HASIRI 1,395 KOTU	TR257	4	380/200	19,70	78,80
Toplam Döşeme Hasırı (kg)					10962,84

Tablo Ek B5. Tünel kalıp sistem toplam hasır çelik miktarı

Mahal	Ton
Toplam Perde Duvar Hasır	11,58
Toplam Döşeme Hasır Kg	10,96
Toplam Hasır Çelik Miktarı	22,54

Tablo Ek B6. Tünel kalıp sistem perde demir hesabı

Mahal	Çap	ADET	L (m)	Uzunluk (m)	m/kg	Toplam Kg
P11 PERDESİ	Ø 8	28	1,76	49,28	0,394	19,42
P11 PERDESİ	Ø 8	12	1,37	16,44	0,394	6,48
P11 PERDESİ	Ø 12	44	2,1	92,4	0,886	81,87
P11 PERDESİ	Ø 14	10	2,7	27	1,18	31,86
P9 PERDESİ	Ø 8	24	1,05	25,2	0,394	9,93
P9 PERDESİ	Ø 8	58	1,05	60,9	0,394	23,99
P9 PERDESİ	Ø 12	32	2,2	70,4	0,886	62,37
P9 PERDESİ	Ø 14	64	2,4	153,6	1,18	181,25
P9 PERDESİ	Ø 14	64	1	64	1,18	75,52
P9 PERDESİ	Ø 8	128	1,85	236,8	0,394	93,30
P9 PERDESİ	Ø 8	144	1,05	151,2	0,394	59,57
P8 PERDESİ	Ø 8	736	1,05	772,8	0,394	304,48
P6 PERDESİ	Ø 8	216	1,05	226,8	0,394	89,36
P4 PERDESİ	Ø 8	76	1,05	79,8	0,394	31,44
P5 PERDESİ	Ø 14	16	3,5	56	1,18	66,08
P5 PERDESİ	Ø 12	8	3,3	26,4	0,886	23,39
P5 PERDESİ	Ø 8	40	1,05	42	0,394	16,55
P5 PERDESİ	Ø 8	56	1,85	103,6	0,394	40,82
P3 PERDESİ	Ø 14	8	2,45	19,6	1,18	23,13
P3 PERDESİ	Ø 8	116	1,05	121,8	0,394	47,99
P2 PERDESİ	Ø 8	220	1,05	231	0,394	91,01
P2 PERDESİ	Ø 8	112	1,85	207,2	0,394	81,64
P1 PERDESİ	Ø 14	96	2,35	225,6	1,18	266,21
P1 PERDESİ	Ø 14	64	1	64	1,18	75,52
P1 PERDESİ	Ø 8	256	1,35	345,6	0,394	136,17
P1 PERDESİ	Ø 8	384	1,05	403,2	0,394	158,86
Toplam						2098,20

Tablo Ek B7. Tünel kalıp sistem merdiven demir hesabı

Çap	Adet	Uzunluk (m)	Toplam Uzunluk (m)	m/kg	kg
Ø 10	32	4,1	131,2	0,64	83,97
Ø 10	32	4,5	144	0,64	92,16
Ø 10	32	2,6	83,2	0,64	53,25
Ø 10	32	4,2	134,4	0,64	86,02
Ø 10	32	3,63	116,16	0,64	74,34
Ø 10	20	2,55	51	0,64	32,64
Ø 12	28	2,55	71,4	0,886	63,26
Ø 16	20	2,55	51	1,562	79,66
Ø 8	72	1,05	75,6	0,394	29,79
Toplam					595,08

Ek C Geleneksel ve Tünel Kalıp Sistem Sıva Miktarı Hesap Tabloları

1. tip dairenin planı EkD’de verilmiştir.

Tablo Ek C1. 1. tip daire sıva miktarı

Mahal	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Adet	Sıva (m ²)
Z10	3,68	2,7	2	19,87
Z10	3	2,7	1	8,10
Z10	2,5	2,7	1	6,75
Z10	1,4	1,45	1	2,03
Z10	0,9	0,6	1	0,54
Z07	6,56	2,7	2	35,42
Z07	2,9	2,7	1	7,83
Z07	1,7	2,7	1	4,59
Z07	2,1	1,45	1	3,05
Z07	0,9	0,6	1	0,54
Z09	4	2,7	2	21,60
Z09	1,8	2,7	1	4,86
Z09	1,3	2,7	1	3,51
Z09	1,4	1,45	1	2,03
Z08	4,7	2,7	2	25,38
Z08	2,1	2,7	1	5,67
Z08	1,6	2,7	1	4,32
Z08	1,4	1,45	1	2,03
Z12	1,8	2,7	2	9,72
Z12	3,13	2,7	1	8,45
Z12	2,32	2,7	1	6,26
Z12	0,9	0,6	1	0,54
Z06a	2,41	2,7	2	13,01
Z06a	2,49	2,7	2	13,45
Z11	1,96	2,7	1	5,29
Z11	1,67	2,7	2	9,02
Z11	0,9	0,6	1	0,54
Z11	2,26	2,7	1	6,10
Z11	0,9	0,6	3	1,62
Z11	0,2	2,7	1	0,54
Z03	1,49	2,7	1	4,02
Z03	0,9	0,6	2	1,08
Z03	1	0,6	1	0,60
Z03	0,81	0,6	2	0,97
Z03	1,66	2,7	1	4,48
Z03	0,6	2,7	1	1,62
Z03	0,65	2,7	1	1,76
Z05	1,86	2,7	1	5,02
Z05	1,05	2,7	1	2,84
Z05	0,81	0,6	1	0,49
Z05	1,25	2,7	2	6,75
Z04	1,25	2,7	2	6,75
Z04	1,32	2,7	1	3,56
Z04	0,41	2,7	1	1,11
Z04	0,81	0,6	1	0,49
TOPLAM				274,20

Toplam kapıcı dairesi ile birlikte 9 adet daire1 bulunmaktadır. $274,20 \times 9 = 2467,8 \text{ m}^2$

2. tip dairenin planı EkD'de verilmiştir.

Tablo Ek C2. 2. tip daire Sıva miktarı

MAHAL	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	ADET	SIVA m ²
Z08	4,7	2,7	2	25,38
Z08	2,1	2,7	1	5,67
Z08	1,6	2,7	1	4,32
Z08	1,4	1,45	1	2,03
Z09	4	2,7	2	21,60
Z09	1,8	2,7	1	4,86
Z09	1,3	2,7	1	3,51
Z09	1,4	1,45	1	2,03
Z10	4,54	2,7	2	24,52
Z10	2,53	2,7	1	6,83
Z10	3,03	2,7	1	8,18
Z10	0,9	0,6	1	0,54
Z07	6,56	2,7	2	35,42
Z07	2,9	2,7	1	7,83
Z07	1,7	2,7	1	4,59
Z07	2,1	1,45	1	3,05
Z07	0,9	0,6	1	0,54
Z12	1,8	2,7	2	9,72
Z12	3,13	2,7	1	8,45
Z12	2,32	2,7	1	6,26
Z12	0,9	0,6	1	0,54
Z11	1,4	2,7	1	3,78
Z11	2,1	2,7	1	5,67
Z11	1,1	2,7	1	2,97
Z11	0,2	2,7	1	0,54
Z11	0,9	0,6	3	1,62
Z11	3	2,7	1	8,10
Z11	2,14	2,7	1	5,78
Z11	0,81	0,6	1	0,49
Z03	1,66	2,7	1	4,48
Z03	1,44	2,7	1	3,89
Z03	0,7	2,7	1	1,89
Z06b	3,99	2,7	2	21,55
Z06b	1,2	2,7	2	6,48
Z05	1,86	2,7	1	5,02
Z05	1,05	2,7	1	2,84
Z05	0,81	0,6	1	0,49
Z05	1,25	2,7	2	6,75
Z04	1,25	2,7	2	6,75
Z04	1,32	2,7	1	3,56
Z04	0,41	2,7	1	1,11
Z04	0,81	0,6	1	0,49
TOPLAM				280,10

Toplam 8 adet daire 2 bulunmaktadır. $280,10 \times 8 = 2240,81 \text{ m}^2$

Tablo Ek C3 Merdiven boşluğu sıva hesabı

Mahal	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	ADET	Sıva (m ²)
Z02	4,66	2,7	2	25,16
Z02	2,6	2,7	2	14,04
Z02	1	0,6	4	2,40
Z02	3,08	2,7	2	16,63
Z02	2,4	0,6	2	2,88
Z02	1,8	2,7	1	4,86
Z02	0,6	0,6	1	0,36
TOPLAM				66,34

Toplam 4 adet merdiven boşluğu olduğundan $66,34 \times 4 = 265,34$

Tablo Ek C4. Dış sıva

Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Adet	Bina dış yüzey alanı m ²
20,06	13,02	2	522,36
26,08	13,02	2	679,12
4,15	13,02	2	108,07
Toplam bina dış yüzey alanı			1309,55

Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Adet	Pencere boşlukları m ²
1,4	1,25	48	84,00
2	1,25	16	40,00
Toplam pencere boşluğu			124,00

Toplam dış sıva alanı $1309,55 - 124 = 1185,55 \text{ m}^2$

ÖZGEÇMİŞ

Emine AYDIN 20 Eylül 1978 yılında Adapazarı'nda doğdu. İlk orta ve lise öğrenimini Sakarya'da tamamladı. 1997 yılında Sakarya Üniversitesi Sakarya Meslek Yüksek Okulundan mezun oldu. 1998 yılında Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümünü kazandı. 2002 yılında fakülte birincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine ve Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Halen Araştırma Görevliliğine ve Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir.