



T.C.

KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TÜNEL KALIP SİSTEMLERİNİN
KONVANSİYONEL KALIP SİSTEMLERİYLE
MALİYET VE SÜRE AÇISINDAN
KARŞILAŞTIRILMASI**

OĞUZ ÇALIŞKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KIRŞEHİR

2026



T.C.

KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TÜNEL KALIP SİSTEMLERİNİN
KONVANSİYONEL KALIP SİSTEMLERİ İLE
MALİYET VE SÜRE AÇISINDAN
KARŞILAŞTIRILMASI**

OĞUZ ÇALIŞKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Mehmet Mustafa ÖNAL

KIRŞEHİR

2026

KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesini okuduğumu ve anladığımı ve Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tez olarak sunduğum bu çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda bu konuda hakkımda yapılacak tüm yasal işlemleri ve aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarımı kabullendiğimi beyan ederim.

28/01/2026
Oğuz ÇALIŞKAN

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa No

İÇİNDEKİLER DİZİNİ	I
TEŞEKKÜR.....	III
ÖZET	IV
ABSTRACT	V
TABLolar DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VIII
1.GİRİŞ.....	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
3. MATERYAL VE METOT	7
3.1. Materyal	7
3.1.1. Konvansiyonel kalıp sistemi	7
3.1.2. Tünel kalıp sistemi	19
3.2. Metot	32
3.2.1. Projelendirme süreci	33
3.2.2. Metraj ve keşif hazırlığı	34
3.2.3. Maliyet analizi	34
3.3. Kazı ve Dolgu Maliyeti.....	54
3.4. Temel Maliyeti.....	54
3.5. Kalıp Maliyeti	55
3.5.1. Tünel kalıp sistem kalıp maliyeti	55
3.5.2. Konvansiyonel sistem kalıp maliyeti	56
3.6. Demir Maliyeti.....	58
3.7. Beton Maliyeti	60
3.8. Duvar Maliyeti	61
3.9. Sıva Maliyeti.....	63
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	67
4.1. Tünel Kalıp Sistem ile Konvansiyonel Kalıp Sisteminin Maliyet Açısından Karşılaştırılması	67
4.2. Tünel Kalıp Sistemi ile Konvansiyonel Kalıp Sistemi'nin İnşaat Süresi Açısından Karşılaştırılması	68
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	71

KAYNAKLAR	73
EKLER	75
EK-1 Kongre Katılım Belgesi	75
ÖZGEÇMİŞ	76

TEŞEKKÜR

Bu tezi hazırlamamda bana yardımcı olan değerli hocam sayın Prof. Dr. Mehmet Mustafa ÖNAL'a, değerli meslektaőlarım Yüksek İnşaat Mühendisi Enes YURTERİ ve İnşaat Mühendisi Anıl GÜLER'e, Mesa İmalat Sanayi ve Ticaret A.Ő. alıőanlarına ve benden manevi desteklerini eksik etmeyen kızıma ve eőim Ecz. Dilek Sultan ÇALIŞKAN'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Ocak, 2026

Oğuz ÇALIŞKAN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TÜNEL KALIP SİSTEMLERİNİN KONVANSİYONEL KALIP SİSTEMLERİ İLE MALİYET VE SÜRE AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Oğuz ÇALIŞKAN

KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Mustafa ÖNAL
Yıl: 2026 Sayfa:76
Jüri: Prof. Dr. Mehmet Mustafa ÖNAL
Prof. Dr. İlhami DEMİR
Dr. Öğr. Üyesi Durdu Mehmet ÖZCAN

Bu çalışma, günümüz inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan iki temel kalıp teknolojisi olan tünel kalıp sistemi ile konvansiyonel (geleneksel) kalıp sistemini teknik, yapım süreci ve maliyet açısından karşılaştırmalı olarak incelemektedir. Çalışmanın ilk bölümünde her iki kalıp sistemine ilişkin genel bilgiler verilmiş; sistemlerin tarihsel gelişimi, kullanım alanları, temel yapım ilkeleri ve uygulama süreçleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Ayrıca, bu sistemlerde kullanılan temel kalıp elemanları, malzeme türleri ve montaj süreçleri hakkında teknik bilgiler sunulmuştur. İncelemenin uygulama aşamasında ise, yaklaşık olarak benzer yapı alanlarına sahip fakat farklı mimari planlara göre tasarlanmış iki ayrı binanın, biri tünel kalıp sistemiyle diğeri ise konvansiyonel kalıp sistemiyle inşa edilmesi senaryosu üzerinden kapsamlı bir maliyet karşılaştırması yapılmıştır. Bu karşılaştırmada, malzeme tüketimi, işçilik giderleri, yapım süresi, kalıp döngüsü, iş programına etkisi ve toplam ekonomik verimlilik gibi parametreler dikkate alınarak her iki sistemin avantajları ve sınırlılıkları detaylı şekilde analiz edilmiştir. Sonuç olarak, her iki kalıp sisteminin de kendi koşulları içinde taşıdığı teknik ve ekonomik üstünlükleri olduğu, yapı ölçeği, proje süresi, tekrar sayısı ve tasarım karmaşıklığı gibi faktörlere bağlı olarak tercih edilmesi gereken sistemin değişebileceği vurgulanmıştır. Elde edilen bulgular, özellikle çok katlı konut projelerinde uygun kalıp sisteminin seçilmesi konusunda önemli bir rehber niteliği taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kalıp sistemi, İnşaat teknolojisi, Maliyet analizi

ABSTRACT

MASTER’S THESIS

A COMPARATIVE ANALYSIS OF TUNNEL FORMWORK SYSTEMS AND CONVENTIONAL FORMWORK SYSTEMS IN TERMS OF COST AND CONSTRUCTION DURATION

Oguz CALISKAN

**KIRŞEHİR AHI EVRAN UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**

**Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Mustafa ÖNAL
Year: 2026 Pages: 76
Juries: Prof. Dr. Mehmet Mustafa ÖNAL
Prof. Dr. İlhami DEMİR
Asst. Prof. Dr. Durdu Mehmet ÖZCAN**

This study presents a comparative analysis of two widely used formwork systems in today’s construction industry: the tunnel formwork system and the conventional (traditional) formwork system, focusing on technical aspects, construction processes, and cost. The first part of the study provides a general overview of both formwork systems, detailing their historical development, areas of application, fundamental construction principles, and implementation processes. In addition, technical information is presented regarding the primary formwork components, types of materials used, and assembly procedures associated with each system. In the application phase of the study, a comprehensive cost comparison was conducted based on a scenario involving two separate buildings with approximately similar floor areas but designed according to different architectural plans—one constructed using the tunnel formwork system and the other using the conventional formwork system. In this comparison, various parameters such as material consumption, labor costs, construction duration, formwork cycle, impact on the Vroject VrojectV, and overall economic efficiency were taken into account to analyze the advantages and limitations of both systems in detail. As a result, it has been emphasized that both formwork systems offer distinct technical and economic advantages under specific conditions, and that the choice between them may vary depending on factors such as building scale, Vroject duration, number of repetitions, and design complexity. The findings obtained from this study serve as a valuable guide for selecting the most appropriate formwork system, particularly in the context of multi-story residential projects.

Keywords: Formwork system, Construction technology, Cost analysis

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 3.1. Tünel kalıp sistemi ile yapılan binanın teknik özellikleri.....	34
Tablo 3.2. Konvansiyonel Kalıp Sistemi ile Yapılan Binanın Teknik Özellikleri	45
Tablo 3.3. Tünel Kalıp Sistemi Kazı Maliyeti	54
Tablo 3.4. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Kazı Maliyeti	54
Tablo 3.5. Tünel Kalıp Sistemi Temel Maliyeti Hesabı.....	55
Tablo 3.6. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Temel Maliyeti Hesabı.....	55
Tablo 3.7. Tünel Kalıp Sistem Kalıp malzemesi kalıp montajı ve Demir Montajı maliyeti ...	56
Tablo 3.8. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Kalıp Malzemesi Metrajı	57
Tablo 3.9. Konvansiyonel Kalıp Sistem Kalıp malzemesi, kalıp montajı, Demir Montajı mal.	58
Tablo 3.10. Tünel Kalıp Sistemi Demir Metrajı	58
Tablo 3.11. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Demir Metrajı	59
Tablo 3.12. Tünel Kalıp Sistemi ile Konvansiyonel Kalıp Sisteminin Demir Maliyeti Açısından Karşılaştırılması	59
Tablo 3.13. Tünel Kalıp Sistem Beton Miktarı.....	60
Tablo 3.14. Konvansiyonel Sistem Beton Miktarı.....	61
Tablo 3.15. Tünel kalıp sistem ile Konvansiyonel Kalıp Sistemin Beton Maliyeti Açısından Karşılaştırılması.....	61
Tablo 3.16. Tünel Kalıp Sistemi ile Yapılan Binanın Duvar Metrajı.....	62
Tablo 3.17. Konvansiyonel Kalıp Sistemi ile Yapılan Binanın Duvar Metrajı.....	62
Tablo 3.18. Tünel kalıp ile konvansiyonel kalıp sistemin duvar maliyetleri açısından karşılaştırılması	63
Tablo 3.19. Tünel Kalıp Sistem İç Sıva ve Dış Sıva Metrajı.....	64
Tablo 3.20. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Dış Sıva Metrajı.....	64
Tablo 3.21. Konvansiyonel Kalıp Sistemi İç Sıva Metrajı	65
Tablo 3.22. Tünel Kalıp Sistem ile Konvansiyonel Kalıp Sistemin Sıva Maliyeti Açısından Karşılaştırılması.....	65
Tablo 4.1. Maliyet Açısından Karşılaştırılması	68
Tablo 4.2. Tünel kalıp ile konvansiyonel kalıp sistemin inşaat yapım süreleri açısından karşılaştırılması	69
Tablo 4.3. Tünel kalıp ile konvansiyonel kalıp sistemin inşaat yapım sürelerinin 9 katlı bina için karşılaştırılması	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Konvansiyonel Kalıp Örneği	4
Şekil 1.2. Tünel Kalıp Sistemi Örneği	4
Şekil 3.1. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Örneği	8
Şekil 3.2. Konvansiyonel Kalıp Payanda Kurulumu	9
Şekil 3.3. Teleskobik Dikme Direk	9
Şekil 3.4. Konvansiyonel Kalıp Bağlantı Elemanı Çiroz.....	10
Şekil 3.5. Konvansiyonel Kalıp İskele Kurulumu	11
Şekil 3.6. Konvansiyonel Kalıp İskele Sistemi.....	17
Şekil 3.7. Şantiyelerde Kule Vinç Kullanımı Örneği.....	18
Şekil 3.8. Tünel Kalıp Sistemi ile İnşaat Edilen Bir Bina.....	20
Şekil 3.9. Tünel Kalıp Sistemi Yapı Elemanları (Mesa İmalat Firma Broşürleri)	21
Şekil 3.10. Tavan bağlantı elemanı	22
Şekil 3.11. Tünel Kalıp Montaj aşaması	24
Şekil 3.12. Tünel Kalıp Sisteminde Elektrik Tesisatı.....	25
Şekil 3.13. Tesisat Malzeme Örnekleri	26
Şekil 3.14. Tünel Kalıp Sistemi ve Kule Vinç Kullanımı.....	30
Şekil 3.15. Tünel Kalıp Sisteminde İskele Sistemi	31
Şekil 3.16. Tünel Kalıp Sistemi Temel Kalıp Planı	35
Şekil 3.17. Tünel Kalıp Sistemi Normal Katlar Kalıp Planı	36
Şekil 3.18. Tünel Kalıp Sistemi Bodrum Kat Planı	37
Şekil 3.19. Tünel Kalıp Sistemi Zemin Kat Planı.....	38
Şekil 3.20. Tünel Kalıp Sistemi Normal Katlar Planı.....	39
Şekil 3.21. Tünel Kalıp Sistemi Çatı Kat Planı.....	40
Şekil 3.22. Tünel Kalıp Sistemi Ön Cephe Görünüşü	41
Şekil 3.23. Tünel Kalıp Sistemi Arka Cephe Görünüşü	42
Şekil 3.24. Tünel Kalıp Sistemi Sağ Yan Cephe Görünüşü	43
Şekil 3.25. Tünel Kalıp Sistemi Sol Yan Cephe Görünüşü.....	44
Şekil 3.26. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Temel Kalıp Planı	46
Şekil 3.27. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Normal Katlar Kalıp Planı	47
Şekil 3.28. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Bodrum Kat Planı	48
Şekil 3.29. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Zemin Kat Planı.....	49
Şekil 3.30. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Normal Katlar Planı.....	50
Şekil 3.31. Konvansiyonel Kalıp Sistemi A-A Kesiti	51
Şekil 3.32. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Sağ Yan Cephe Görünüş	52
Şekil 3.33. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Sol Yan Cephe Görünüş.....	53

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
<i>FYD</i>	: Döşeme ve Perde Uç Donatısı
<i>Q</i>	: Hareketli Yük
<i>G</i>	: Ölü Yük
<i>R</i>	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
<i>Sds</i>	: Yer İvme Katsayısı
<i>ZC</i>	: Zemin Sınıfı

Kısaltmalar	Açıklama
KKS	: Konvansiyonel Kalıp Sistemi
PVC	: Poli Vinil Klorür
SPF	: Serbest Piyasa Fiyatı
TOKİ	: Toplu Konut İdaresi Başkanlığı
TKS	: Tünel Kalıp Sistemi

1. GİRİŞ

İnşaat sektörü, dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de ekonomik ve sosyal gelişimin temel dinamiklerinden biri olarak önemini korumaktadır. Özellikle şehirleşmenin hız kazandığı, nüfus yoğunluğunun arttığı ve buna paralel olarak yapı ihtiyacının yükseldiği günümüzde, yapı üretim süreçlerinin daha hızlı, ekonomik ve sürdürülebilir şekilde gerçekleştirilmesi büyük bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu noktada, yapı üretiminde kullanılan yöntem ve teknolojilerin önemi daha da belirgin hâle gelmektedir.

Kalıp sistemleri, betonarme yapı elemanlarının yerinde dökümü sırasında betonun şekillendirilmesini sağlayan geçici ya da tekrarlı kullanıma uygun yardımcı yapı elemanlarıdır. Beton henüz taze haldeyken istenilen formu kazanması, doğru ölçülerde yerleştirilmesi ve priz alma süresince desteklenmesi kalıp sistemleri aracılığıyla mümkün olmaktadır. Kalıplar, sadece geometrik şekil oluşturmakla kalmaz; aynı zamanda döküm esnasında betonun ağırlığını ve beton yerleştirme sırasında oluşan diğer kuvvetleri taşıyarak güvenli bir yapı üretimi sağlar.

İnşaat projelerinde kullanılan kalıp sistemleri, maliyetin ve sürenin büyük bir kısmını doğrudan etkileyen önemli bir yapı bileşenidir. Bu nedenle kalıp seçimi yapılırken; projenin büyüklüğü, tekrar sayısı, yapı tipi, işçilik maliyeti, zamana karşı duyulan hassasiyet ve malzeme temini gibi faktörler dikkate alınmalıdır.

Kalıp sistemi, betonun yeterli dayanımı kazanmasına kadar geçen süre zarfında maruz kalabileceği sabit, hareketli ve/veya çevresel etkilerden kaynaklanan tüm düşey, yatay ve eğik yükleri güvenli bir şekilde karşılayabilecek biçimde tasarlanmalıdır (Arslan, 1994).

Betonarme yapıların inşasında kalıp sistemleri hem yapının taşıyıcı sisteminin oluşturulmasında hem de iş programının verimli yönetilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Kalıp sisteminin türü, inşaat süresini, iş gücü ihtiyacını, maliyeti ve yapı kalitesini doğrudan etkilemektedir. Geleneksel olarak yaygın şekilde kullanılan konvansiyonel kalıp sistemleri, esnek kullanım imkânı sunması nedeniyle uzun yıllardır tercih edilmekle birlikte; işçilik maliyetlerinin yüksekliği, kurulum süresinin uzunluğu ve tekrar kullanım ömrünün sınırlı oluşu gibi nedenlerle bazı dezavantajlara da sahiptir.

Konvansiyonel kalıp sistemi, ahşap ya da çelik elemanlardan oluşan ve genellikle elle kurulup sökülen, esnek yapısıyla farklı geometrilere kolaylıkla uyarlanabilen geleneksel bir kalıp yöntemidir. Özellikle küçük ve orta ölçekli projelerde yaygın olarak

Tercih edilmektedir. Bu sistemin en önemli avantajı, mimari tasarıma esnek şekilde uyum sağlayabilmesi ve düşük ilk yatırım maliyetidir.

Ancak konvansiyonel sistemlerde işçilik yoğunluğu fazladır. Kurulum ve söküm süreleri nispeten uzundur ve üretim süreci büyük ölçüde ustalık gerektirir. Bu nedenle özellikle çok katlı ve tekrarlayan planlara sahip projelerde hem zaman hem de iş gücü açısından dezavantaj oluşturabilir. Ayrıca, tekrar kullanım ömrü sınırlı olduğundan uzun vadede maliyetler artabilmektedir.

Özellikle son yıllarda, iş gücü maliyetlerinin artması ve projelerin daha kısa sürede tamamlanması yönündeki baskılar, alternatif sistem arayışlarını beraberinde getirmiştir. Bu kapsamda öne çıkan tünel kalıp sistemi, endüstriyel ve hızlı inşaat çözümleri arasında yer almakta olup, özellikle çok katlı ve tekrarlayan planlara sahip konut projelerinde yaygınlık kazanmaktadır. Tünel kalıp sisteminde, duvar ve döşeme betonları aynı anda dökülerek yapı elemanları bir bütün olarak oluşturulur. Bu durum, hem iş programını ciddi anlamda kısaltmakta hem de yüksek iş güvenliği ve standart kalite sağlamaktadır. Ancak bu sistemin ilk kurulum maliyetinin yüksek oluşu, yatırımcılar açısından dikkatle değerlendirilmesi gereken bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tünel kalıp sistemi, duvar ve döşeme elemanlarının aynı anda betonlanmasına olanak sağlayan, büyük ölçüde çelikten üretilen ve endüstriyel inşaatlarda sıklıkla tercih edilen bir kalıp sistemidir. Genellikle çok katlı konut projelerinde, seri ve tekrarlayan üretim gerektiren yapılarda büyük avantaj sağlar.

İstatistik bilgilerine göre kaba inşaatın toplam maliyetinin ortalama %45'i işçilik, %55'i de malzemedir. Betonarme bir yapıda kaba inşaat maliyetinin %60'lık bir kısmı kalıp maliyetidir. Kaba inşaatında maliyetin yaklaşık %40'ı işçilik, %20'si kalıp maliyeti %40'ı da beton malzemesidir (Tepebaş, 2010).

İlk yatırım maliyeti yüksek olduğundan, tünel kalıplarının tekrarlanan kullanımının uygulanabildiği projelerde idealdir. Tekrarlanan adımlar ne kadar çok ise bu sistemin sağladığı ekonomik faydalar o kadar çoğalacaktır. Bu nedenle projelendirme tünel kalıp sisteminin bütün avantajlarından yararlanılacak şekilde yapılmalıdır (Tepebaş, 2010).

Bu sistemin en belirgin avantajı, iş programını önemli ölçüde kısaltmasıdır. Uygun şartlar sağlandığında, her gün bir kat tamamlanabilecek hızda üretim yapılabilmektedir. Aynı zamanda iş gücü verimliliği artar, yapı kalitesi standardize edilir ve şantiye ortamında daha güvenli bir çalışma alanı oluşturulur. Tünel kalıp sisteminin yüksek ilk yatırım maliyeti, proje başında dezavantaj gibi görünse de, hızlı üretim süreci ve tekrar

kullanılabilirliği sayesinde uzun vadede bu maliyeti dengeleyebilmektedir. Bir yapının toplam inşaat maliyetinin yaklaşık %40'ı kaba inşaat, kalan %60'ı ise ince inşaat kalemlerinden oluşmaktadır. Kaba inşaat maliyeti kendi içinde değerlendirildiğinde; yaklaşık %40'ı işçilik giderlerinden, %20'si kalıp sistemine ilişkin maliyetlerden ve %40'ı da beton malzeme giderlerinden oluşmaktadır. Bu dağılımdan da anlaşılacağı üzere, işçilik ve kalıp maliyetleri, toplam inşaat maliyetleri içinde kayda değer bir paya sahiptir. Dolayısıyla, kalıp malzemesi miktarının azaltılması ve işçilik gereksiniminin en aza indirilmesi, toplam maliyetlerin düşürülmesine önemli katkı sağlayacaktır (Kıncal, 2006).

Bu bağlamda, kalıp sisteminin seçiminde sadece miktar değil, aynı zamanda malzemenin dayanıklılığı ve yeniden kullanım potansiyeli gibi unsurlar da göz önünde bulundurulmalıdır. Projelendirme aşamasında, kalıp sistemi ve işçilik koşulları dikkatle değerlendirilerek uygun sistemin tercih edilmesi hem maliyet etkinliği hem de yapım sürecinde hız ve verimlilik açısından önemli kazanımlar sağlayacaktır.

Kalıp sisteminin seçimi, projenin hem ekonomik hem de zamansal başarısını doğrudan etkileyen kritik bir karardır. Uygun kalıp sisteminin tercih edilmesi; iş programının aksamadan ilerlemesini sağlar, işçilik maliyetlerini düşürür, yapım kalitesini artırır ve şantiye güvenliğini destekler. Bu nedenle kalıp seçimi, yalnızca mühendislik açısından değil, aynı zamanda ekonomik planlama ve yönetim açısından da değerlendirilmelidir.

Depremlerin yapı tasarımında göz önünde bulundurulması gereken en önemli etken ise taşıyıcı düşey elemanların ve döşemelerin depremde kaynaklı gelen yükler altında göstermiş olduğu dirençtir (Laz, 2022).

Yapı maliyetlerinin henüz tasarım aşamasında öngörülebilmesi, özellikle yapıların fiziksel ve geometrik niteliklerinin maliyet üzerindeki etkilerinin analiz edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Farklı fiziksel ve biçimsel özelliklere sahip binaların, bu niteliklere bağlı olarak farklı maliyetlere sahip olması, söz konusu etkiyi daha da anlamlı kılmaktadır. Bu bağlamda, maliyeti artırabilecek unsurların tasarım sürecinde önceden tespit edilerek gerekli düzenlemelerin yapılması, hem inşaat sürecinde karşılaşılabilecek ekonomik zorlukların önüne geçilmesine hem de benzer özelliklerde daha işlevsel ve maliyet açısından verimli yapıların inşa edilmesine olanak tanıyacaktır (Türkel, 2016).

Bu çalışmada, yapı üretim sürecinde sıkça karşılaştırılan iki temel kalıp sistemi olan tünel kalıp (Şekil 1.1) ve konvansiyonel kalıp sistemleri (Şekil 1.2); maliyet ve süre

açısından ele alınarak, aralarındaki farkların somut verilerle ortaya konulması amaçlanmaktadır. Tez kapsamında hem teorik bilgiye dayalı analizler hem de uygulama örneklerinden elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Böylece, hangi sistemin hangi koşullarda daha avantajlı olduğu konusunda daha sağlıklı ve bilinçli bir tercih yapılabilmesi hedeflenmiştir.

Yapılan bu karşılaştırmalı analiz, sadece akademik bir çalışma olarak kalmayıp, aynı zamanda sahada çalışan mühendis, müteahhit ve yatırımcılar için de yol gösterici nitelikte bir kaynak olmayı amaçlamaktadır. Sektörde karar vericilerin daha verimli, ekonomik ve sürdürülebilir tercihler yapabilmesi adına bu tez çalışmasının katkı sunacağı düşünülmektedir.



Şekil 1.1. Konvansiyonel Kalıp Örneği



Şekil 1.2. Tünel Kalıp Sistemi Örneği

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Balkabak (1998) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, tünel kalıp sistemlerine ilişkin kapsamlı bilgiler sunulmuş; bu sistemin yapısal karakteristikleri, uygulama prensipleri ve kullanım alanları ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Araştırma, özellikle sistemin endüstriyel yapı üretim süreçlerinde sağladığı hız, iş gücü optimizasyonu ve tekrar kullanıma uygunluğu gibi avantajları vurgulamaktadır.

Korur (2004) tarafından gerçekleştirilen yüksek lisans tezinde, tünel kalıp sistemi uygulamalarında karşılaşılan teknik sorunlar ve bu sorunlara yönelik geliştirilen çözüm önerileri ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmada, özellikle toplu konut üretiminde, bu sistemin sağladığı inşaat hızının artırılması, deprem güvenliği, iş gücü verimliliği, kalite sürekliliği ve ekonomik avantajlar nedeniyle yaygın olarak tercih edildiği vurgulanmıştır. Bununla birlikte, uygulama sürecinde ortaya çıkan çeşitli teknik sorunlara da dikkat çekilmiştir. Özellikle bodrum katlarda kalıp montajında yaşanan güçlükler, beton dökümü sırasında karşılaşılan zorluklar, prekast cephe birleşim noktalarındaki uyumsuzluklar ve ısı ile ses yalıtımı eksiklikleri çalışmada detaylı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, tünel kalıp sisteminin duvar ve döşemeleri tek seferde bütünleşik olarak dökme imkânı sunması sayesinde elde edilen monolitik yapı formunun, yapının deprem ve yangına karşı dayanımını artırdığı, aynı zamanda düzgün yüzeyli beton üretimi sayesinde son işlemlerde zaman ve maliyet tasarrufu sağladığı ifade edilmiştir.

Memiş (2004) tarafından yapılan çalışmada, betonarme yapıların inşasında yaygın olarak kullanılan geleneksel ve modern kalıp sistemlerine ilişkin genel bilgiler sunulmuştur. Araştırmada, her iki sistem teknik özellikleri, uygulama biçimleri ve yapım sürecine olan etkileri açısından karşılaştırmalı olarak ele alınmış; özellikle iş gücü gereksinimi, uygulama kolaylığı, maliyet ve zaman tasarrufu gibi temel farklılıklar detaylandırılmıştır.

Laz (2022) tarafından yürütülen tez çalışmasında, TOKİ tarafından Malatya'da hayata geçirilen deprem konutu projesi kapsamlı biçimde incelenmiştir. Çalışmada, öncelikle söz konusu yapı tünel kalıp sistemi kullanılarak modellenmiş ve bu yöntemle gerçekleştirilen inşaatın maliyeti ile tamamlanma süresi hesaplanmıştır. Ardından, aynı proje bir yazılım aracılığıyla konvansiyonel kalıp sistemine dönüştürülerek benzer hesaplamalar tekrar yapılmıştır. Elde edilen bulgular, özellikle tekrarlı konut üretiminde

tünel kalıp sisteminin hem zaman hem maliyet hem de kalite açısından ciddi avantajlar sunduğunu göstermiştir.

Tepebaş (2010) tarafından yapılan çalışmada, çağdaş yapı üretim tekniklerinden biri olan tünel kalıp sistemi detaylı biçimde ele alınmıştır. Araştırmada, bu sistemin teknik özellikleri, uygulama alanları ve inşaat sürecine sağladığı yapım hızı, iş gücü optimizasyonu ve kalite artışı gibi katkılar ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde ise, benzer yapı alanlarına sahip ancak farklı mimari planlamalarla tasarlanmış iki ayrı yapı örneği üzerinden, tünel kalıp sistemi ile konvansiyonel kalıp sistemi karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Bu karşılaştırma kapsamında, her iki sistemin malzeme kullanımı, işçilik giderleri, uygulama süresi ve maliyet etkinliği açısından performansları değerlendirilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu bölümde öncelikle günümüzde en sık kullanılan Konvansiyonel kalıp sistemi ve Tünel kalıp sistemlerinden genel olarak bahsedilmiştir ve daha sonra ise mimari yapısı birbirine benzeyen iki adet 7 katlı bina üzerinde metraj çıkartılarak maliyet ve süre analizi yapılmıştır.

3.1.1. Konvansiyonel kalıp sistemi

Kalıp sistemleri, betonarme yapıların inşasında vazgeçilmez bir yere sahiptir ve tarihsel süreç içerisinde teknolojik gelişmelere bağlı olarak önemli değişimler geçirmiştir. Konvansiyonel kalıp sistemleri, bu gelişim sürecinde en uzun süre kullanılan ve halen yaygın şekilde tercih edilen yöntemlerden biri olma özelliğini korumaktadır.

Geleneksel kalıp sistemlerinin kökeni, betonarme yapıların inşasında betonun kalıplanarak şekillendirilmesi gerekliliği ile birlikte 19. yüzyılın sonlarına dayanmaktadır. İlk dönemlerde tamamen ahşap elemanlardan oluşan kalıplar, zaman içerisinde ihtiyaçlara ve şartlara bağlı olarak gelişmiş; çelik destekli ahşap sistemler, kontrplak yüzeyler ve modüler elemanlar ile daha dayanıklı ve tekrar kullanılabilir hale getirilmiştir.

20. yüzyılın ortalarına gelindiğinde, konvansiyonel kalıp sistemleri özellikle konut, okul, hastane ve benzeri yapılar gibi çok katlı olmayan yapılarda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Sistem, sunduğu esneklik sayesinde farklı mimari tasarımlara uyum sağlama açısından büyük avantaj sunmuştur. Bu özellik, mimari çeşitliliğin ön planda olduğu projelerde konvansiyonel kalıp sistemlerinin tercih edilmesinde etkili olmuştur.

Her ne kadar günümüzde endüstriyel kalıp sistemleri, büyük projelerde hız ve maliyet avantajı nedeniyle ön plana çıkmış olsada, konvansiyonel sistemler hâlâ küçük ve orta ölçekli inşaat projelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle düşük iş gücü maliyetine sahip bölgelerde ve özel tasarıma sahip yapıların inşasında, bu sistemler ekonomik ve pratik bir çözüm sunmaktadır.

Konvansiyonel kalıp sistemleri, geleneksel kalıp teknolojilerinin daha geliştirilmiş bir versiyonu olarak yapı sektöründe kullanılmaktadır. Özellikle Türkiye'deki konut projelerinde yaygın bir biçimde tercih edilen bu sistem, klasik inşaat uygulamalarında en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Ancak, tünel kalıp sistemleriyle

karşılaştırıldığında ilerleme hızı daha düşüktür; bunun yanı sıra üretim maliyetlerinin daha yüksek olması ve iş gücü ihtiyacının fazlalığı, sistemin ekonomik açıdan daha dezavantajlı olmasına neden olmaktadır (Şahin, 1990).

Sonuç olarak, Şekil 3.1.'de örneği görülen konvansiyonel kalıp sistemleri, inşaat teknolojilerindeki ilerlemelere rağmen güncelliğini koruyan ve yapı üretiminde önemli bir rol oynamaya devam eden geleneksel bir yöntemdir.



Şekil 3.1. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Örneği

Konvansiyonel kalıp sistemi, betonarme yapıların geleneksel yöntemlerle inşa edilmesinde uzun yıllardır kullanılan ve hâlen birçok projede geçerliliğini koruyan bir yapıım sistemidir. Bu sistemde kullanılan elemanlar, çoğunlukla ahşap, kontrplak, çelik veya alüminyum gibi malzemelerden imal edilir ve betonarme elemanların şekillendirilmesinde doğrudan rol oynar. Konvansiyonel kalıp sisteminde kullanılan yapı elemanlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Kalıp yüzeyi (kaplama malzemesi); kalıbın betonla doğrudan temas eden yüzeyidir. Genellikle kontrplak, ahşap kaplama levha, çelik plaka ya da plastik esaslı yüzey kaplamaları kullanılır. Kaliteyi doğrudan etkileyen bu yüzeyin düzgün, suya dayanıklı ve yeterince rijit olması gereklidir. Yüzey düzgünlüğü sayesinde betonun estetik kalitesi de artar.

2. Taşıyıcı elemanlar (takoz, kadron, payanda); kalıp sisteminin iskeletini oluşturan taşıyıcı elemanlardır. Ahşap takozlar, kadronlar (kutu profiller), çelik destekler ve çapraz payandalar, kalıbın ağırlığını, taze betonun basıncını ve döküm sırasında oluşan kuvvetleri güvenli bir şekilde taşımak için kullanılır. Kalıbın çökmesini ya da şekil

bozulmasını engelleyen bu elemanlar sistemin stabilitesini sağlar. Şekil 3.2. de konvansiyonel sistem payanda montaj örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Konvansiyonel Kalıp Payanda Kurulumu

3. Dikmeler (ayaklar); döşeme kalıplarında, kalıbın düşey taşıyıcılığını sağlamak için kullanılan elemanlardır. Ahşap ya da çelik dikme şeklinde olabilirler. Teleskopik dikmeler özellikle yüksekliğe göre ayarlanabilir olmalarıyla avantaj sağlar. Şekil 3.3 de teleskobik direk örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Teleskobik Dikme Direk

4. Kiriş kalıbı elemanları; kirişler için özel kalıp düzenekleri hazırlanır. Alt kalıp (taban), yan kalıplar ve başlık kalıpları bu sistem içinde yer alır. Özellikle döşeme-kiriş birleşim yerlerinde, sızdırmaz ve rijit bir kurulum yapılması büyük önem taşır.

5. Bağlantı elemanları (çivi, vida, takoz, mengene,çiroz); ahşap veya çelik parçaların birleştirilmesinde çivi, vida, somunlu saplama, kelepçe ve menteşeli bağlantı elemanları kullanılır. Bu parçalar kalıp sisteminin düzgün durmasını ve montaj-söküm işlemlerinin kolayca yapılabilmesini sağlar. Şekil 3.4.'te çiroz örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Konvansiyonel Kalıp Bağlantı Elemanı Çiroz

6. Donatı destek elemanları; beton dökümü sırasında donatının yerinden oynamaması için destekleyici olarak kullanılan sehpa, distansiyer ve benzeri elemanlar da kalıp sistemine entegre biçimde yerleştirilir.

7. Yağlama ve kalıp ayırıcı malzemeler; betonun kalıba yapışmasını engellemek amacıyla kalıp yüzeyine uygulanan yağlayıcı sıvılar veya spreyleyler, kalıbın daha kolay sökülmesini sağlar bu hem kalıp yüzeylerinin ömrünü uzatır hem de beton yüzey kalitesini artırır.

8. İskele ve platformlar; kalıpların kurulumu, donatı yerleştirme ve beton dökme işlemlerinin güvenli şekilde yapılabilmesi için geçici iskele sistemleri ve platformlar kurulur. Bu yapılar genellikle çelik borulardan oluşur ve iş güvenliği açısından büyük önem taşır.

Konvansiyonel kalıp sistemi, betonarme yapıların yerinde dökümle inşa edilmesinde uzun yıllardır kullanılan ve sahada ustalıklarla kurulan geleneksel bir sistemdir. Montaj süreci büyük ölçüde işçilik ağırlıklı olup, malzeme seçimi, doğru ölçülendirme ve dikkatli uygulama gerektirir. Aşağıda tipik bir konvansiyonel kalıp sisteminin montaj aşamaları sırasıyla açıklanmıştır. Şekil 3.5'te konvansiyonel kalıp iskele kurulumuna örnek verilmiştir.



Şekil 3.5. Konvansiyonel Kalıp İskele Kurulumu

1. Montaj süreci başlamadan önce şantiyede temel veya döşeme düzlemi hazırlanır. Kalıpların yerleşimi için mimari ve statik projeler incelenir; kolon, kiriş ve duvar gibi taşıyıcı elemanların yerleri işaretlenir. Zemin yüzeyi düzgün olmalı, malzeme stok sahaları belirlenmiş olmalıdır.

2. Kullanılacak ahşap, kontrplak, çelik ya da alüminyum kalıp elemanları ölçülere göre sahada kesilir ve hazırlanır. Özellikle kalıp yüzeylerinin düzgün olması, beton kalitesi açısından önemlidir. Gerekli bağlantı elemanları (çivi, vida, kelepçe vb.) bu aşamada temin edilir.

3. Yapının düşey taşıyıcı elemanları olan kolon ve perde duvarların kalıpları önce yerleştirilir. Dört yüzeyli bir kutu form oluşturularak içerisine donatı yerleştirilir. Kalıp dikliği şakul yardımıyla kontrol edilir. Kalıplar, payanda ya da destek çubuklarla sabitlenir.

4. Kolonlar arası geçişleri sağlayan kirişlerin alt ve yan kalıpları monte edilir. Kiriş kalıpları taşıyıcı dikmeler üzerine oturtulur ve yanlardan desteklenir. Alt kalıp döşeme ile hizalı olmalı, beton ağırlığını taşıyabilecek sağlamlıkta olmalıdır.

5. Kirişler arası açıklıklarda döşeme kalıbı kurulur. Bu kalıp genellikle ahşap veya kontrplak kaplama ile desteklenmiş kirişli sistemlerden oluşur. Altına teleskopik dikmeler veya ahşap payandalar yerleştirilerek döşeme kalıbının sehim yapması önlenir. Döşeme eğimleri (varsa) kalıpla verilmelidir.

6. Kalıplar tamamlandıktan sonra betonarme elemanların iç donatıları yerleştirilir. Donatılar yerleştirilirken beton örtü paylarına dikkat edilir. Donatıların kalıba temas etmemesi için distansiyer (aralık koyucu) kullanılmalıdır.

7. Betonun kalıba yapışmasını önlemek amacıyla kalıp yüzeyleri özel ayırıcı yağlarla kaplanır. Bu işlem kalıbın kolay sökülmesini sağlarken, beton yüzey kalitesini de artırır. Yağlamada aşırıya kaçılmamalı, donatılara bulaştırılmamalıdır.

8. Tüm kalıplar yerleştirildikten sonra; diklik, seviye, bağlantı elemanlarının sağlamlığı ve sızdırmazlık durumu kontrol edilir. Beton dökümüne geçmeden önce gerekli güvenlik önlemleri alınır.

Konvansiyonel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılarda, betonarme elemanlar yerinde döküldüğü için elektrik tesisatlarının bu sürece entegre şekilde planlanması büyük önem taşır. Elektrik tesisatının beton dökümüyle birlikte yerleştirilmesi, hem sonradan yapılacak kırma-dökme gibi işçilikleri ortadan kaldırır hem de maliyet ve zaman açısından avantaj sağlar. Ancak sistemin elle kurulması ve detaylarının sahada şekillendirilmesi, elektrik uygulamalarında ekstra dikkat gerektirir.

Aşağıda, konvansiyonel kalıp sistemiyle yapılan bir yapıda elektrik tesisatının genel uygulama aşamaları açıklanmıştır.

Konvansiyonel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılarda elektrik tesisatı uygulamalarına başlanmadan önce, mimari ve elektrik projeleri ayrıntılı biçimde incelenir. Bu inceleme sürecinde priz, anahtar, buat ve aydınlatma armatürleri gibi tesisat elemanlarının konumları belirlenir ve bu noktalar kalıp üzerinde şablonlar veya işaretlemeler yardımıyla işaretlenir. Böylece uygulamanın projeye uygun şekilde ilerlemesi sağlanır. Elektrik tesisatında kullanılacak kablo geçiş boruları, projede belirtilen çap ve özelliklere uygun olarak PVC veya spiral borulardan hazırlanır. Gerekli dönüş parçaları oluşturularak borular beton dökümü sırasında kalıp içinde kalacak şekilde planlanır. Hazırlanan borular, kolon, kiriş ve döşeme kalıplarının içine yerleştirilir ve genellikle kalıp yüzeyinin arkasına veya içine sabitlenir. Sabitleme işlemlerinde çivi, tel ya da plastik kelepçe gibi yardımcı elemanlar kullanılır. Boruların düzgün ve kesintisiz bir güzergâh boyunca ilerlemesi, beton dökümünden sonra kablo çekme işlemlerinin sorunsuz yapılabilmesi açısından büyük önem taşır. Proje doğrultusunda belirlenen noktalara priz, anahtar ve buat kutuları kalıp içerisine sabitlenir. Bu kutuların beton dökümünden sonra yüzeye sıfır seviyede ve açıkta kalacak şekilde yerleştirilmesi gerekir. Kutuların doğru konumlandırılması, şablon kullanılarak hizalanması ve yüzey düzgünlüğünün sağlanması, tesisatın estetik ve işlevsel açıdan uygun olmasını sağlar.

Tüm boru ve kutu montajları tamamlandıktan sonra beton dökümünden önce son kontroller gerçekleştirilir. Boru uçları, betonun içeri girmesini önlemek amacıyla tıkanır ve boruların ezilmemesi için gerekli destekler sağlanır. Ayrıca tesisat güzergâhı boyunca kırılma, sıkışma veya yerinden oynama gibi olası sorunlar kontrol edilir. Hazırlık aşamalarının tamamlanmasının ardından beton dökümüne geçilir. Beton dökümü sırasında vibratör kullanımına dikkat edilmesi gerekir; aşırı vibrasyon, tesisat borularının veya kutuların yer değiştirmesine neden olabilir. Bu nedenle elektrik tesisatı döşenmiş alanlarda döküm sürecinin kontrollü şekilde ve gözetim altında yapılması önerilir. Beton prizini aldıktan sonra kalıplar sökülür ve tesisat boruları ile kutuların yerlerinde doğru şekilde kaldığı kontrol edilir. Ardından borular içerisinden kablolar çekilerek elektriksel bağlantılar yapılır. Uygulama tamamlandıktan sonra gerekli test ve ölçümler gerçekleştirilerek elektrik tesisatının güvenli ve işlevsel bir şekilde çalıştığı doğrulanır.

Konvansiyonel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılarda, mekanik tesisat uygulamaları özellikle temiz su, atık su ve havalandırma boruları betonarme imalatla uyum içinde planlanmalıdır. Ancak bu sistemde kalıplar genellikle sahada elle hazırlandığı ve esnek çözümler sunduğu için, mekanik tesisat yerleşimi tünel kalıp sistemine göre daha fazla dikkat ve ustalık gerektirir. Uygulama doğru yapıldığında hem yapının bütünlüğü korunur hem de sonradan oluşabilecek kesme, kırma gibi zahmetli işlemlerin önüne geçilmiş olur.

Aşağıda konvansiyonel kalıp sisteminde mekanik tesisatın temel uygulama adımları açıklanmıştır.

Konvansiyonel kalıp sistemi kullanılan yapılarda mekanik tesisat uygulamalarına başlanmadan önce, mekanik tesisat projesi ayrıntılı biçimde incelenir. Bu aşamada tesisat borularının geçeceği güzergâhlar, kolon ve kiriş gibi taşıyıcı elemanlarla çakışmayacak şekilde belirlenir. Özellikle atık su tesisatında kullanılan büyük çaplı borular için gerekli yerleşim mesafelerinin betonarme proje ile uyumlu hâle getirilmesi büyük önem taşır. Temiz su, atık su ve havalandırma hatlarında kullanılacak borular, projede belirtilen çap ve malzeme türüne uygun olarak sahada hazırlanır. Bu amaçla PVC, PPRC veya PE gibi yaygın tesisat malzemeleri tercih edilir. Eğime ihtiyaç duyulan hatlarda, özellikle atık su tesisatında, boruların doğru açılarla kesilmesi ve bağlantı parçalarının uygun şekilde hazırlanması sistemin sağlıklı çalışması açısından kritik bir husustur. Betonarme elemanların içinde doğrudan tesisat borusu bırakılması yerine çoğunlukla kılıf boru yöntemi uygulanır. Bu yöntemde çelik, PVC veya kalın plastikten imal edilen kılıflar kalıp içerisine yerleştirilerek beton dökümü sırasında boru geçişleri için boşluk

oluşturulur. Beton prizini aldıktan sonra asıl tesisat boruları bu kılıflar içerisinde geçirilerek montaj gerçekleştirilir. Böylece hem boruların zarar görmesi önlenir hem de olası tadilatlar kolaylaştırılır. Hazırlanan borular veya kılıf borular, kalıp yüzeyine çelik tel, kelepçe ya da sabitleyici takozlar yardımıyla sağlam bir şekilde tutturulur. Bu sabitleme işlemi sırasında boruların beton dökümü esnasında yer değiştirmemesi sağlanır. Özellikle döşeme altı ve kolon içinden geçen tesisatların, donatı ile çakışmamasına ve betonarme elemanların taşıyıcılığını olumsuz etkilememesine dikkat edilmelidir. Lavabo, batarya, klozet ve benzeri sıhhi tesisat elemanlarına ait temiz su ve atık su bağlantı noktalarında kullanılacak tesisat kutuları veya bağlantı parçaları, projeye uygun olarak kalıp içine yerleştirilir. Bu elemanların konumları, kotları ve hizaları hassasiyetle ayarlanmalıdır. Aksi takdirde uygulamanın ilerleyen aşamalarında hizalama ve montaj sorunlarıyla karşılaşılması kaçınılmaz olur. Tüm boru ve bağlantı elemanları yerleştirildikten sonra beton dökümüne geçilmeden önce kapsamlı bir son kontrol yapılır. Boru ağzları betonun içeri girmesini önlemek amacıyla kapatılır ve tesisat elemanlarının deformasyona uğramaması için sabitleme noktaları yeniden gözden geçirilir. Güzergâh boyunca herhangi bir gevşeme, kırılma veya uygunsuzluk olup olmadığı kontrol edilir. Kontrol sürecinin tamamlanmasının ardından beton döküm işlemi gerçekleştirilir. Betonun vibrasyonla sıkıştırılması sırasında tesisat borularına zarar verilmemesine özen gösterilmeli, kalıp içerisinde boru veya kılıfların yer değiştirip değiştirmediği sürekli olarak gözlemlenmelidir. Betonun prizini almasının ardından kalıplar sökülür ve tesisat kutuları ile boru uçları ortaya çıkarılır. Bu aşamadan sonra tesisat uygulayıcıları, kılıf borular içerisinde ana tesisat borularını geçirerek dağıtım hatlarını oluşturur. Son olarak vitrifiye elemanları ve armatür bağlantıları yapılarak mekanik tesisat uygulaması tamamlanır.

Konvansiyonel kalıp sisteminin avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Esnek kullanım imkanı; konvansiyonel kalıp sistemi, mimari açıdan farklı formlara ve özel geometrilere sahip yapıların inşasında rahatlıkla uygulanabilir. Standart dışı detayların bulunduğu projelerde kalıplar, sahada kolayca şekillendirilebilir ve uyarlanabilir. Bu yönüyle özel projelerde büyük avantaj sağlar

2. Düşük ilk yatırım maliyeti; endüstriyel kalıp sistemlerine kıyasla konvansiyonel kalıplar daha düşük maliyetle temin edilebilir. Ahşap, kontrplak veya standart profiller gibi yerel ve kolay ulaşılabilir malzemelerle oluşturulduğu için özellikle bütçesi sınırlı projelerde tercih edilir.

3. Yerel iş gücüne uygunluk; Sistem, yüksek teknoloji veya özel eğitim gerektirmediği için yerel ustalar ve mevcut iş gücü tarafından kolayca uygulanabilir. Bu durum, iş gücü planlamasında esneklik sağlar ve bölgesel istihdam açısından avantaj oluşturur.

4. Malzeme temini kolaylığı; Konvansiyonel kalıpta kullanılan malzemeler (örneğin ahşap, kontrplak, çivi, tel, vida vb.) piyasada yaygın şekilde bulunur ve lojistik anlamda zorluk yaşanmaz. Bu da özellikle kırsal alanlarda veya şehir dışı projelerde büyük kolaylık sağlar.

5. Küçük ölçekli projeler için uygunluk; Tek katlı, az katlı ya da küçük hacimli yapılarda konvansiyonel kalıp sistemi pratik bir çözümdür. Bu tür projelerde endüstriyel sistemlerin kurulumu gereksiz maliyet ve karmaşa yaratabileceğinden, konvansiyonel sistem daha verimli bir tercih olabilir.

6. Geri dönüşüm ve yeniden kullanım; Ahşap kalıplar dikkatli kullanıldığında birkaç defa tekrar kullanılabilir. Ayrıca hurda hâline gelen malzemeler, farklı kalıp parçalarının üretiminde ya da geçici yapılarda değerlendirilerek atık miktarı azaltılabilir.

7. Karmaşık donatıların yerleşimine uygunluk; Bazı yapılar, detaylı ve sık donatılı betonarme elemanlara sahiptir. Konvansiyonel sistem, kalıp açıklıklarının daha kolay müdahale edilebilir olması sayesinde bu tür donatılar için daha esnek çalışma alanı sunar.

8. Basit ekipman ve araçlarla uygulanabilirlik; Sistemin kurulumu için ağır makineler veya özel ekipmanlara ihtiyaç yoktur. Çoğu işlem el aletleriyle yapılabildiğinden saha organizasyonu daha sade ve kolaydır.

Konvansiyonel kalıp sisteminde vincin önemi:

Konvansiyonel kalıp sistemi, çoğunlukla sahada işçilikle kurulan, esnek ve modüler yapısıyla birçok projeye uyarlanabilen bir yapım yöntemidir. Bu sistemde kullanılan kalıp elemanları genellikle ahşap, kontrplak, çelik profiller veya alüminyum parçalar diğer endüstriyel sistemlere kıyasla daha hafif olmakla birlikte, büyük yapılarda kalıp taşıma ve yerleştirme işlemleri yine de önemli bir iş gücü ve zaman gerektirir. Özellikle çok katlı yapılar veya geniş açıklıklı döşeme sistemlerinde vinç kullanımı, sürecin hızlanması ve güvenli yürütülmesi açısından büyük önem taşır.

Konvansiyonel kalıpta kullanılan panolar ve taşıyıcı elemanlar çoğu zaman elle taşınabilir olsa da, yüksek katlı projelerde ya da geniş yüzeyli döşemelerde malzemelerin her kata elle ulaştırılması oldukça zaman alıcı ve yorucudur. Vinç kullanımı sayesinde bu malzemeler daha hızlı, daha az iş gücüyle ve daha güvenli şekilde katlara taşınabilir.

Özellikle büyük boyutlu kontrplak levhalar, ağır çelik profiller ya da döşeme iskelesi elemanları gibi parçalar için vinç kullanımı büyük kolaylık sağlar.

Vinç kullanımı, Şekil 3.7’de de görüldüğü gibi, taşıma süresini önemli ölçüde kısaltarak iş programını hızlandırır. Bu da hem zaman açısından hem de işçilik maliyeti bakımından avantaj sağlar. Şantiyede iş gücünün sadece kurulum ve montaj gibi uzmanlık gerektiren alanlarda yoğunlaştırılması mümkün olur. Ağır yüklerin elle taşınmasıyla oluşabilecek iş kazalarının da önüne geçilmiş olur.

Kalıp montajında, malzemenin doğru zamanda, doğru katta ve doğru noktada hazır bulunması büyük önem taşır. Vinç sayesinde kalıp elemanları şantiye içinde planlı şekilde dağıtılır, bu da montaj sürecinde zaman kaybını önler ve saha düzenini artırır. Ayrıca kule vinç gibi sabit sistemlerde operatör ve zemin ekibi arasında işaretçi desteğiyle etkili bir koordinasyon sağlanabilir.

Ağır malzemelerin insan gücüyle taşınması; düşme, ezilme, burkulma gibi birçok iş kazasına neden olabilir. Vinç yardımıyla yapılan taşımalar, kontrollü ve dengeli olduğu sürece bu tür riskleri azaltır. Ayrıca yüksek katlara yapılan taşımalarda işçilerin yüklerle birlikte merdiven veya iskele kullanmasının önüne geçilerek güvenli bir taşıma sağlanmış olur.

İnşaat faaliyetleri, iş sağlığı ve güvenliği mevzuatına göre en tehlikeli iş kolları arasında yer almakta olup, bu sektörde görev alacak çalışanların en az 16 saatlik iş sağlığı ve güvenliği (İSG) eğitimine tabi tutulmaları yasal bir zorunluluktur. Bu bağlamda, personelin sigorta giriş işlemleri tamamlandıktan sonra İSG birimine yönlendirilerek, işveren tarafından sağlanan uygun alanlarda hem gerekli eğitimlerin hem de sağlık kontrollerinin eksiksiz şekilde gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır (Aktaş,2022).

Konvansiyonel kalıp sistemi her ne kadar el işçiliğine dayalı olsa’da, geniş hacimli projelerde iş akışının sürekli ve düzenli ilerlemesi için vinç desteği önemli bir unsurdur. Kalıp sökümünde kullanılan malzemelerin aşağıya indirilmesi, temizlik ve yeniden düzenleme süreçleri de vinçle çok daha kolay hâle gelir.

Konvansiyonel kalıp sisteminde iş güvenliği: Yapı üretiminde yaygın olarak kullanılan bu sistem, çoğunlukla sahada ve elle kurulan bir yöntemdir. Kalıpların ahşap, kontrplak ve çelik gibi malzemeler kullanılarak yoğun iş gücüyle monte edilmesi, uygulama sürecinde çeşitli iş sağlığı ve güvenliği risklerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle iş güvenliği, hem çalışanların sağlığının korunması hem de iş sürecinin kesintisiz ve verimli bir şekilde sürdürülebilmesi açısından kritik bir unsurdur.

Konvansiyonel kalıp uygulamalarında çalışanlar sıklıkla iskele, merdiven veya kalıp üzerine çıkarak montaj ve söküm işlemleri gerçekleştirir. Bu durum, yüksekte çalışma risklerini artırır. Bu nedenle, çalışanların düşmeye karşı koruyucu ekipmanlar (emniyet kemeri, güvenlik halatı vb.) kullanması zorunludur. Çalışma platformları sağlam, kaymaz yüzeyli ve korkuluklarla donatılmış olmalıdır. Şekil 3.6’da da görüldüğü üzere merdivenler ve geçiş noktaları sabitlenmiş olmalı, yüksekte çalışacak personel önceden eğitilmelidir.



Şekil 3.6. Konvansiyonel Kalıp İskele Sistemi

Kalıp elemanlarının çoğu zaman elle taşınması ve montaj sırasında yük kaldırma işlemleri, kas-iskelet yaralanmaları, sıkışmalar ve ezilmeler gibi risklere neden olabilir. Bu duruma karşı, ağır parçalar vinç veya taşıma ekipmanları ile taşınmalı, çalışanların yalnızca yerleştirme işlemi yapması sağlanmalıdır. Uygun taşıma teknikleri konusunda çalışanlara eğitim verilmelidir. Eldiven, çelik burun lu ayakkabı gibi kişisel koruyucu donanımlar eksiksiz kullanılmalıdır.



Şekil 3. 7. Şantiyelerde Kule Vinç Kullanımı Örneği

Üst kotlarda yapılan montaj işlemleri sırasında kalıptan veya eldeki malzemelerden aşağıya düşen cisimler, alttaki çalışanlar için ciddi riskler oluşturur. Bu nedenle: Şantiyede malzeme düşmesini önleyici ağlar, koruma barikatları ve güvenlik şeritleri kullanılmalıdır. Üst kotlarda çalışanlar, alttaki alanlara müdahale edilmeden önce uyarılmalıdır. Baret kullanımı sahada zorunlu tutulmalıdır.

Kalıp montajında matkap, testere gibi elektrikli aletler sıkça kullanılır. Bu cihazların hatalı kullanımı ya da yalıtımsız çalışması ciddi kazalara neden olabilir. Bu nedenle aletler düzenli olarak kontrol edilmeli, yıpranmış kablolar onarılmalı veya değiştirilmelidir. Topraklama ve kaçak akım rölesi kullanımı sağlanmalıdır. Sadece eğitimli ve yetkili kişiler bu aletleri kullanmalıdır.

Kalıpların düzgün sabitlenmemesi, beton dökümü sırasında kalıp patlaması gibi büyük kazalara yol açabilir. Bu riski önlemek için kalıplar sıkı şekilde bağlanmalı, gerekli yerlerde payanda ve destek elemanları kullanılmalıdır. Beton dökümünden önce mühendis veya şantiye şefi tarafından kontrol yapılmalıdır. Kalıp sistemine fazla yük binmeden önce tüm bağlantı noktaları gözden geçirilmelidir.

İş güvenliğinin en önemli temellerinden biri, sahada bilinçli hareket edilmesidir. Bu da ancak düzenli eğitim, bilgilendirme ve denetimle sağlanabilir çalışanlar düzenli olarak iş güvenliği eğitimlerine tabi tutulmalı, sahadaki riskler konusunda bilinçlendirilmelidir. Kişisel koruyucu donanım kullanımı sürekli olarak denetlenmeli ve ihmal eden personele müdahale edilmelidir. Şantiye sahasında güncel risk analizleri ve güvenlik panoları yer almalıdır.

3.1.2. Tünel kalıp sistemi

Tünel kalıp sistemi, inşaat sektöründe seri ve hızlı üretim ihtiyacının artmasıyla birlikte geliştirilmiş modern kalıp sistemlerinden biridir. Şekil 3.8.'de tünel kalıp sistemi ile yapılan bir bina örneği gösterilmektedir. Bu sistemin temel amacı, yapı üretimini daha kısa sürede, daha düşük iş gücüyle ve daha yüksek standartta gerçekleştirmektir. Özellikle çok katlı ve birbirini tekrarlayan planlara sahip konut projelerinde, tünel kalıp sisteminin sağladığı zaman ve maliyet avantajları sayesinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Tünel kalıp sistemi, II. Dünya Savaşı sonrasında ortaya çıkan ciddi konut ihtiyacını karşılamak amacıyla yapılan araştırmalar sonucunda geliştirilmiş bir üretim yöntemidir. Bu teknoloji, ilk olarak Fransa'da ahşap kalıplar kullanılarak denenmiş, elde edilen başarılı sonuçların ardından çelik malzemeyle daha dayanıklı ve tekrar kullanılabilir biçimde yeniden tasarlanmıştır. "Outinord" isimli Fransız inşaat firması tarafından uluslararası alanda tanıtılan sistem, öncelikle konut ve otel bloklarının inşasında uygulanmıştır. Özellikle toplu konut üretiminde sunduğu hız, maliyet avantajı ve standartlaşma imkânı sayesinde kısa sürede yaygınlaşmıştır. Başlangıçta Türkiye'ye yurt dışından temin edilen sistem bileşenleri, günümüzde yerli firmalar tarafından üretilmekte olup, hem yurt içinde hem de uluslararası projelerde aktif olarak kullanılmaktadır (Balkabak, 1998).

Tünel kalıp, endüstrileşmiş yapım tekniklerinden yerinde döküm tekniği olup, Üç boyutlu çelikten yapılmış kalıpların yapının enine ve boyuna doğrultusunda hareket ettirilerek çıkartıldığı ve gerek düşey, gerekse yatay yapı elemanlarının aynı anda dökülebildiği bir yapım sistemidir (Eser, 1981).



Şekil 3.8. Tünel Kalıp Sistemi ile İnşaat Edilen Bir Bina

Tünel kalıp sistemi, betonarme yapılarda taşıyıcı perde duvarlar ile döşemelerin, çelik kalıplar yardımıyla tek bir işlemde – diğer bir ifadeyle “tulum döküm yöntemi” olarak da adlandırılan teknikle – betonlanmasını esas alan bir inşaat yöntemidir. Bu sistem sayesinde, perdeler ve döşemeler eşzamanlı olarak dökülmekte, böylece geleneksel yöntemlerde sıkça karşılaşılan, taşıyıcı elemanlar ile döşemeler arasında oluşabilecek soğuk derz problemleri büyük ölçüde ortadan kaldırılmaktadır. Tünel kalıp sisteminde, uygulaması sistemle doğrudan mümkün olmayan merdiven, baca, balkon korkuluğu gibi mimari elemanlar ise, üretim sonrası prefabrik olarak hazırlanıp yapıya entegre edilmektedir. Bu tür elemanlar, betonarme sistem tamamlandıktan sonra, yapı üzerine ankraj yoluyla sabitlenerek yapısal bütünlük sağlanmaktadır. Böylece hem inşaat süreci hız kazanmakta hem de montaj kolaylığı elde edilmektedir (Altan, 1992).

Tünel kalıp türleri şu şekildedir:

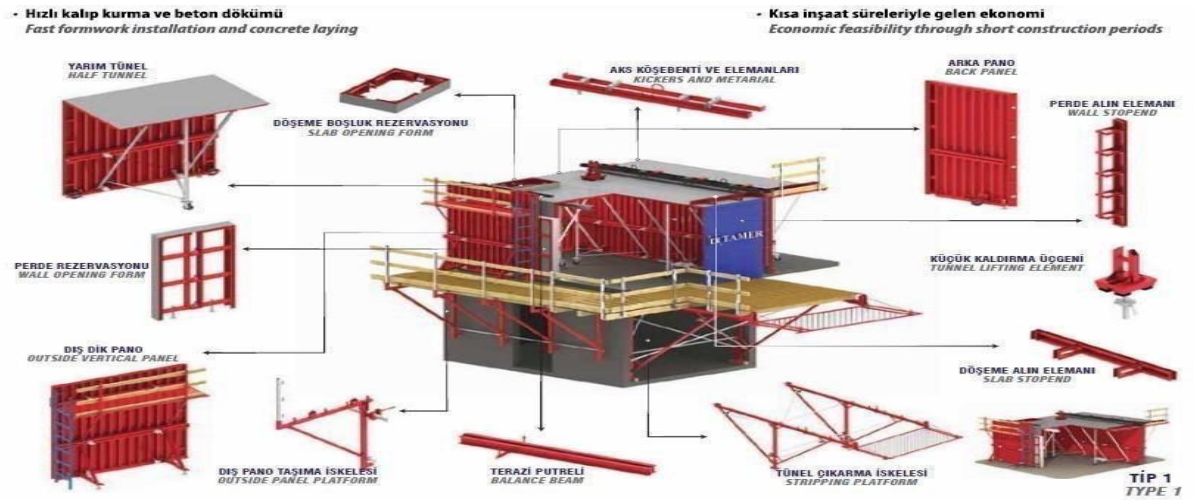
Tam tünel kalıp sistemlerinde, yapının dış duvarları, iç bölme duvarları ve döşeme betonları, monolitik bütünlük sağlanacak şekilde tek seferde dökülebilmektedir. Kullanılacak kalıp panolarının boyutları, projenin mimari ve yapısal tasarımına bağlı olarak değişiklik gösterebilmekle birlikte, ülkemizde genellikle 5,60 ila 6,50 metre açıklık ve 2 ila 3 metre kat yüksekliği aralığında standart ölçüler tercih edilmektedir.

Tam tünel kalıp sisteminin uygulanacağı projelerde, tasarım aşamasında açıklıkların ve taşıyıcı sistem elemanlarının bu sisteme uygun olarak belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Kalıp montajının ardından, döşemelerde meydana gelebilecek sehimleri engellemek amacıyla, kalıp altına uygun yerleştirilmiş dikme destekler bırakılarak yapısal bütünlük ve yüzey kalitesi güvence altına alınmalıdır (Laz, 2022).

Yarım tünel kalıp sistemleri, tam tünel kalıp sistemlerinden farklı olarak iki yarım kalıp elemanının birleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Bu yapısal fark dışında, işleyiş açısından önemli bir farklılık bulunmamaktadır. Bu sistemde de dış duvarlar, iç bölme duvarları ve döşeme betonları tek bir dökümde, monolitik olarak uygulanabilmektedir.

Ancak yarım tünel kalıp sistemlerinde, kalıbın döşeme ortasında birleşmesi nedeniyle, bu bölgelerde sehim oluşma riski artmaktadır. Bu durumu önlemek amacıyla, kalıp sökülmesinin ardından döşeme altında yeterli sayıda ve uygun konumda dikme destekler bırakılarak taşıyıcılık geçici olarak desteklenmeli ve betonun priz süreci boyunca stabilite sağlanmalıdır. (Laz, 2022).

Tünel kalıp sistemi, duvar ve döşeme elemanlarının aynı anda kalıplanarak tek seferde betonlanmasına olanak sağlayan endüstriyel bir sistemdir. Bu sistemin temelinde, tüm yapının taşıyıcı unsurlarının bir bütün olarak ve günlük döngülerle inşa edilmesi fikri yatar. Sistemin verimli ve sağlıklı çalışabilmesi için, çeşitli yardımcı elemanların doğru ve uyumlu şekilde bir araya getirilmesi gerekir. Aşağıda tünel kalıp sisteminde yer alan temel yapı elemanları açıklanmış ve Şekil 3.9.'da tünel kalıp sistemleri yapı elemanları gösterilmiştir.



1. Tünel panoları (kalıp yüzeyleri); tünel kalıp sisteminin en temel elemanıdır. Betonun döküleceği duvar ve döşeme yüzeylerini oluşturur. Genellikle çelikten üretilen bu panolar, yüksek mukavemete sahip olup, birçok kez kullanılabilirler. Panolar hem duvar hem de döşeme için uygun açıda birleşecek şekilde tasarlanır ve bu birleşim yapıya “tünel” formunu kazandırır.

2. Ara parçalar ve düşey bağlantı elemanları; duvar panoları arasında kalan boşlukları kapatmak amacıyla kullanılan küçük çelik panolardır. Ayrıca dikey bağlantı elemanları sayesinde panolar birbirine sabitlenir. Bu elemanlar, kalıbın rijitliğini sağlar ve beton dökümü sırasında sistemin stabil kalmasına yardımcı olur.

3. Dış kalıp panoları (cephe kalıpları); yapının dış cephelerine denk gelen kısımlarda kullanılan panolardır. Cephede yer alan kapı, pencere gibi boşluklar bu panolar üzerinde açılabilir. Ayrıca dış kalıplar, cephe yüzeyinde düzgün bir bitiş sağlar.

4. Tavan bağlantı elemanları (Şekil 3.10.); duvar ve döşeme panolarının birbirine sabitlenmesini sağlayan bağlantı parçalarıdır. Kalıp sisteminin tek parça gibi davranmasını ve beton dökümü sırasında oluşabilecek açılmaları engellemesini sağlar.



Şekil 3.10. Tavan bağlantı elemanı

5. Platform ve emniyet elemanları; kalıp sisteminin güvenli kullanımı için işçilerin çalışacağı iskele platformları, merdivenler ve korkuluklar da sistemin önemli birer parçasıdır. Bu elemanlar iş güvenliği standartlarına uygun şekilde yerleştirilir.

6. Kapı ve pencere kasaları; yapının mimari projesine uygun olarak, duvarlar üzerinde kapı ve pencere boşluklarının bırakılabilmesi için özel kasalar yerleştirilir. Bu kasalar kalıp içine yerleştirilerek beton dökümü sırasında açıklıkların korunması sağlanır.

7. İç kalıplar (ıslak hacim elemanları); banyo, tuvalet gibi ıslak hacimlerin sınırlarını oluşturacak bölme duvarlar ya da özel ölçülü paneller de sistem içerisinde kullanılabilir. Bu elemanlar, mimari plana bağlı olarak projeye özel üretilmektedir.

8. Vinç kancaları ve taşıma elemanları; tünel kalıplar oldukça büyük ve ağır yapılar olduğundan, vinç yardımıyla taşınırlar. Bu nedenle kalıplar üzerinde taşıma için özel kancalar ve bağlama noktaları bulunur. Böylece günlük betonlama sonrası kalıpların sökülüp bir üst kata taşınması pratik hale gelir.

Bu yapı elemanlarının her biri, sistemin düzgün çalışmasını sağlamak ve üretim sürecini hızlandırmak açısından kritik öneme sahiptir. Ayrıca bu sistemin avantajlarından tam anlamıyla faydalanabilmek için her bir elemanın yerinde ve doğru şekilde kullanılması gerekir. Şekil 3.11.'de gösterildiği üzere tünel kalıp sisteminin montaj aşamaları aşağıdaki sıralama şeklindedir.

1. "Kalıp panoları, şantiye sahasında önceden hazırlanan çalışma alanına taşınarak burada yarım tünel formunu oluşturacak şekilde montajı gerçekleştirilir."

2. "Daha önce dökülmüş olan temel betonu üzerine, tünel kalıp montajına zemin hazırlamak amacıyla aks betonları yerinde dökülerek uygulanır."

3. "Kalıp yüzeyleri, betonun kalıba yapışmasını önlemek ve düzgün bir yüzey elde etmek amacıyla temizlenir ve kalıp ayırıcı yağ ile homojen şekilde yağlanır."

4. "Aks betonunun dökümünün ardından, taşıyıcı perdelerle ait donatılar, hasır çelikler ve varsa tesisat borularının montaj işlemleri tamamlanır. Gerekli yerlerde tesisat ve pencere geçişleri için rezervasyon boşlukları bırakılır."

5. "Taşıyıcı perdelerde yer alan kapı, pencere ve benzeri açıklıklara ait rezervasyon boşlukları, tünel kalıp sistemine uygun şekilde kalıp panolarına entegre edilerek montajı gerçekleştirilir."

6. "Montaj işlemi tamamlanan tünel kalıplar, betonla temas edecek yüzeylerinde aderansı önlemek amacıyla kalıp ayırıcı yağ ile yağlanır ve ardından kule vinç yardımıyla aks betonlarına uygun olarak projedeki konumlarına yerleştirilir."

7. "Montajı tamamlanan tünel kalıpların düşeylik (şakul) ve kot kontrolleri yapılarak, ilgili oda açıklıkları ölçülür ve projeye uygunlukları denetlenir."

8. "Akabinde döşeme uygulamasına geçilir ve donatı yerleşimi tamamlanan döşeme üzerinde, varsa tesisat geçişlerine ait rezervasyon boşlukları bırakılır. Elektrik ve mekanik tesisat ekipleri tarafından gerekli borulama işlemleri bu aşamada gerçekleştirilir."

9. "Tünel kalıp sisteminin ayakları ile aks elemanları arasındaki bağlantılar uygun şekilde gerçekleştirilir ve ardından taşıyıcı perdeler ile döşeme betonu, monolitik bütünlük sağlanacak şekilde tek seferde dökülür."

10. "Beton döküm işleminin tamamlanmasının ardından, tünel kalıp sisteminin dış yüzeylerinde yer alan koruma perdeleri kapatılarak, betonun dayanım kazanım sürecini sağlıklı şekilde tamamlayabilmesi için kürtleme işlemi uygulanır ve betonun priz alması sağlanır."

11. “Tünel kalıp sisteminde söküm işlemi, daima koruma perdelerinin bulunduğu dış cephe panolarından başlatılır. Bu bölgeler, betonun yeterli priz alıp almadığının kontrolü açısından daha elverişli olduğundan, öncelikle dış cephe panoları sökülerek işlem aşamalı şekilde ilerletilir.”

12. “Devamında, kalıp sistemini oluşturan tüm bağlantı elemanlarının söküm işlemi sırasıyla gerçekleştirilir.”

13. “Tünel kalıp söküm sürecinde, ilk olarak oda içerisindeki döşeme panoları kontrollü bir şekilde düşürülür; ardından, kalıp sisteminin tekerlekli yapısı sayesinde dış cephe yönüne doğru kaydırılarak şantiye alanından çıkarılır.”

14. “Kalıp panoları, dış cepheden kule vinç yardımıyla güvenli bir şekilde çalışma alanına indirilir. Ardından, üzerlerinde biriken beton kalıntıları temizlenir ve kalıp ayırıcı madde ile yüzeyleri yağlanarak bir sonraki döküm için yeniden kullanıma hazır hale getirilir.”

15. “Kapı ve pencere açıklıklarına ait rezervasyon elemanları, betonun yeterli priz almasının ardından dikkatli bir şekilde kalıptan çıkarılır.”

16. “Kalıp söküm işleminin ardından, taşıyıcı sistemin güvenliğini sağlamak amacıyla ilgili bölgelere ayarlanabilir teleskopik dikmeler ile geçici destekleme (takviye) yapılır.”

17. “Belirtilen tüm uygulama adımları, yapının tamamı bitirilene kadar her katta aynı sistematikle tekrarlanarak inşaat süreci devam ettirilir.”



Şekil 3.11. Tünel Kalıp Montaj aşaması

Tünel kalıp sisteminde elektrik tesisatı uygulaması; tünel kalıp sistemi, hızlı üretim esasına dayalı bir sistem olduğu için sadece betonarme imalat değil, diğer tüm tesisat işlerinin de bu hıza uygun şekilde planlanmasını gerektirir. Bu bağlamda, elektrik tesisatının da beton dökümünden önce dikkatle hazırlanması ve kalıplar içerisine uygun şekilde yerleştirilmesi büyük önem taşır. Aksi takdirde tesisatın sonradan döşenmesi hem zaman kaybına hem de yapı elemanlarında onarıma neden olabilir. Tünel kalıpta elektrik tesisatının yerleştirilmesi süreci genellikle şu şekilde yürütülür (Şekil 3.12.):



Şekil 3.12. Tünel Kalıp Sisteminde Elektrik Tesisatı

Elektrik tesisatına başlanmadan önce, mimari proje ve elektrik projesi detaylı şekilde incelenir. Priz, anahtar, aydınlatma gibi elemanların konumları netleştirilir. Bu noktada yapıdaki duvar ve döşeme elemanlarının kalıp sistemiyle nasıl birleştiği dikkate alınarak, tesisatın nerelerden geçeceği önceden planlanır. Elektrik kabloları, beton dökülmeden önce PVC borular içerisine alınarak kalıpların içerisine yerleştirilir. Bu borular, duvar ve döşeme kalıplarının içine, gelecekte kabloların geçirileceği hatlar olarak bırakılır. Boruların çapı ve yönü, projeye uygun olmalıdır. Hazırlanan elektrik boruları, duvar ve tavan kalıplarına özel klips veya kelepçelerle sabitlenir. Boruların yerinden oynamaması çok önemlidir çünkü beton dökümü sırasında basınca dayanıklı olmalıdır. Bu nedenle sabitleme işlemi özenle yapılır. Priz, anahtar ve buat kutuları, projedeki konumlarına göre kalıba sabitlenir. Bu kutular genellikle plastik ya da galvanizli sacdan yapılır ve beton içinde sağlam durması için etrafı köpük veya strafor malzeme ile desteklenebilir. Kalıp söküldükten sonra bu kutular görünür hâle gelir ve içlerine elektrik bağlantıları yapılır. Kalıp kapanmadan önce, elektrik borularının güzergâhı, kutuların

konumu ve sabitleme durumları son kez kontrol edilir. Ardından beton dökümü gerçekleştirilir. Dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan biri, betonun dökümü sırasında boruların ezilmemesi ya da kutuların yerinden oynamamasıdır. Beton prizini aldıktan ve kalıp söküldükten sonra, yerleştirilen boru ve kutular yapının yüzeyinde görünür hâle gelir. Bu noktadan sonra elektrikçiler, kabloları borulardan geçirmeye başlar ve bağlantı işlemlerini yapar. Yüzey düzgünlüğü sayesinde sıva altı işlemleri kolaylaşır.

Tünel kalıp sisteminde mekanik tesisat uygulaması; tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılarda, sadece yapısal elemanların değil, aynı zamanda tüm tesisat altyapısının da hızlı ve entegre şekilde planlanması gerekir. Mekanik tesisat özellikle temiz su, atık su ve havalandırma boruları (Şekil 3.13.) bu sistemle birlikte uyumlu olarak betonarme elemanlara yerleştirilir. Böylece sonradan kırma, kesme gibi işlemlere gerek kalmadan, montaj süreci hem hızlı hem de düzgün şekilde tamamlanabilir. Tünel kalıpta mekanik tesisat uygulaması genel olarak şu aşamalardan oluşur:



Şekil 3.13. Tesisat Malzeme Örnekleri

Uygulamaya başlamadan önce, mekanik tesisat projesi ile tünel kalıp planları karşılaştırılır. Temiz su, atık su, yağmur suyu, havalandırma ve yangın tesisatlarının geçeceği güzergâhlar net olarak belirlenir. Boruların döşeneceği yerlerin betonarme elemanlarla çakışmaması için mühendislik koordinasyonu büyük önem taşır. Tesisat boruları genellikle PPRC (plastik), PVC veya PE malzemelerden üretilir. Bu borular, döşenecek alana göre önceden kesilir ve bağlantı ağızları hazır hâle getirilir. Büyük çaplı borular için genişleme payları ve askı noktaları önceden hesaplanmalıdır. Duvar veya döşeme içinden geçmesi gereken borular için, kalıp yerleştirilmeden önce kılıf boruları yerleştirilir. Bu kılıflar genellikle çelik veya sert PVC malzemeden olur ve içinden gerçek borular beton döküldükten sonra geçirilir. Bu uygulama, beton içinde doğrudan tesisat

borusu bırakmanın getirdiği riskleri ortadan kaldırır. Kat arası geçişlerin olduğu noktalarda, pis su boruları için düşey kolon boşlukları bırakılır. Bu boşluklar, kalıp öncesinde strafor veya özel kalıp içi boşluk bırakan sistemlerle sağlanır. Temiz su boruları ise genellikle duvar kalıplarının içine, özel klipslerle sabitlenmiş şekilde yerleştirilir. Lavabo, duş, klozet gibi vitrifiye elemanlarının bağlantı noktaları projeye göre belirlenerek, tesisat uçları ve bağlantı parçaları kalıp içine sabitlenir. Bu kutular beton dökümü sonrasında görünür hâle gelir ve bağlantılar yapılır. Kutuların etrafına beton sızmasını önlemek amacıyla genellikle köpük veya yalıtım süngeri sarılır. Tüm borular ve bağlantı kutuları yerleştirildikten sonra beton dökümüne geçilir. Betonun dökülme yönü ve vibrasyon işlemleri sırasında tesisat elemanlarının yerinden oynamaması için kontroller yapılır. Özellikle atık su borularında eğim korunmalıdır. Kalıp söküldükten sonra duvar ve döşeme içinde kalan kılıflar görünür hâle gelir. Bu aşamada tesisatçılar, gerçek boruları bu kılıflardan geçirerek son bağlantıları yapar. Ayrıca kutulara vana, musluk, armatür gibi son ürünler bağlanır. Bu yöntem hem yapının bütünlüğünü korur hem de estetik ve düzgün bir tesisat hattı oluşturulmasına olanak tanır.

Tünel kalıp sisteminin avantajları; tünel kalıp sistemi, yapı üretim sürecinde hız, standartlaşma ve maliyet kontrolü gibi birçok açıdan önemli avantajlar sunan modern bir kalıp sistemidir. Özellikle çok katlı, tekrarlı planlara sahip projelerde sağladığı pratiklik sayesinde hem kamu hem de özel sektör projelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Aşağıda sistemin başlıca avantajları detaylı şekilde açıklanmıştır:

İstatistik bilgilerine göre kaba inşaatın toplam maliyetinin ortalama %45'i işçilik, %55'i de malzemedir. Betonarme bir yapıda kaba inşaat maliyetinin %60'lık bir kısmı kalıp maliyetidir. Kaba inşaatında maliyetin yaklaşık %40'ı işçilik, %20'si kalıp maliyeti, %40'ı da beton malzemesidir (Tepebaş, 2010).

Bir tünel kalıp ikinci el alınabilir veya hiç kullanılmamış olarak yaptırılabilir. Tünel kalıp sistemlerinin faydalı kullanım ömürleri ortalama olarak 500 yıldır. Tünel kalıp sistemler imalatlarda her kullanıldığında işçilerin kullanımına bağlı olması ile birlikte %1-2 oranında hasar alır ve tamir edilmesi gerekebilir (Dilek, 2023).

1. Hızlı inşaat süreci

Tünel kalıp sisteminin en belirgin avantajı, inşaat süresini büyük ölçüde kısaltmasıdır. Duvar ve döşeme elemanlarının aynı anda betonlanması sayesinde her gün bir kat üretim yapılabilmesi mümkündür. Bu da özellikle çok bloklu, seri üretim gerektiren projelerde büyük bir zaman tasarrufu sağlar.

Üretim hızı yüksektir, kendi içinde gruplaşmış (sökümcü, kurumcu, demirci, elektrik ve mekanik tesisatçı gibi) ekiplerle ortalama 15 ~ 20 kişiyle günlük 150 ~ 280 m² is verilebilir (Kasapoğlu, 2004).

Tünel kalıp sisteminde betona kür yolu ile gerekli dayanım verildiğinden, kalıbı kısa sürede sökmek, yine kısa sürede kurarak yeniden beton dökmek ve üst kotta üretime başlamak mümkündür. Düşey taşıyıcıların bütünüyle perde, olası yüklerin temele homojen şekilde iletilmesini sağlamakla birlikte, beton dökümünden sonra monolitik bir yapının ortaya çıkması da yapının depreme karşı olan dayanımını artırmaktadır (Tepebaş, 2010).

2. Yüksek tekrarlı sayı

Çelik esaslı kalıplar, yüzlerce kez bozulmadan kullanılabilir. Bu özellik, ilk yatırım maliyetini uzun vadede amorti ederek sistemi ekonomik hâle getirir. Aynı kalıp setiyle birden fazla binanın inşa edilebilmesi, büyük ölçekli projelerde ciddi maliyet avantajı yaratır.

Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılarda, ekonomik açıklık aralığı genellikle 3 ila 6 metre arasında değişmektedir. Sistemden maksimum verimin alınabilmesi için, günlük döküm rotasyonuna uygun kat alanlarının 70 ile 150 m² arasında olması önerilmektedir. Tünel kalıp sisteminin maliyet etkinliğini sağlayabilmesi adına, bir kalıbın en az 100 kez kullanılması gerekmektedir. Kullanım koşullarına bağlı olarak, sistem özenli bir şekilde kullanıldığında kalıpların 1000 seferin üzerinde yeniden kullanımı mümkündür. Bu bağlamda, 100 kullanımın üzerindeki her tekrar sayısı, müteahhit firma açısından ekonomik avantaj ve maliyet tasarrufu anlamına gelmektedir (Korur, 2004).

3. Düşük işçilik gereksinimi

Kalıpların hızlı ve kolay kurulması, kalifiye iş gücüne olan ihtiyacı azaltır. Ayrıca kalıp söküm ve taşıma işlemleri sistematik şekilde yürütüldüğü için iş programı aksamalara uğramaz. İşçilik hataları da minimuma iner.

4. Yüksek yapı kalitesi ve standartlaşma

Tünel kalıpla üretilen yapı elemanları düz, düzgün ve ölçü'sel olarak tutarlı olur. Bu da yapı elemanlarının kalitesini artırır ve sonrasında yapılacak sıva, boya gibi işlemleri azaltır ya da ortadan kaldırır. Mimari tekrarın olduğu projelerde üretim standardı kolayca korunur.

5. Geliştirilmiş iş güvenliği

Tünel kalıp sistemi, çalışma platformları, merdivenler ve korkuluk sistemleri ile birlikte gelir. Bu da sahadaki işçilerin daha güvenli koşullarda çalışmasını sağlar. Yüksekte çalışma riski en aza indirilmiş olur.

6. Yüzeyde ekstra işlem gerektirmemesi

Kalıptan çıkan beton yüzeyler oldukça düzgün olduğu için sıva gibi ek yüzey düzeltme işlemlerine genellikle gerek kalmaz. Bu da hem işçilik maliyetini düşürür hem de uygulama süresini kısaltır.

7. Entegre tesisat uygulamalarına uygunluk

Elektrik ve mekanik tesisatlar, kalıp yerleştirilmeden önce sistemin içine entegre edilebilir. Bu sayede sıva altı tesisat için duvar kırımı gibi ek işlemler ortadan kalkar. Tesisat hatları daha düzgün ve kontrollü şekilde döşenebilir.

8. Depreme karşı dayanıklı yapı üretimi

Tünel kalıpla üretilen taşıyıcı sistem, genellikle perde duvarlarla desteklendiği için rijit bir yapı oluşturur. Bu da deprem gibi yatay yüklere karşı daha dayanıklı ve sağlam binaların üretilmesini sağlar.

"Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapıların tasarımı ve yapısal davranışlarına ilişkin bilimsel çalışmalar günümüzde hâlâ sınırlı düzeydedir. Ancak 1999 Marmara Depremi sonrasında yapılan incelemelerde, bu sistemle inşa edilen binalarda hiçbir yıkım meydana gelmediği gibi, kayda değer bir hasara da rastlanmamıştır. Elde edilen bu gözlemler doğrultusunda, mühendislik camiasında tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapıların depreme karşı yüksek güvenlik sunduğu yönünde genel bir kanaat oluşmuştur (Atımtay, 2002).

"2011 yılında Van'da meydana gelen 7,2 büyüklüğündeki depremin ardından yapılan saha gözlemleri sonucunda, tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapıların, diğer kalıp sistemleriyle yapılanlara kıyasla depreme karşı daha yüksek dayanım sergilediği belirlenmiştir. Bu sistemle inşa edilen binalarda herhangi bir yıkımın yaşanmadığı tespit edilerek, tünel kalıp teknolojisinin sismik açıdan güvenilirliği bir kez daha ortaya konmuştur (Laz, 2022).

9. Malzeme israfının azalması

Kalıp elemanlarının tekrar kullanılabilir olması hem ahşap hem de çelik kalıp israfını büyük ölçüde azaltır. Aynı zamanda şantiyede daha düzenli ve planlı bir iş akışı sağlanır.

10. Isı yalıtımı

Tünel kalıp sistemlerinde, taşıyıcı perdelerin tümü betonarme elemanlardan oluşmakta olup, bu perdeler yüksek ısı kütlesi özelliğine sahiptir. Betonarme yüzeylerin uygun yalıtım malzemeleriyle birlikte kullanılması durumunda, yapı bünyesinde ısı depolama kapasitesi artmakta ve bu durum, ısı kayıplarını azaltarak ısıtma maliyetlerinde önemli ölçüde tasarruf sağlanmasına katkı sunmaktadır. (Mesa İmalat, Tünel Kalıp, Firma Broşürleri).

Tünel kalıp sisteminde kalıp elemanları hem ağırlık hem de hacim açısından oldukça büyük ve ağırdır. Sistemin sağlıklı ve verimli çalışabilmesi için bu panoların güvenli, hızlı ve düzgün şekilde taşınması ve yerleştirilmesi gerekmektedir. Şekil 3.14.'te de örneği gösterilen kule vinç, tünel kalıp sisteminin vazgeçilmez bir unsuru olarak devreye girer.



Şekil 3.14. Tünel Kalıp Sistemi ve Kule Vinç Kullanımı

Tünel kalıp elemanları genellikle birkaç yüz kilodan başlayarak, bir tona kadar ulaşan parçalardan oluşur. Bu panoların manuel olarak taşınması mümkün olmadığından, her bir kalıp döngüsünde kule vinç yardımıyla kaldırılarak şantiyede belirlenen noktalara hassas şekilde yerleştirilmesi sağlanır. Kule vincin hızlı ve dengeli çalışması, her gün bir kat hedefiyle çalışan tünel kalıp sisteminin başarısı için kritik önemdedir.

Tünel kalıp sisteminde üretim döngüsü oldukça sıklıdır. Kalıpların her sabah kaldırılıp bir üst kata yerleştirilmesi, beton dökümüne başlanabilmesi için temel adımdır. Eğer kule vinç yeterli kapasiteye, erişim alanına veya verimliliğe sahip değilse, tüm iş programı aksayabilir. Bu nedenle kule vincin planlaması, sadece taşıma değil, üretim sürecinin tamamı açısından stratejik öneme sahiptir.

Kule vinç yalnızca kalıpların taşınmasında değil, aynı zamanda donatı demirlerinin, hazır beton ekipmanlarının, inşaat malzemelerinin ve diğer yardımcı elemanların da katlara dağıtılmasında kullanılır. Bu durum, şantiye içinde yatay ve düşey

taşımayı merkezî bir sistem üzerinden gerçekleştirerek iş akışını hızlandırır ve iş güvenliğini artırır.

Ağır kalıp elemanlarının elle ya da uygunsuz yöntemlerle taşınması ciddi iş güvenliği riskleri doğurabilir. Kule vinç sayesinde bu süreç hem güvenli hem de daha kontrollü bir şekilde yönetilir. Vincin operatörü, kalıpların yerleştirileceği noktaları hassas manevralarla istenen konuma getirebilir. Bu da hem zamandan tasarruf sağlar hem de iş kazalarının önüne geçer.

Tünel kalıpla inşa edilen yapılarda üretim genellikle kat kat ilerler ve her gün kalıpların bir üst kata alınması gerekir. Kule vinç, bu döngüye tam uyum sağlayarak sistemin kesintisiz işlemlerini mümkün kılar. Günde bir kat hedefinin gerçekleştirilebilmesi, büyük ölçüde vincin düzenli ve sorunsuz çalışmasına bağlıdır.

Tünel kalıp sisteminde iş güvenliği; tünel kalıp sistemi, hızlı ve tekrarlayan üretim modeliyle yapı sektöründe zaman ve maliyet açısından ciddi avantajlar sağlayan modern bir yapım yöntemidir. Ancak bu sistem, ağır çelik kalıpların taşınması, yüksekten çalışma ve yoğun ekipman kullanımı gibi faktörler nedeniyle iş sağlığı ve güvenliği açısından dikkatli bir planlama gerektirir. Bu nedenle tünel kalıp sisteminde iş güvenliği, yalnızca yasal bir zorunluluk değil, aynı zamanda üretim sürecinin sürdürülebilirliği açısından kritik bir unsurdur. Şekil 3.15.'te örnek iskele sistemi montajı gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Tünel Kalıp Sisteminde İskele Sistemi

Tünel kalıp sisteminde çalışmalar çoğunlukla katlar hâlinde ilerler ve kalıpların kurulumu yüksek noktalarda gerçekleştirilir. Bu durum, yüksekte çalışmanın sürekli bir unsur hâline gelmesine neden olur. Bu sebeple çalışanların, düşmeye karşı koruyucu

ekipmanlarla (emniyet kemeri, halat sistemleri, korkuluklar, güvenlik ağıları vb.) donatılması ve yüksekte çalışma eğitimlerinin eksiksiz verilmiş olması şarttır.

Kalıpların taşınmasında genellikle kule vinç kullanılır. Bu operasyonlar sırasında yük düşmesi, dengesiz taşıma veya ani hareketler ciddi kazalara neden olabilir. Vincin deneyimli operatörlerce kullanılması, sinyalci-işaretçi desteğiyle çalışılması ve taşıma güzergâhlarının güvenli bölgelere alınması, iş güvenliği açısından olmazsa olmazdır.

Tünel kalıplar genellikle ağır çelik panolardan oluşur. Bu panoların kurulumu, sökümü ve taşınması sırasında ezilme, sıkışma gibi fiziksel riskler mevcuttur. Bu nedenle çalışanların kişisel koruyucu donanım (baret, eldiven, çelik burunlu ayakkabı, reflektif yelek vb.) kullanması zorunludur. Ayrıca ekipmanlar sadece yetkili ve eğitilmiş kişilerce kullanılmalıdır.

Tünel kalıp sisteminde kurulum ve söküm işlemleri sık tekrarlandığı için bu süreçlerin her biri potansiyel tehlikeler barındırır. Kurulumdan önce kalıpların sabitlenip sabitlenmediği kontrol edilmeli; söküm sırasında da kalıp ani şekilde düşmeyecek biçimde dikkatlice çözülmelidir. İşe başlamadan önce risk değerlendirme formları hazırlanmalı ve ekip bilgilendirilmelidir.

Çalışanların katlar arası geçişi sırasında kullandıkları merdivenler, platformlar ve geçici iskeleler sağlam, kaymaz ve emniyetli olmalıdır. Bu geçiş alanlarında aydınlatma yeterli seviyede olmalı ve gece çalışmaları için reflektörler kullanılmalıdır.

Beton dökümü öncesinde kalıplar içine yerleştirilen elektrik ve mekanik tesisat boruları düzgün sabitlenmeli, çalışanların ayaklarına takılacak veya üzerine düşecek şekilde açıkta bırakılmamalıdır. Elektrikli el aletleri mutlaka topraklamalı ve kaçak akım röleli prizlerden beslenmelidir.

Tünel kalıp uygulamasında görevli tüm personelin, sistemin nasıl çalıştığına, güvenli kurulum ve söküm aşamalarına, kullanılan ekipmanların doğru kullanımına dair düzenli eğitimlerden geçmesi gerekir. Ayrıca iş güvenliği uzmanlarının sahada aktif denetim yapması, güvenlik kültürünün sürdürülebilirliğini sağlar.

3.2. Metot

Bu çalışmada, Toplu Konut İdaresi (TOKİ) tarafından inşa edilmiş iki farklı yapı sistemi esas alınarak karşılaştırmalı bir analiz gerçekleştirilmiştir. Her iki proje de bodrum kat, zemin kat ve yedi normal kattan oluşmakta olup, benzer yapılaşma koşullarına sahiptir. İncelenen projelerden biri modern inşaat tekniklerinden biri olan tünel kalıp

sistemi ile, diğeri ise geleneksel yöntemlerden biri olan konvansiyonel kalıp sistemi kullanılarak hayata geçirilmiştir. Her iki yapının da teknik özelliklerine ilişkin detaylı bilgiler, çalışmanın ilerleyen bölümlerinde yer alan Tablo 3.1 ve Tablo 3.2’de kapsamlı bir şekilde sunulmuştur. Bu iki yapının kalıp planları da Şekil 3.16, Şekil 3.17, Şekil 3.26 ve Şekil 3.27’de gösterilmiştir. Bu kapsamda, iki farklı kalıp sisteminin aynı tipteki projelerde uygulanabilirliği, maliyet ve yapım süreci gibi parametreler açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Bu tez çalışmasında kullanılan materyaller şu şekilde özetlenebilir:

Proje Verileri: İzmir deki TOKİ’ye ait 7 katlı iki farklı konut binasının mimari ve statik projeleri esas alınmıştır. Her iki kalıp sistemi için ayrı ayrı projeler incelenmiş, buna bağlı olarak metraj ve keşif çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Kalıp Sistem Bilgileri: Tünel kalıp ve konvansiyonel kalıp sistemlerine ilişkin teknik detaylar, üretici firmaların katalogları ve teknik dokümanları kullanılarak elde edilmiştir.

Birim Fiyatlar: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan birim fiyat analizleri 2025 yılı fiyatları ile serbest piyasa fiyatları esas alınarak maliyet hesaplamaları yapılmıştır.

Literatür Kaynakları: Çalışma kapsamın’da, hem tünel kalıp sisteminin hem de konvansiyonel kalıp sisteminin teknik özellikleri, avantajları ve uygulama alanlarına ilişkin kapsamlı bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda, konuyla ilgili yayımlanmış akademik makaleler, yüksek lisans ve doktora tezleri detaylı şekilde incelenmiş; benzer projelere ait uygulama örnekleri üzerinden sistemlerin yapısal, ekonomik ve uygulama açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.

Araştırmanın yöntemi hem analitik hem de karşılaştırmalı bir yapıda kurgulanmıştır. Aşağıda metodolojik yaklaşımın temel adımları sunulmuştur:

3.2.1. Projelendirme süreci

Çalışmanın ilk aşamasında, 7 katlı binanın tünel kalıp sistemiyle ve konvansiyonel kalıp sistemiyle uygulanabilirliği değerlendirilmiş, her iki sistem için mimari ve taşıyıcı sistemleri incelenmiştir. Bu süreçte kalıp sistemlerinin taşıma kapasitesi, modül ölçüleri ve uygulama detayları dikkate alınmıştır.

3.2.2. Metraj ve keşif hazırlığı

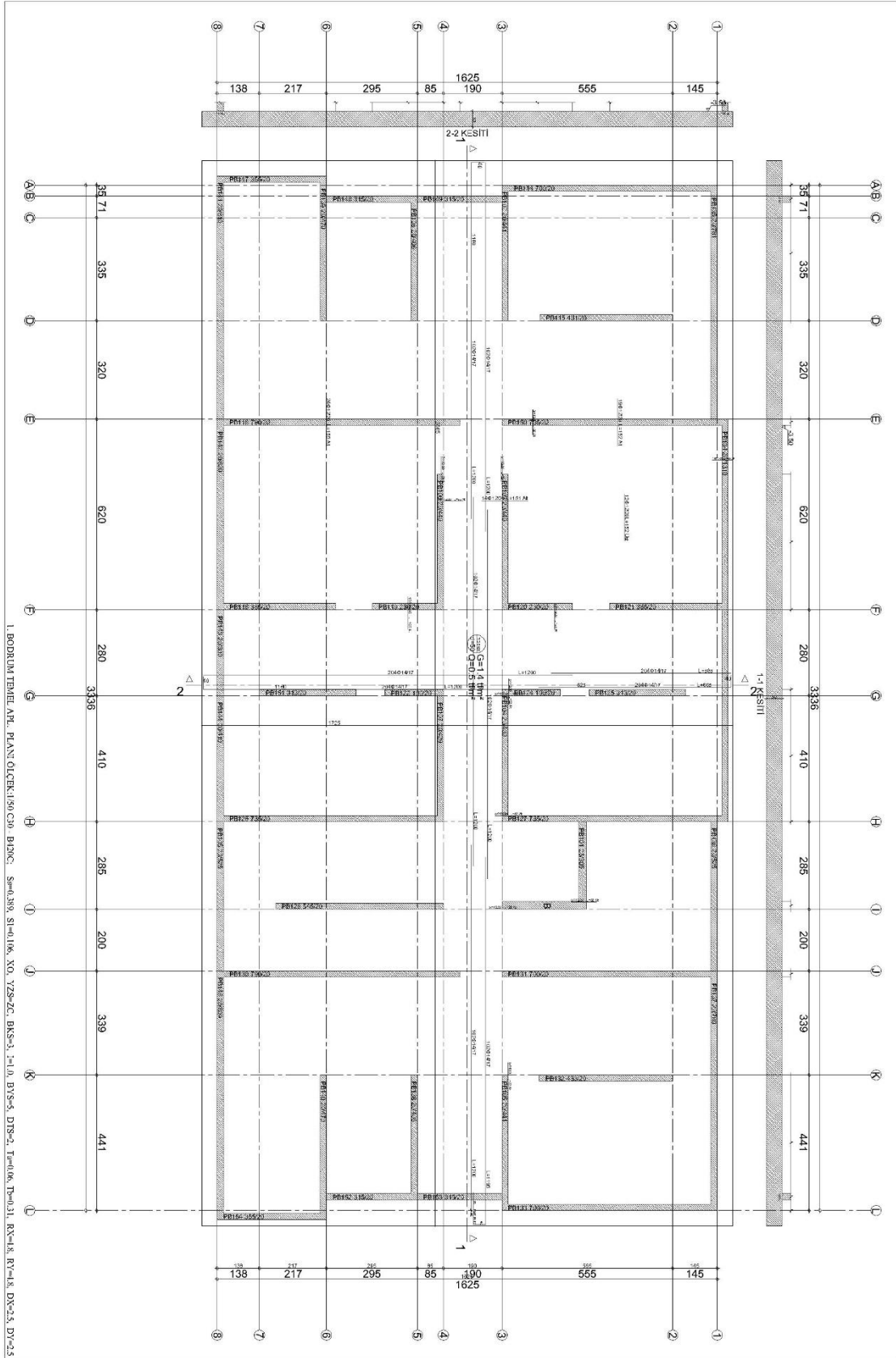
Her iki kalıp sistemi için ayrı ayrı metraj çıkarılmış, yapı elemanlarının yüzey alanları, beton ve donatı miktarları ile kalıp metrajları hesaplanmıştır. Bu veriler doğrultusunda işçilik ve malzeme maliyetleri belirlenmiştir.

3.2.3. Maliyet analizi

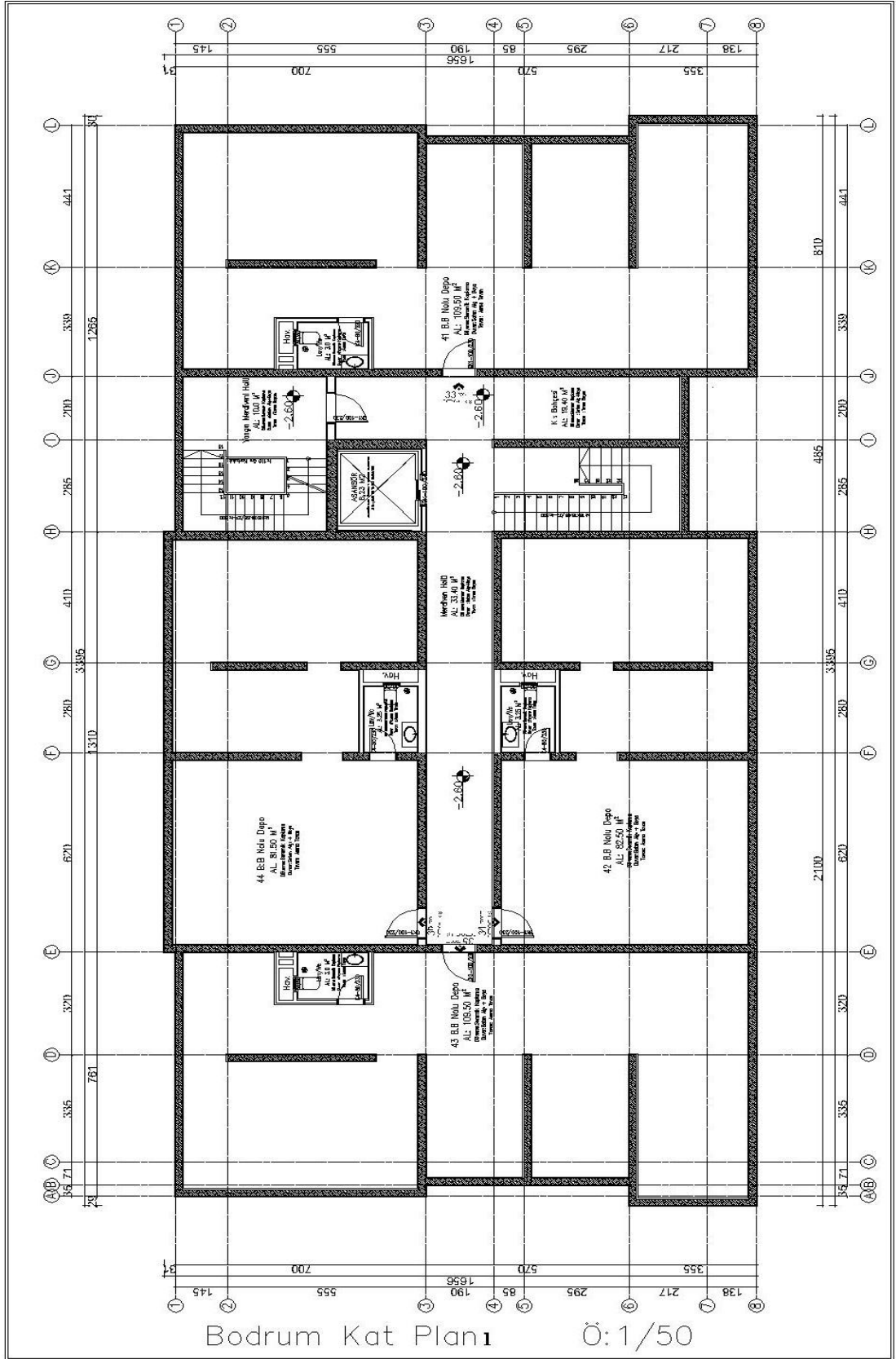
Metraj verileri esas alınarak iş kalemleri oluşturulmuş, birim fiyatlar ile çarpılarak toplam yapım maliyetleri hesaplanmıştır. Ayrıca sistemlerin kalıp kurulum süresi, beton döküm sıklığı, işçilik yoğunluğu gibi zaman ve maliyet üzerindeki etkileri de dikkate alınarak karşılaştırmalı analiz yapılmıştır.

Tablo 3.1. Tünel kalıp sistemi ile yapılan binanın teknik özellikleri

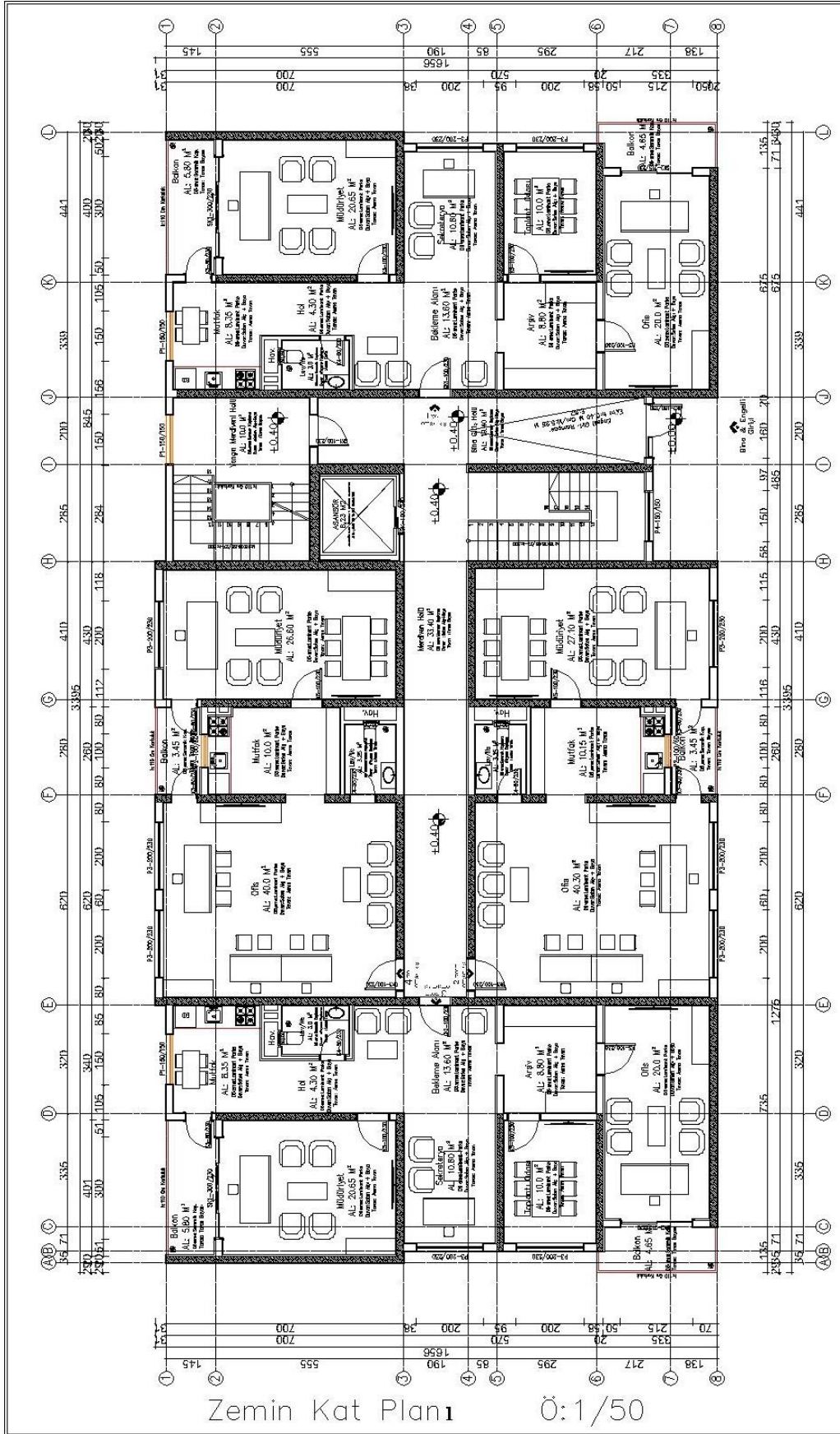
Taşıyıcı Perde Duvar Genişliği	20 cm
Döşeme Kalınlığı	18 cm
Döşeme ve Perde Uç Donatısı (FYD)	B420C
Beton Sınıfı (Fcd)	C30
Bina Kullanım Sınıfı	3
Yapı Kat Yüksekliği	3 m
Toplam Kat Adedi	9(B+Z+7)
Döşeme Sistemi	Kirişsiz Plak
Yer İvme Katsayısı	Sds=0,506
Zemin Sınıf	ZC
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	R=6
Ölü Yük G	0,2 tf/m ²
Hareketli Yük Q	0,2 t/m



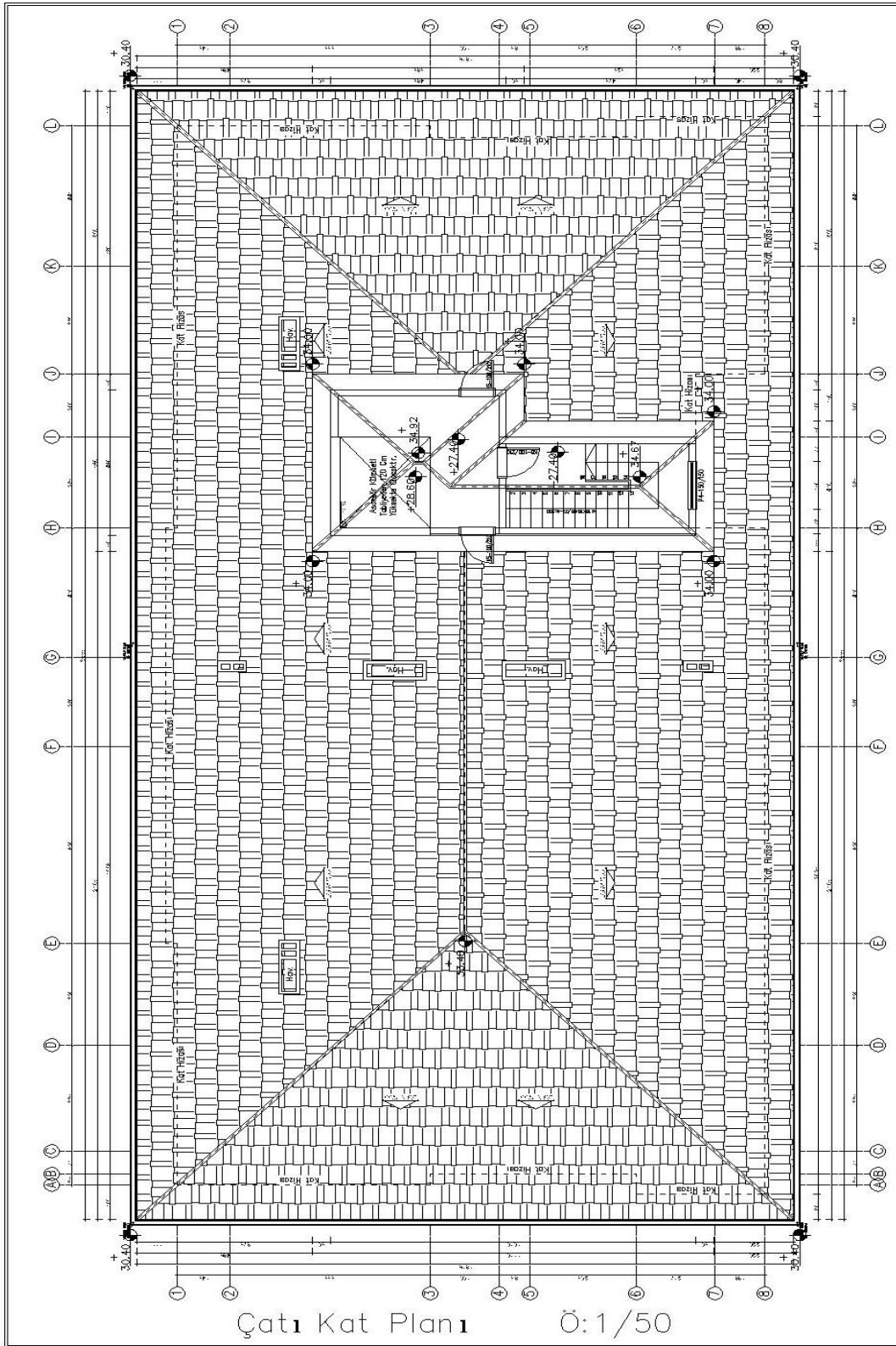
Şekil 3.16. Tünel Kalıp Sistemi Temel Kalıp Planı



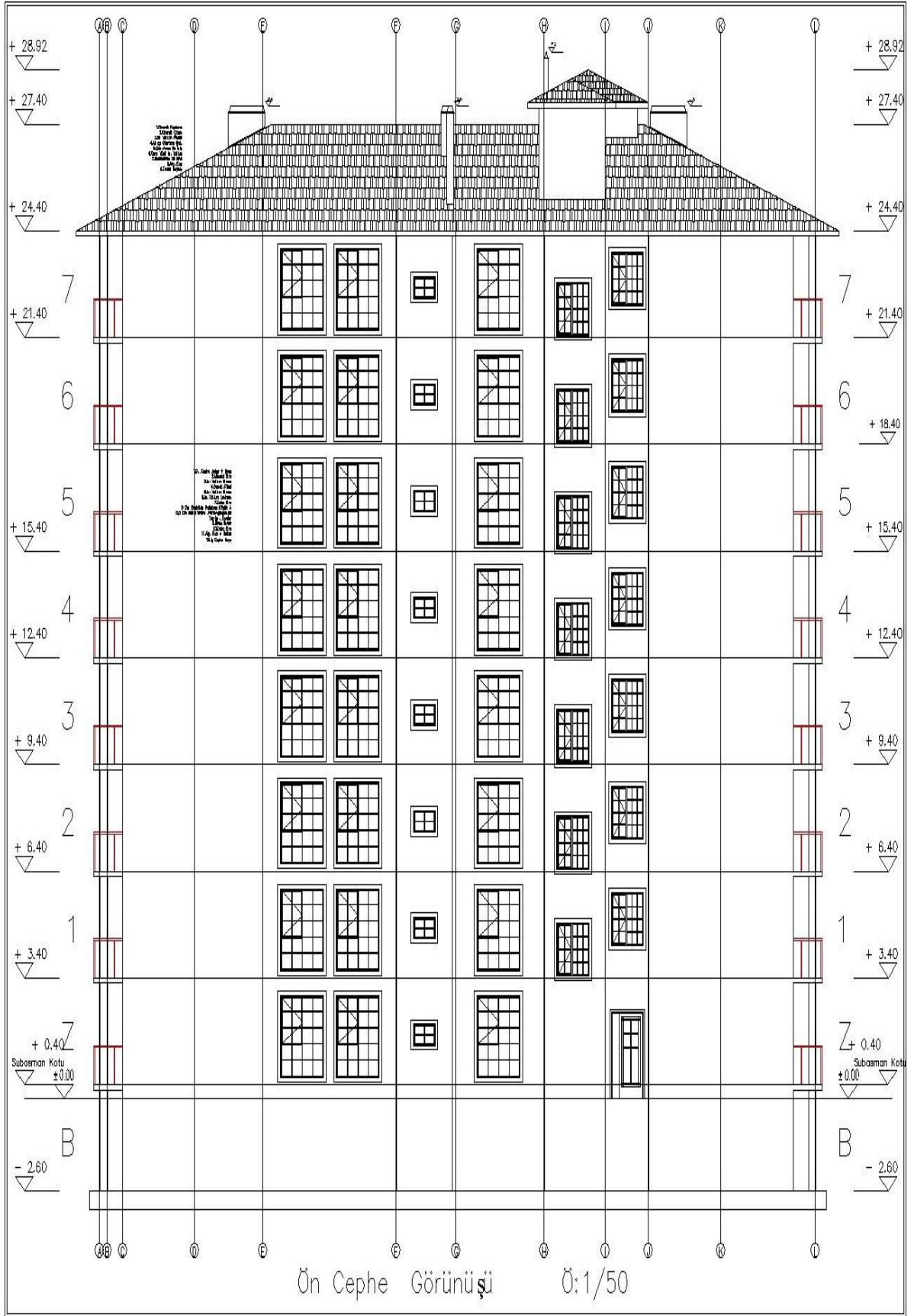
Şekil 3.18. Tünel Kalıp Sistemi Bodrum Kat Planı



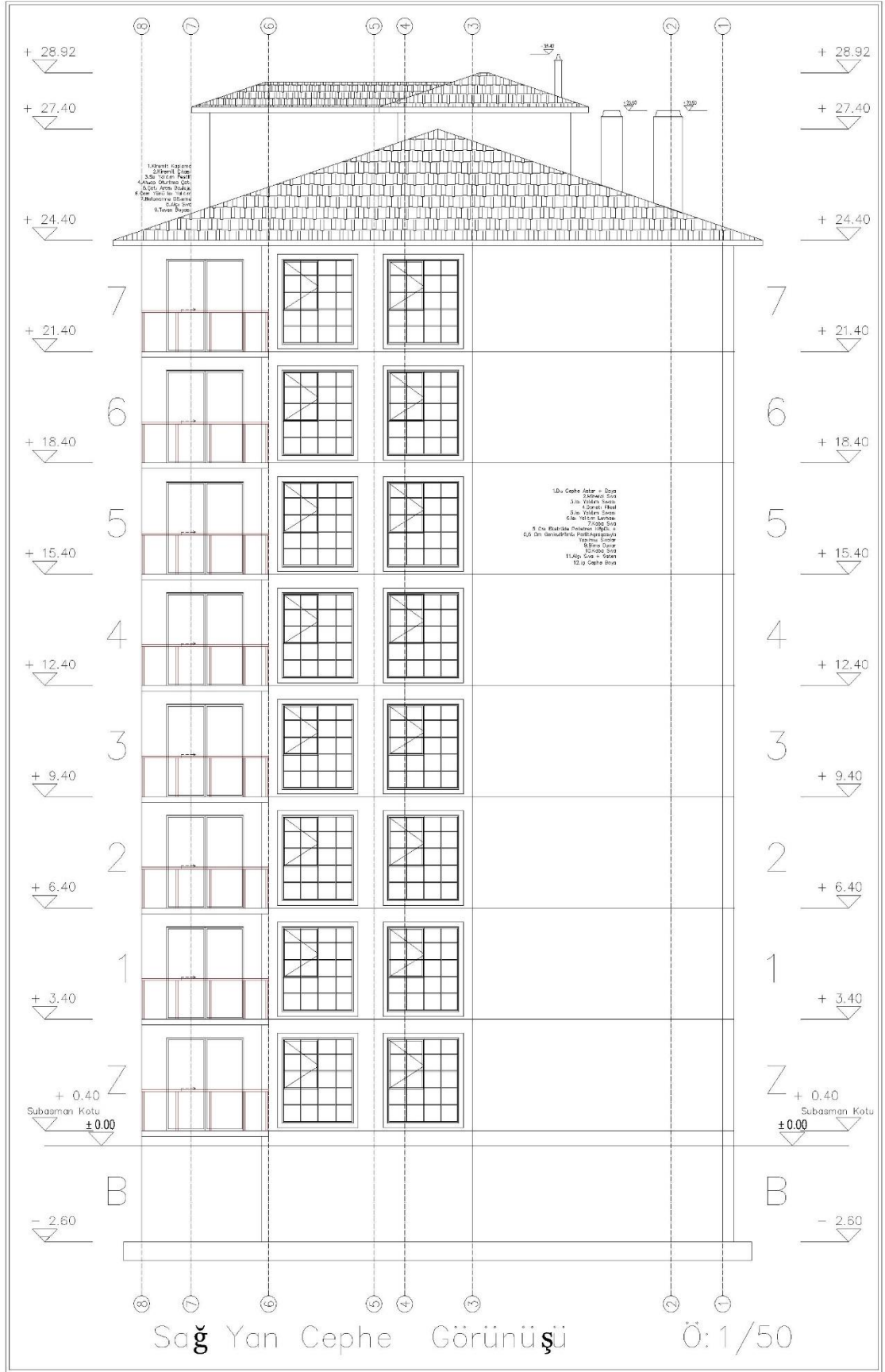
Şekil 3.19. Tünel Kalıp Sistemi Zemin Kat Planı



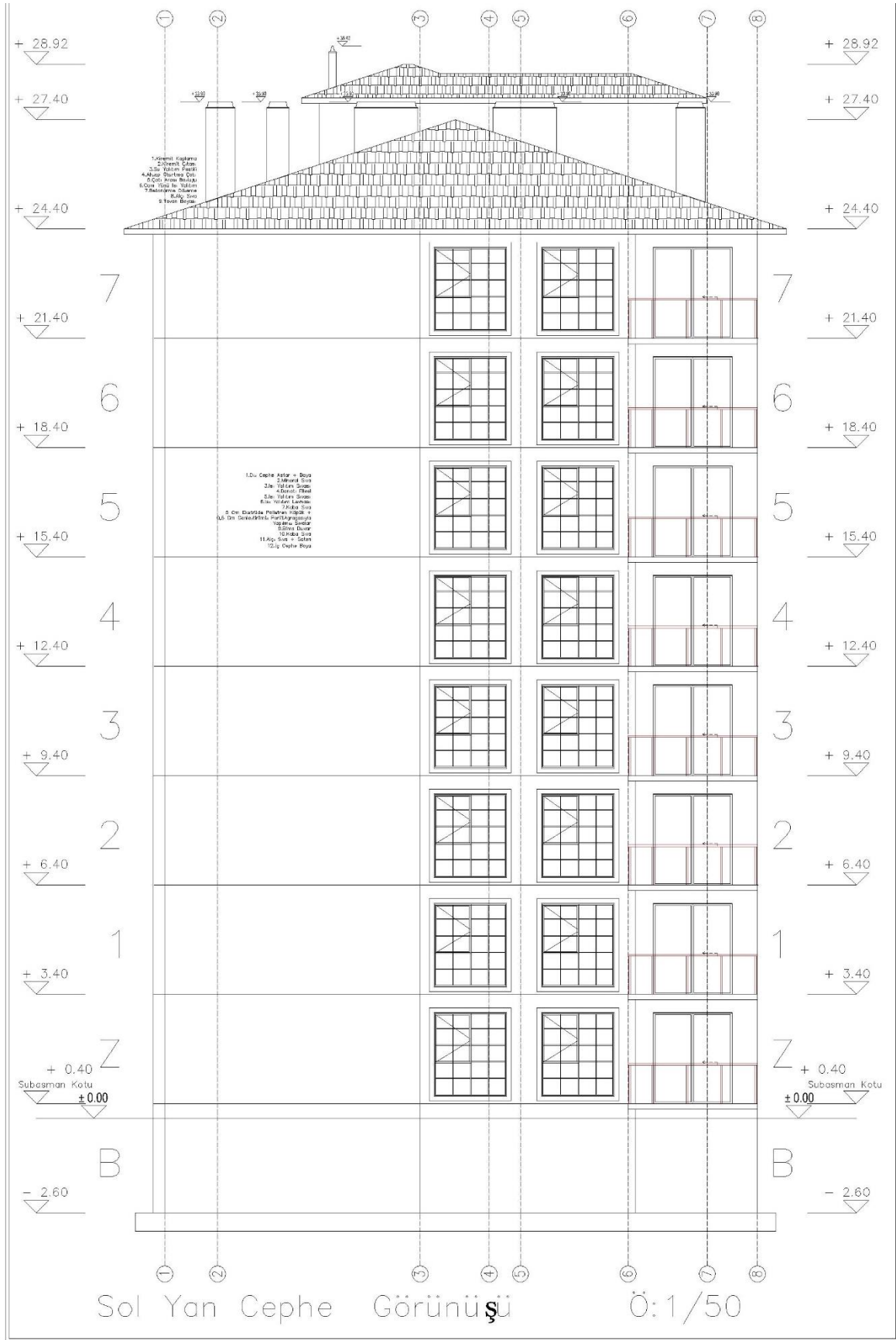
Şekil 3.21. Tünel Kalıp Sistemi Çatı Kat Planı



Şekil 3.22. Tünel Kalıp Sistemi Ön Cephe Görünüşü



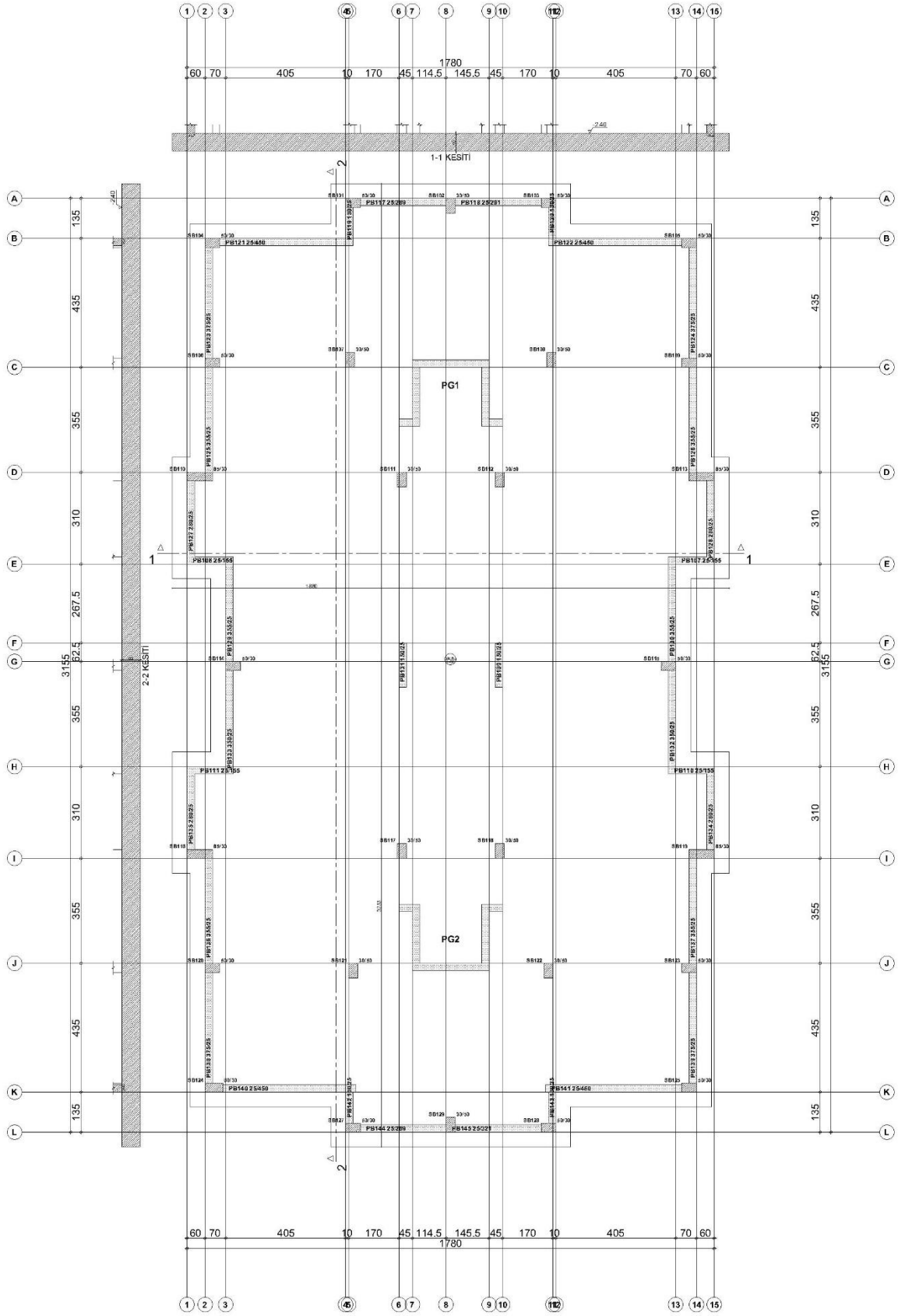
Şekil 3.24. Tünel Kalıp Sistemi Sağ Yan Cephe Görünüşü



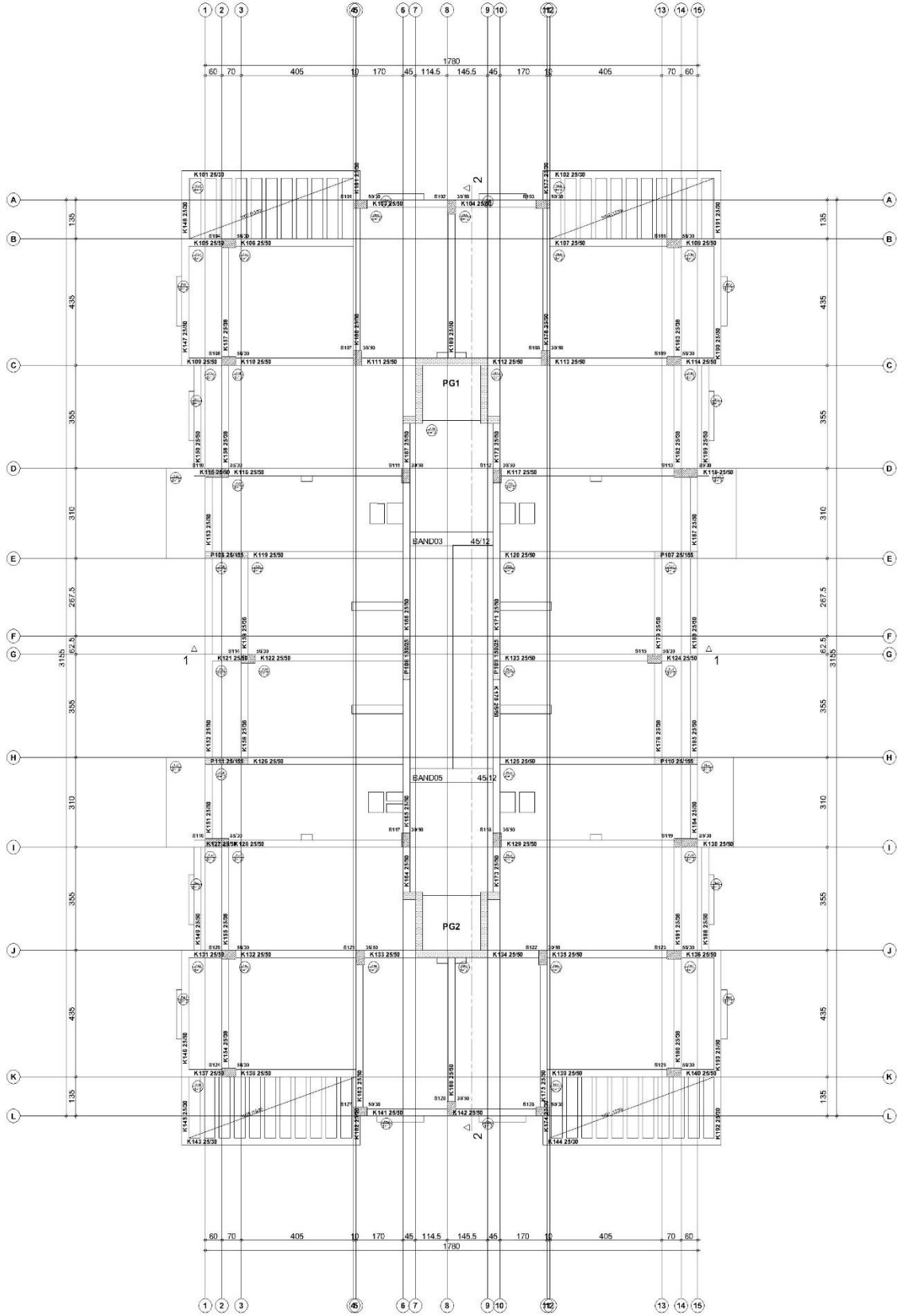
Şekil 3.25. Tünel Kalıp Sistemi Sol Yan Cephe Görünüşü

Tablo 3.2. Konvansiyonel Kalıp Sistemi ile Yapılan Binanın Teknik Özellikleri

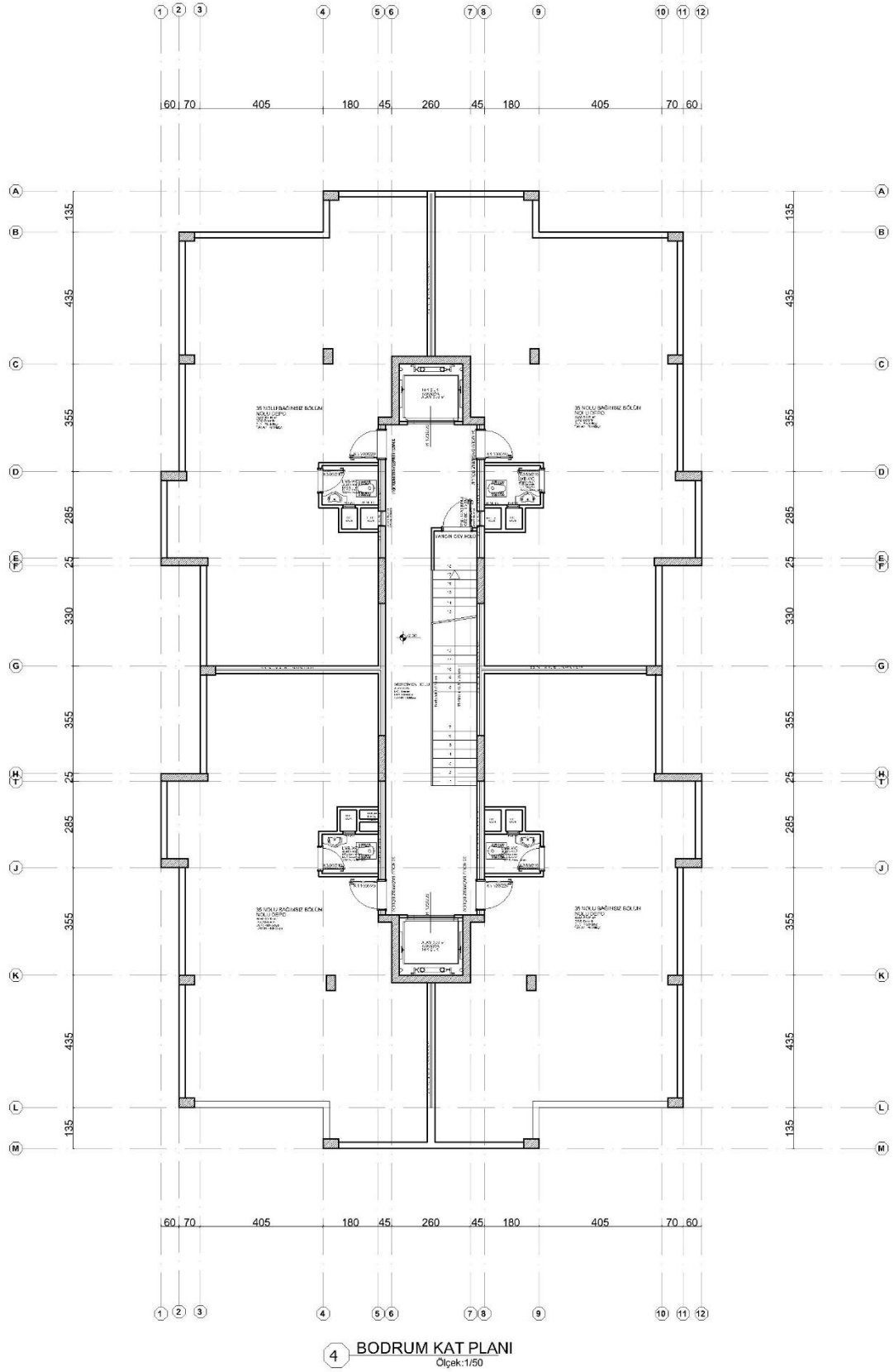
Döşeme Kalınlığı	12 cm
Döşeme ve Perde uç Donatısı (FYD)	B420C
Beton Sınıfı (Fcd)	C30
Bina Kullanım Sınıfı	3
Yapı Kat Yüksekliği	2,9 m
Toplam Kat Adedi	B+Z+7
Döşeme Sistemi	Kirişli plak
Yer İvme Katsayısı	Sds = 0,506
Zemin Sınıfı	ZC
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	R = 6
Ölü Yük G	0,2 tf/m ²
Hareketli Yük Q	0,2 tf/m ²
Toplam Duvar Yüğü	0,7t/m



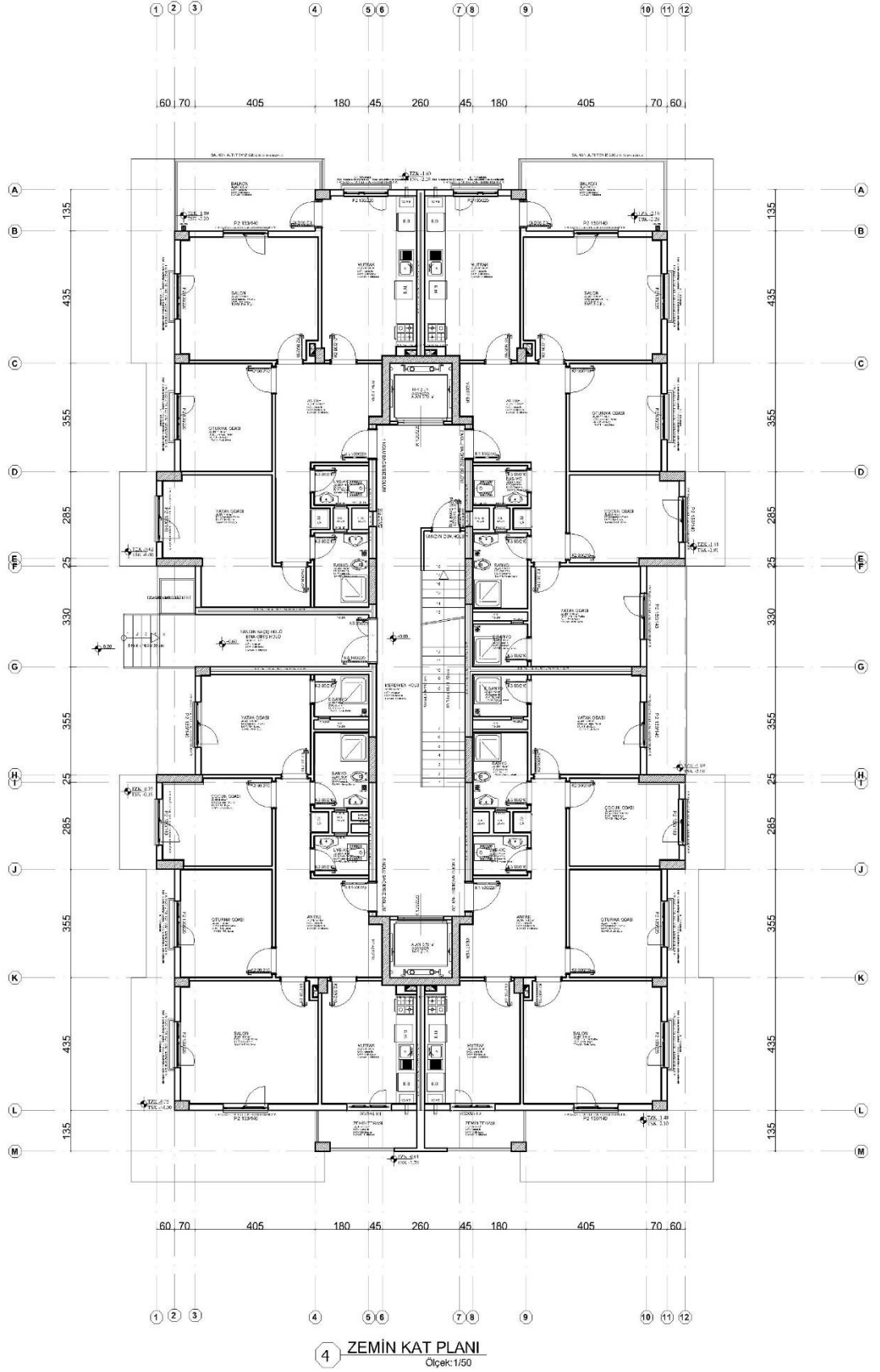
Şekil 3.26. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Temel Kalıp Planı



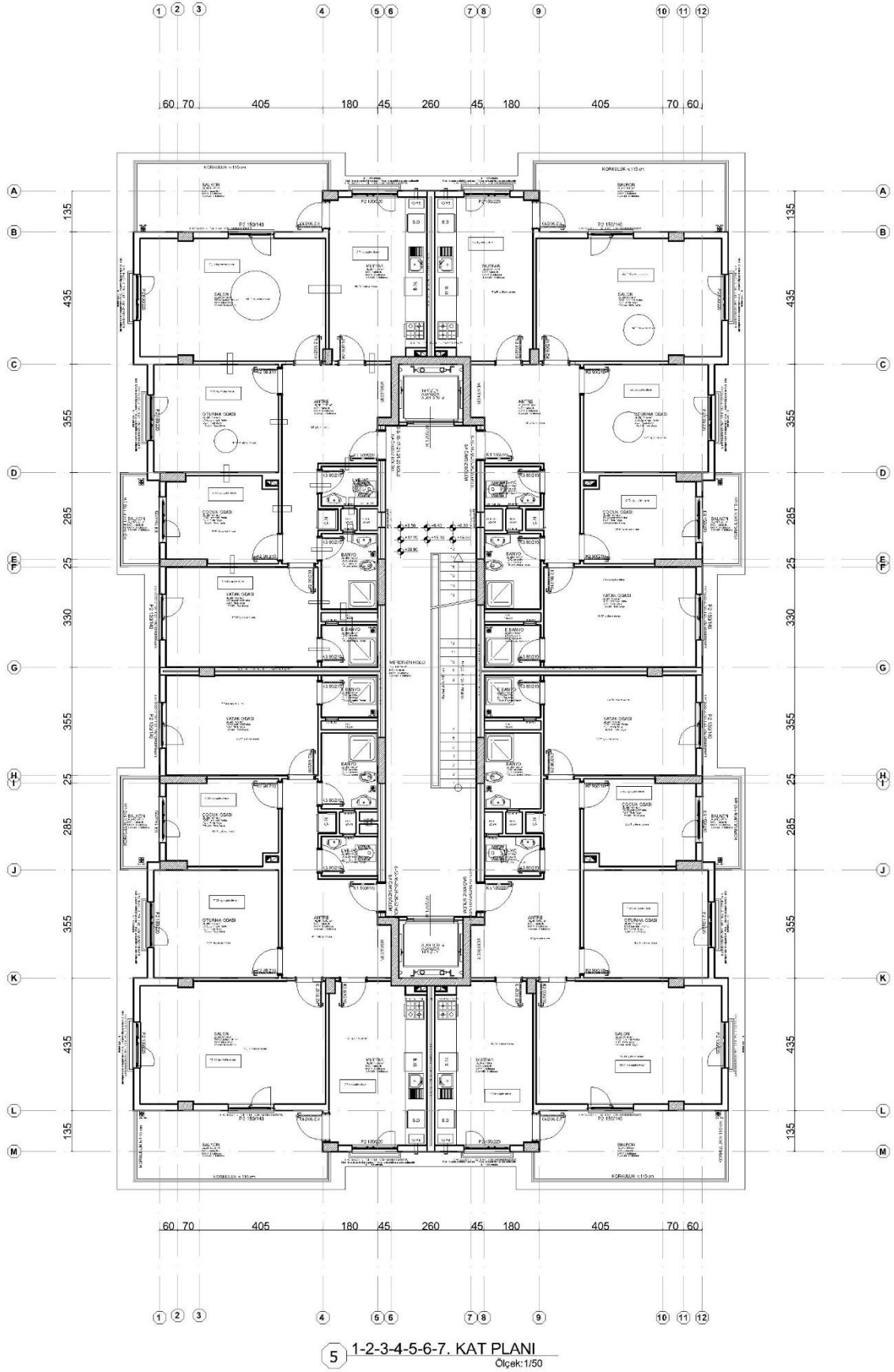
Şekil 3.27. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Normal Katlar Kalıp Planı



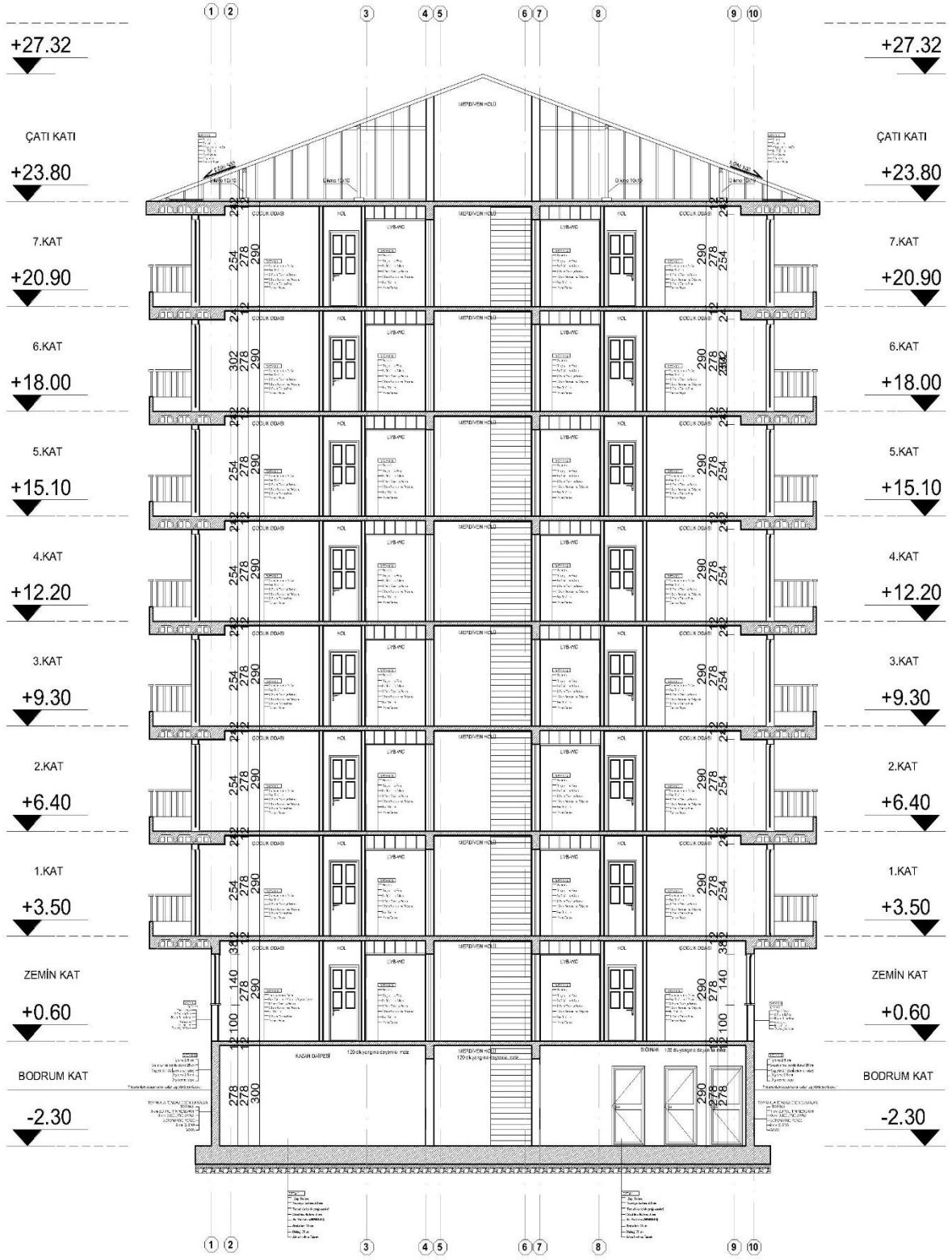
Şekil 3.28. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Bodrum Kat Planı



Şekil 3.29. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Zemin Kat Planı



Şekil 3.30. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Normal Katlar Planı



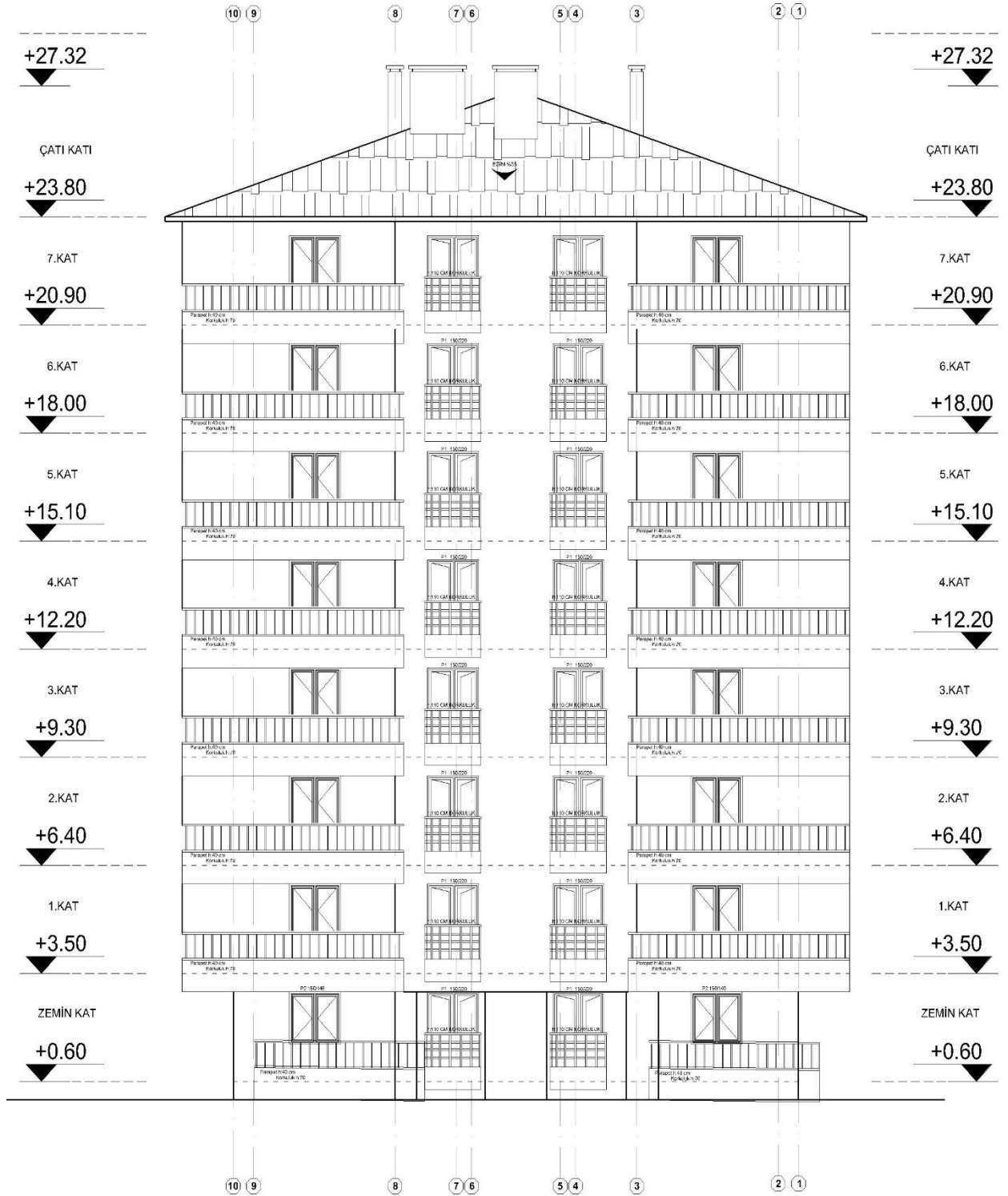
A-A KESİTİ Ö.1/50

Şekil 3.31. Konvansiyonel Kalıp Sistemi A-A Kesiti



SAĞ YAN CEPHE GÖRÜNÜŞÜ Ö.1/50

Şekil 3.32. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Sağ Yan Cephe Görünüş



SOL YAN CEPHE GÖRÜNÜŞÜ Ö.1/50

Şekil 3.33. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Sol Yan Cephe Görünüşü

3.3. Kazı ve Dolgu Maliyeti

Binalara ait kazı maliyetleri, her iki sistem için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve hesaplanmıştır. Söz konusu imalatlara ait poz numaraları, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan 2025 yılı birim fiyat listelerinden alınmıştır. Kazı maliyetlerinin belirlenmesinde, bu resmi birim fiyatlar esas alınarak hesaplama yapılmıştır. Tablo 3.3 ve Tablo 3.4'te maliyet toplamları detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Her iki kalıp sistemindeki kazı alanları ve derinlikleri farklı olduğu için kazı maliyetleri de farklı çıkmıştır. Tünel kalıp sisteminde 1 m² kazı maliyeti 418967/598=700,61 TL'dir. Konvansiyonel kalıp sisteminde ise 1m² kazı maliyeti 282437/549=514,45 TL'dir.

Tablo 3.3. Tünel Kalıp Sistemi Kazı Maliyeti

Poz no	İmalatın cinsi	Alan (m2)	Kalınlık (m)	Hacim (m3)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Fiyat (TL)
15.120.1001	Kazı	598	4	2392	47,54	113715,68
SPF	Kazı Nakliyesi			2192	120	263040
15.115.1213	Dolgu			200	211,06	42212
Toplam						418967

Tablo 3.4. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Kazı Maliyeti

Poz no	İmalatın cinsi	Alan (m2)	Kalınlık (m)	Hacim (m3)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Fiyat (TL)
15.120.1001	Kazı	549	3	1647	47,54	73298,38
SPF	Kazı Nakliyesi			1479	120	177480
15.115.1213	Dolgu			150	211,06	31659
Toplam						282437

3.4. Temel Maliyeti

Her iki yapı da konvansiyonel kalıp sistemi kullanılarak inşa edilmiştir. Bu doğrultuda, her bir sistem için maliyet hesaplamaları birbirinden bağımsız olarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıdaki Tablo 3.5'te ve Tablo 3.6'da ayrıntılı biçimde sunulmuştur.

Tablo 3.5. Tünel Kalıp Sistemi Temel Maliyeti Hesabı

Poz No	İmalatın Cinsi	Alan (m ²)	Kalınlık (m)	Birim (m ³)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Birim Fiyat (TL)
15.125.1002	Stabilize Dolgu	598	0.15	89.7	469,81	42.141
15.150.1003	Grobeton	598	0.1	59.8	2901,28	173.496
15.250.1111	Koruma Betonu	545	0.05	-	364,63	198.723
15.255.1009	Yalıtım	545	0.03	-	597,14	325.441
15.150.1006	Temel Betonu	598	0.5	299	3276,28	979.607
15.250.1111	Tesviye Betonu	598	-	-	364,63	218.048
15.160.1003	Temel Demiri			18.874 ton	39429,35	744.189
15.180.1003	Temel Kalıbı	299			824,39	246.492
Toplam						2.928.137

Tablo 3.6. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Temel Maliyeti Hesabı

Poz No	İmalatın Cinsi	Alan (m ²)	Kalınlık (m)	Birim (m ³)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Birim Fiyat (TL)
15.125.1002	Stabilize Dolgu	540	0.15	81	469,81	38.054
15.150.1003	Grobeton	540	0.1	54	2901,28	156.669
15.250.1111	Koruma Betonu	495	0.05	-	364,63	180.491
15.255.1009	Yalıtım	495	0.03	-	597,14	295.584
15.150.1006	Temel Betonu	540	0.6	324.54	3276,28	1.063.283
15.250.1111	Tesviye Betonu	540	-	-	364,63	196.900
15.160.1003	Temel Demiri			21.169 ton	39429,35	834.679
15.180.1003	Temel Kalıbı	274.5			824,39	226.295
Toplam						2.991.955

3.5. Kalıp Maliyeti

3.5.1. Tünel kalıp sistem kalıp maliyeti

İncelenen projede, kat alanı 542 m² dir. Bu katın ilk etapta 271 m²'lik kısmına tünel kalıp sistemi kurulmakta, kalan alan ise ikinci aşamada tamamlanarak tüm katın betonarme imalatı gerçekleştirilmekte olup işlem iki dökümde tamamlanmaktadır. Beton dökümü sırasında kullanılan kalıplar, yalnızca yatay döşeme yüzeyini değil, aynı zamanda düşey taşıyıcı perdeleri ve bölme duvarları da içerecek şekilde çok yüzeyli temas sağlamaktadır. Bu kapsamda, yalnızca 271 m²'lik alan için kalıpla temas eden toplam beton yüzeyi yaklaşık 950 m² olarak hesaplanmıştır.

Bu yüzey alanı, kullanılan kalıp sisteminin döşeme altı, perde ve duvar yüzeyleriyle birlikte toplamda ne denli yaygın bir yüzeye temas ettiğini göstermektedir. Projede kullanılan bu kalıp sisteminin toplam ağırlığı ise yaklaşık olarak 81 ton

civarındadır. Söz konusu kalıp ekipmanının satış bedeli ise piyasa koşullarına göre yaklaşık 6.500.000 TL seviyesindedir. Tablo 3.7’de detayları sunulmuştur.

Tablo 3.7. Tünel Kalıp Sistem Kalıp malzemesi kalıp montajı ve Demir Montajı maliyeti

Tünel Kalıp Sistem Kalıp Montajı Maliyeti	Top. Fiyat (TL)
271 m ² kalıp 81 ton ve fiyatı	6.500.000
Nakliye + Kalas + Azman	1.500.000
Kule vinç 2 aylık kirası	400.000
Operatör giderleri 2 Aylık 400.000 TL	400.000
Serbest piyasada Demir + Kalıp işçiliği 1 m ² 600 lira 542 *600*8=2.601.600 TL	2.601.600
Kalıp Yağı, Pas Payı, Bağ Teli, Manivela, Çekiç, Kaynak Mak. Vs. 100.000 TL	100.000
Demirci sayısı:15 Kalıpçı sayısı:15 Toplam 30 kişi SSK 2 Aylık 60*8500	510.000
Yemek 660000 TL	660.000
Kamp Giderleri 2 aylık 500000 TL	500.000
Top	13.171.600
1 m² maliyeti	13.171.600/4336
	3037,7 TL

Bu veriler, tünel kalıp sisteminin yatırım maliyeti açısından ilk etapta yüksek bir gider kalemi oluşturduğunu, ancak büyük yüzey alanlarında sağladığı yüksek tekrar kullanımı, hızlı kurulum ve demontaj imkânı sayesinde uzun vadede ekonomik ve zamandan tasarruf sağlayan bir çözüm sunduğunu göstermektedir. Özellikle çok sayıda benzer kat planına sahip projelerde, bu tür sistemlerin amortisman süresi kısa olmakta ve maliyet etkinliği artmaktadır.

3.5.2. Konvansiyonel sistem kalıp maliyeti

Konvansiyonel kalıp sistemi kullanılan projede kat alanı 630 m²’dir. Bu projenin metraj hesaplamaları, proje verileri esas alınarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar da Tablo 3.8’de ve Tablo 3.9’da sunulmuştur. Söz konusu imalatların maliyet hesaplamalarında ise, serbest piyasa fiyatları esas alınmıştır.

Tablo 3.8. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Kalıp Malzemesi Metrajı

Malzeme		İşçilik	
Kullanılan Yer	Alan (m ²)	Kullanılan Yer	Alan (m ²)
Bodrum Kat döşeme	519	Bodrum Kat döşeme	519
Bodrum Kat Kolon	59.5	Bodrum Kat Perde	300
Bodrum Kat Kiriş	150.5	Zemin Kat Döşeme	630
Bodrum Kat Perde	600	Zemin Kat Perde	23
Zemin Kat Döşeme	630	1. Kat döşeme	630
Zemin Kat Kolon	59.5	1.Kat Perde	23
Zemin Kat Kiriş	318	2. Kat döşeme	630
Zemin Kat Perde	46	2. Kat Perde	23
1. Kat döşeme	630	3. Kat Döşeme	630
1.Kat Kolon	59.5	3. Kat Perde	23
1.Kat Kiriş	318	4.. Kat döşeme	630
1.Kat Perde	46	4.Kat Perde	23
2. Kat döşeme	630	5. Kat döşeme	630
2. Kat Kolon	59.5	5.Kat Perde	23
2. Kat Kiriş	318	6. Kat döşeme	630
2. Kat Perde	46	6. Kat Perde	23
3. Kat Döşeme	630	7. Kat Döşeme	630
3. Kat Kolon	59.5	7. Kat Perde	23
3. Kat Kiriş	318	Toplam Kalıp Alanı	6043
3. Kat Perde	46		
4.. Kat döşeme	630		
4.Kat Kolon	59.5		
4.Kat Kiriş	318		
4.Kat Perde	46		
5. Kat döşeme	630		
5.Kat Kolon	59.5		
5.Kat Kiriş	318		
5.Kat Perde	46		
6. Kat döşeme	630		
6. Kat Kolon	59.5		
6. Kat Kiriş	318		
6. Kat Perde	46		
7. Kat Döşeme	630		
7. Kat Kolon	59.5		
7. Kat Kiriş	318		
7. Kat Perde	46		
Toplam Kalıp Alanı	9071		

Tablo 3.9. Konvansiyonel Kalıp Sistem Kalıp malzemesi, kalıp montajı, Demir Montajı mal.

Konvansiyonel Kalıp Sistem Montajı Maliyeti		Top. Fiyat (TL)
630 m ² kat alanı için kalıp malzemeleri (1 katın tamamı için gerekli olan malzeme)		
130 tabak plywood 1 tabak plywood 2000 TL		260000
23 m3 Tahta 1 m3 8500 TL		195500
30 m3 5*10 kereste 1m3 5*10 8500 TL		255000
350 adet teleskobik direk 350*550		192500
Serbest piyasada Demir + Kalıp İşçiliği 900*6043		5.438.700
Demirci sayısı: 7 Kalıpçı sayısı:13 Toplam 20 kişi SSK 7 Aylık 140*8500		1.190.000
Yemek giderleri 7 aylık		2.100.000
Kamp giderleri + Nakliye		1.400.000
Top		11.031.700
1 m² maliyeti	11.031.700/9071	1216.15 TL

3.6. Demir Maliyeti

Tünel kalıp sistemine ait demir metraji, proje üzerinden hesaplanmış ve katlara ait toplam demir ağırlıkları Tablo 3.10 'da sunulmuştur. Benzer şekilde, konvansiyonel kalıp sistemine ilişkin demir metraji da proje verileri doğrultusunda hesaplanmış olup, elde edilen toplam demir ağırlıkları Tablo 3.11'de gösterilmiştir. Her iki sistemin demir maliyetlerinin karşılaştırmasına ise Tablo 3.12'de yer verilmiştir.

Tablo 3.10. Tünel Kalıp Sistemi Demir Metraji

Kullanılan Yer	Toplam Metraj (kg)	Toplam (Ton)
Döşeme altı için hasır donatı metraji	27987,77	
Döşeme üstü için hasır donatı metraji	9555,97	73,648
Perde için hasır donatı metraji	36104,52	
Bant kirişi için donatı metraji	13687,41	
Kiriş için donatı metraji	3228,73	115,774
Perde için donatı metraji	79984,26	
Radye donatı metraji	18873,7	

Tablo 3.11. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Demir Metrajı

Perde + Kolon	Toplam Ağırlık (kg)
Bodrum Kat Perde	8501,66
Bodrum Kat Kolon	4111,42
Bodrum Kat Döşeme	5540,06
Zemin Kat Perde	2510,11
Zemin Kat Kolon	2783,64
Zemin Kat Döşeme	9297,9
1. Kat Perde	2429,23
1. Kat Kolon	2698,76
1.Kat Döşeme	8473,58
2. Kat Perde	2035,1
2. Kat Kolon	2698,76
2. Kat Döşeme	8497,29
3. Kat Perde	2035,1
3. Kat Kolon	2698,76
3. Kat Döşeme	8537,11
4. Kat Perde	2035,1
4. Kat Kolon	2698,76
4. Kat Döşeme	8579,18
5. Kat Perde	2035,1
5. Kat Kolon	2698,76
5.Kat Döşeme	8614,83
6. Kat Perde	2035,1
6. Kat Kolon	2698,76
6. Kat Döşeme	8610,77
7. Kat Perde	2156,53
7. Kat Kolon	2270,65
7. Kat Döşeme	8818,88
TOP	126101 (kg)

Tablo 3.12. Tünel Kalıp Sistemi ile Konvansiyonel Kalıp Sisteminin Demir Maliyeti Açısından Karşılaştırılması

Poz No	Yapım Sistemi	Hasır Çelik (ton)	Nervürlü Demir (ton)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Birim Fiyat (TL)
Spf	Tünel Kalıp	73,648		35500	2614504
Spf	Tünel Kalıp		115,774	28000	3241672
Tünel Kalıp Sistem Toplam Demir Maliyeti					5.856.176
15.160.1003	Konvansiyonel Sistem		126,101	28000	3530828
Konvansiyonel Sistem Toplam Demir Maliyeti					3.530.828

3.7. Beton Maliyeti

Her iki sistemde de C30 sınıfı beton kullanılmıştır. C30 betonunun eşdeğer küp basınç dayanımı 37 N/mm^2 (veya 370 kg/cm^2) olarak tanımlanmaktadır. Tünel kalıp sistemine ait beton metraj hesaplamaları Tablo 3.13’de, konvansiyonel kalıp sistemine ait beton metrajı ise Tablo 3.14’te belirtilmiştir. Bu iki farklı sistemin beton maliyeti açısından karşılaştırılması da Tablo 3.15’te sunulmuştur.

Tablo 3.13. Tünel Kalıp Sistem Beton Miktarı

Kullanılan Yer	Perde	Kolon	Döşeme
	Beton Miktarı (m ³)	Beton Miktarı (m ³)	Beton Miktarı (m ³)
Temel			298,856
1.Bodrum Kat	185,441	0,376	86,125
Zemin Kat	96,156	2,304	79,858
1.Kat	96,156	2,304	79,858
2.Kat	96,156	2,304	75,807
3.Kat	96,156	2,304	75,807
4.Kat	96,156	2,304	75,807
5.Kat	96,156	2,304	75,807
6.Kat	96,156	2,304	75,807
7.Kat	96,156	2,418	84,811
Top.	954,689	18,923	1008,543
Genel Toplam			1982,154

Tablo 3.14. Konvansiyonel Sistem Beton Miktarı

Kullanılan Yer	Beton Miktarı (m ³)
Temel	325
1.Bodrum Kat	172,09
Zemin Kat	130,258
1.Kat	131,535
2.Kat	131,535
3.Kat	131,535
4.Kat	131,535
5.Kat	131,535
6.Kat	131,535
7.Kat	142,6
Top.	1559,158

Tablo 3.15. Tünel kalıp sistem ile Konvansiyonel Kalıp Sistemin Beton Maliyeti Açısından Karşılaştırılması

Poz No	Yapım Sistemi	Birim (m ³)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Birim Fiyat (TL)
15.150.1006	Tünel Kalıp	1982,154	3276,28	6494091
	Toplam			6.494.091
15.150.1006	Konvansiyonel	1559,158	3276,28	5108238
	Toplam			5.108.238

3.8. Duvar Maliyeti

Her iki yapım sisteminin hem iç hem de dış duvarlarında yatay delikli tuğlalar tercih edilmiştir. Bu tuğlaların gözenekli yapısı, ısı yalıtım performansını olumlu yönde etkileyerek yaklaşık %11 oranında bir iyileşme sağlamaktadır. Aynı zamanda, bu hafif yapı elemanlarının kullanımı sayesinde binaya etkiyen toplam yükte de azalma meydana gelmektedir. Yatay delikli tuğlaların yoğunluğu yaklaşık 600 kg/m³ olup, genel basınç dayanımları 75 kg/cm²'dir. Projede kullanılan 19x19x8,5 cm boyutundaki tuğlaların basınç dayanımı 27 kgf/cm², 19x19x13,5 cm boyutundaki tuğlaların ise 28 kgf/cm² olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.16'da görüleceği üzere tünel kalıp sistemlerinde tüm katların duvar metrajları eşittir. Konvansiyonel kalıp sistemlerinde ise (Tablo 3.17) bodrum ve zemin katlar hariç tüm katlardaki duvar metrajları eşittir. Her iki yapım sistemine ilişkin duvar maliyetlerinin karşılaştırmalı analizi ise Tablo 3.18'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Tablo 3.16. Tünel Kalıp Sistemi ile Yapılan Binanın Duvar Metrajı

Kullanılan Yer	10 luk Duv. (m²)	25 lik Duv.(m²)	Toplam (m²)
Bodrum Kat	0	0	
Zemin Kat	148,2	230,76	
1.kat	148,2	230,76	
2.kat	148,2	230,76	
3.kat	148,2	230,76	
4.kat	148,2	230,76	
5.kat	148,2	230,76	
6.kat	148,2	230,76	
7.kat	148,2	230,76	
Top	1185,6	1846,08	3031,68

Tablo 3.17. Konvansiyonel Kalıp Sistemi ile Yapılan Binanın Duvar Metrajı

Kullanılan Yer	10 luk Duvar(m²)	25 lik Duvar(m²)	Toplam (m²)
Bodrum Kat	156	0	
Zemin Kat	328	343,215	
1.kat	348	352,64	
2.kat	348	352,64	
3.kat	348	352,64	
4.kat	348	352,64	
5.kat	348	352,64	
6.kat	348	352,64	
7.kat	348	352,64	
Çatı	0	97,905	
	2920	2909,6	5829.6

Tablo 3.18. Tünel kalıp ile konvansiyonel kalıp sistemin duvar maliyetleri açısından karşılaştırılması

Poz No	Yapım Sistemi	Birim (m ²)	Birim Fiyat (TL)	Top Fiyat (TL)
Spf	Tünel Kalıp Dış Duvar(malzeme)	1846,08	417,5	770705
Spf	Tünel Kalıp Dış Duvar (işçilik)	1846,08	200	369216
Spf	Tünel Kalıp İç Duvar(malzeme)	1185,6	287,5	340860
Spf	Tünel Kalıp İç Duvar (işçilik)	1185,6	200	237120
Spf	Tünel Kalıp Toplam Duvar Maliyeti			1.717.901
Spf	Konvansiyonel Sistem Dış Duvar (mal.)	2909,6	417,5	1214758
Spf	Konvansiyonel Sistem Dış Duvar (iş.)	2909,6	200	581920
Spf	Konvansiyonel Sistem İç Duvar (mal.)	2920	287,5	839500
Spf	Konvansiyonel Sistem İç Duvar(iş.)	2920	200	584000
Spf	Konvansiyonel Sistem Top. Duvar Mal.			3.220.178

3.9. Sıva Maliyeti

İnşaat uygulamalarında sıva işlemi, beton dökümünün ardından oluşan kaba yapı yüzeylerindeki pürüzleri, boşlukları ve derzleri kapatmak amacıyla uygulanmaktadır. Sıva, bölme duvarlar, taşıyıcı duvarlar ve tavan yüzeylerinde mevcut olan düzensizliklerin giderilmesini sağlar ve bu sayede yüzeylerin düzgün hale getirilmesine katkıda bulunur. Ayrıca, sıva uygulamasının yapının nem kontrolü ile ısı yalıtımı üzerinde de düzenleyici bir etkisi bulunmaktadır.

Sıvaların ısı iletkenlik katsayısı, sıva harcının bileşimine ve içerdiği nem oranına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu değer dış cephe sıvalarında yaklaşık 0,70–1,30 kcal/m·h·°C, iç cephe sıvalarında ise 0,40–0,90 kcal/m·h·°C aralığında yer almaktadır. Uygulamada yaygın olarak dış cephe sıvaları 2 cm, iç cephe sıvaları ise 1,5 cm kalınlığında yapılmaktadır. Tünel kalıp sistem iç sıva ve dış sıva metrajları Tablo 3.19’da, konvansiyonel kalıp sistemi dış sıva metrajı Tablo 3.20’de ve konvansiyonel kalıp sistemi iç sıva metrajı Tablo 3.21 de sunulmuştur. Bu iki sistemin sıva açısından maliyet karşılaştırılması da Tablo 3.22 de gösterilmiştir.

Tablo 3.19. Tünel Kalıp Sistem İç Sıva ve Dış Sıva Metrajı

Kullanılan Yer	İç Sıva (m²)	Dış Sıva (m²)
Bodrum Kat	1030	0
Zemin Kat	1061	307
1.Kat	1061	307
2.Kat	1061	307
3.Kat	1061	307
4.Kat	1061	307
5.Kat	1061	307
6.Kat	1061	307
7.Kat	1061	307
Top Sıva Mik.	9518	2456

Tablo 3.20. Konvansiyonel Kalıp Sistemi Dış Sıva Metrajı

Kullanılan Yer	Sıva Miktarı (m²)
Bodrum Kat Dış Sıva	301,31
Zemin Kat Dış Sıva	260,93
1.Kat Dış Sıva	243,82
2.Kat Dış Sıva	243,82
3.Kat Dış Sıva	243,82
4.Kat Dış Sıva	243,82
5.Kat Dış Sıva	243,82
6.Kat Dış Sıva	243,82
7.Kat Dış Sıva	243,82
Top Dış Sıva	2268,98

Tablo 3.21. Konvansiyonel Kalıp Sistemi İç Sıva Metraji

Kullanılan Yer	Sıva Miktarı (m ²)
Bodrum Kat Sıva	312,52
Zemin Kat Sıva	1250
1.Kat Sıva	1250
2.Kat Sıva	1250
3.Kat Sıva	1250
4.Kat Sıva	1250
5.Kat Sıva	1250
6.Kat Sıva	1250
7.Kat Sıva	1250
Top Sıva	10312,52

Tablo 3.22. Tünel Kalıp Sistem ile Konvansiyonel Kalıp Sistemin Sıva Maliyeti Açısından Karşılaştırılması

Poz No	Yapım Sistemi	Birim (m ²)	Birim Fiyat (TL)	Top. Birim Fiyat (TL)
15.275.1111	Tünel Kalıp Sistem Dış Sıva	2456	601,88	1478217
15.275.1112	Tünel Kalıp Sistem İç Sıva	9518	535,6	5097840
Toplam				6.576.057
15.275.1111	Konvansiyonel Sistem Dış Sıva	2268	601,88	1365063
15.275.1112	Konvansiyonel Sistem İç Sıva	10312,52	535,6	5523385
Toplam				6.888.448

Tünel Kalıp Sistemi ile Konvansiyonel Kalıp sistemini iç sıva ve dış sıva açısından karşılaştırdığımızda konvansiyonel kalıp sisteminin maliyetinin % 4.53 daha fazla olduğu hesaplanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan çeşitli akademik araştırmalar ve sektörel veriler doğrultusunda, bir yapının toplam inşaat maliyetinin yaklaşık olarak %40'ının kaba inşaat, geri kalan %60'ının ise ince inşaat kalemlerinden oluştuğu belirlenmiştir. Kaba inşaat maliyeti kendi içinde değerlendirildiğinde, bu kısmın yaklaşık %40'ını işçilik giderleri, %20'sini kalıp maliyeti ve %40'ını ise beton ve benzeri yapı malzemelerinin maliyeti oluşturmaktadır. Bu oranlar dikkate alındığında, özellikle kalıp sistemlerine ve işçiliğe ayrılan bütçenin toplam maliyet üzerinde ne denli etkili olduğu açıkça görülmektedir.

Bu bağlamda, yapı üretim sürecinde kalıp sistemi seçimi, inşaatın ekonomikliği açısından kritik bir rol oynamaktadır. Kalıp malzemesinin hem miktar açısından asgari düzeyde tutulması, hem de dayanıklılık ve tekrar kullanılabilirlik özellikleri bakımından uzun ömürlü olması, toplam maliyetin minimize edilmesinde önemli bir avantaj sağlayacaktır. Yapının projelendirme aşamasında, kullanılacak kalıp sistemi ve işçilik süreci dikkate alınarak uygun teknoloji ve yöntemlerin tercih edilmesi, projenin genel bütçesinde önemli ölçüde tasarruf sağlamaya olanak tanır.

Bu doğrultuda gerçekleştirilen çalışmada, benzer yapı büyüklüklerine sahip fakat farklı kalıp sistemleri kullanılarak tasarlanmış iki ayrı proje incelenmiştir. Her iki yapı sistemi için ayrı ayrı yapılan metraj ve maliyet analizleri sonucunda, kalıp sistemlerinin toplam maliyet üzerindeki etkileri somut verilerle ortaya konmuştur. İlgili hesaplamalar doğrultusunda elde edilen sonuçlar, bu bölümde tablolar aracılığıyla karşılaştırmalı biçimde sunulmuştur. Böylece tünel kalıp ve konvansiyonel kalıp sistemleri, maliyet etkinliği açısından kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir.

4.1. Tünel Kalıp Sistem ile Konvansiyonel Kalıp Sisteminin Maliyet Açısından Karşılaştırılması

Tünel kalıp sistemi ile konvansiyonel kalıp sistemine ait tüm yapı elemanlarının metraj hesaplamaları detaylı biçimde gerçekleştirilmiş olup, her iki sistemde kullanılan iş kalemlerine ait miktarlar ayrı ayrı çıkarılmıştır. Bu kapsamda, projede yer alan beton, kalıp, donatı, işçilik ve diğer yardımcı malzeme kalemlerinin metrajları projeye uygun olarak hesaplanmış ve sonuçlar doğrultusunda birim fiyat analizleri yapılmıştır.

Elde edilen metraj verileri, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan 2025 yılı inşaat birim fiyatları esas alınarak değerlendirilmiştir. Fakat bazı kalemlerde serbest piyasa fiyatını kullanmak daha uygun olmuştur ve tüm iş

kalemleri için maliyet karşılıkları hesaplanmıştır. Böylece, her iki kalıp sisteminin uygulama sürecinde oluşacak toplam yapım maliyetlerinin karşılaştırılması amacıyla, sistemlere ait tüm iş kalemleri birim fiyatları ile çarpılarak Tablo 4.1. de sunulmuştur.

Bu çalışma ile tünel kalıp ve konvansiyonel kalıp sistemlerinin maliyet bakımından farklılıkları ortaya konmuş; aynı yapı tipine ait uygulamalarda kalıp sisteminin toplam maliyet üzerindeki etkisi somut verilerle desteklenmiştir. Hazırlanan bu tablo, özellikle yapı üretim sürecinde maliyet etkinliğini ön planda tutan karar vericiler ve uygulayıcılar için önemli bir değerlendirme aracı niteliğindedir.

Tablo 4.1. Maliyet Açısından Karşılaştırılması

Tünel Kalıp Sistem Maliyeti		Konvansiyonel Kalıp Sistem Maliyeti	
Yapılan İşin Cinsi Tutar	Tutar (TL)	Yapılan İşin Cinsi Tutar	Tutar (TL)
Kazı ve Dolgu Maliyeti	418.967	Kazı ve Dolgu Maliyeti	282.437
Temel Maliyeti	2.928.137	Temel Maliyeti	2.991.955
Kalıp Maliyeti (İşçilik Dâhil)	13.171.600	Kalıp Maliyeti (İşçilik Dâhil)	11.031.700
Hasır Çelik, Demir	5.856.176	Demir	3.530.828
Beton	6.494.091	Beton	5.108.238
Duvar	1.717.901	Duvar	3.220.178
Sıva	6.576.057	Sıva	6.888.448
Toplam Maliyet	37.162.929	Toplam Maliyet	33.053.784

Yapılan maliyet analizine göre, tünel kalıp sistemiyle inşa edilmesi planlanan bodrum + zemin + 7 katlı ve 542 m² kat alanına sahip bir binanın toplam inşaat maliyeti 37.162.929 TL olarak hesaplanmıştır. Bu doğrultuda, birim metrekare maliyeti yaklaşık olarak $37.162.929 \text{ TL} / 4748 \text{ m}^2 = 7827 \text{ TL/m}^2$ olarak ortaya çıkmaktadır. Aynı şekilde, konvansiyonel kalıp sistemi kullanılarak inşa edilmesi öngörülen 630 m² kat alanına sahip bir yapının toplam maliyeti ise 33.053.784 TL olup, birim metrekare maliyeti yaklaşık $33.053.784 \text{ TL} / 5.559 \text{ m}^2 = 5.946 \text{ TL/m}^2$ olarak belirlenmiştir.

4.2. Tünel Kalıp Sistemi ile Konvansiyonel Kalıp Sistemi'nin İnşaat Süresi Açısından Karşılaştırılması

İki farklı kalıp sistemi arasında zaman yönetimi açısından yapılan karşılaştırmalı analiz sonuçları Tablo 4.2'de ve Tablo 4.3'te ayrıntılı olarak sunulmuştur. Elde edilen veriler, tünel kalıp sistemlerinin konvansiyonel kalıp sistemine kıyasla önemli ölçüde

zaman avantajı sağladığını açıkça ortaya koymaktadır. Özellikle tünel kalıp sisteminde %80'e varan oranlarda zaman tasarrufu elde edildiği görülmüş olup, bu durum sadece yapım süresini kısaltmakla kalmamakta, aynı zamanda kaba inşaat sürecinde ortaya çıkan toplam işçilik maliyetlerini de anlamlı düzeyde azaltmaktadır.

Bu bağlamda değerlendirildiğinde, tünel kalıp sisteminin hem iş gücünden tasarruf sağlaması hem de üretim sürecini hızlandırması, büyük ölçekli toplu konut projelerinde ciddi bir avantaj sunmaktadır. Nitekim, günümüzde kentleşmenin hızla arttığı ve nüfusun sürekli büyüdüğü bir ortamda, konut ihtiyacının ivedilikle karşılanması hayati önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, zaman faktörünün yalnızca ekonomik değil aynı zamanda sosyal bir değer olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır. Dolayısıyla, inşaat sektöründe sürdürülebilir ve hızlı üretim hedefleyen projelerde tünel kalıp sisteminin tercih edilmesi, zaman yönetimi açısından stratejik bir karar olarak değerlendirilmelidir.

Tablo 4.2. Tünel kalıp ile konvansiyonel kalıp sistemin inşaat yapım süreleri açısından karşılaştırılması

YAPILAN İŞ Sis.	Tünel Kalıp Sis.	Konvansiyonel Kalıp
Kalıp Kurulumu	2 gün	6 gün
Donatı (Demir) Yerleştirme	1 gün	3 gün
Elektrik ve Tesisat Boşlukları (PVC Boru, kılıf)	1 gün	1 gün
Beton Dökümü	1 gün	1 gün
Kalıp Sökümü	1 gün (erken söküm vinç destekli)	4 gün
Kalıbın Temizliği ve Yağlanması	1 gün	1 gün
Betonun bakımı ve sulanması	-	7 gün
Toplam Uygulama Süresi (1 Kat)	7 gün	23 gün

Tablo 4.3. Tünel kalıp ile konvansiyonel kalıp sistemin inşaat yapım sürelerinin 9 katlı bina için karşılaştırılması

Genel Kaba İnşaat Süre Kıyaslaması 9 katlı bina için		
Sistem	Günlük Üretim	9 Kat İçin Toplam Süre
Tünel Kalıp Sistemi	7 gün	63 gün
Konvansiyonel Kalıp Sistemi	23 gün	207 gün

Sonuçlar dikkate alındığında, tünel kalıp sistemlerinin hem zaman hem de kalite açısından önemli avantajlar sunduğu açıkça görülmektedir. Özellikle aynı tipte, çok

sayıda yapının inşa edildiği tekrarlı projelerde, bu sistemin sağladığı hız, işçilik tasarrufu ve yapım sürecindeki standardizasyon gibi unsurlar, toplam maliyetin düşürülmesine önemli katkılar sağlamaktadır. Tünel kalıp sistemi, üretim sürecini hızlandırmakla kalmayıp, aynı zamanda yapıların homojen ve yüksek kalitede inşa edilmesini mümkün kılmakta, bu sayede hem teknik hem de estetik standartların korunmasına olanak tanımaktadır.

Günümüzde artan konut ihtiyacı, kentleşme baskısı ve ekonomik verimlilik arayışları doğrultusunda, bu sistemin kullanım alanının giderek genişlediği gözlemlenmektedir. Özellikle toplu konut projeleri, afet sonrası yeniden inşa çalışmaları ve kamuya yönelik hızlı yapı üretimi gerektiren durumlarda tünel kalıp sistemleri, sektörün öncelikli tercihleri arasında yer almaktadır. Yapım sürecinde sağladığı süre avantajı, iş gücü maliyetlerini azaltması ve uzun ömürlü kalıp donanımıyla yatırımın geri dönüş süresini kısaltması, bu sistemin yaygınlaşmasında etkili faktörler olarak öne çıkmaktadır.

Bu bağlamda değerlendirildiğinde, tünel kalıp sistemlerinin yalnızca teknik bir uygulama tercihi olmanın ötesinde, inşaat sektöründe verimlilik, sürdürülebilirlik ve kalite odaklı bir üretim anlayışının temsilcisi haline geldiği söylenebilir. Günümüzde olduğu gibi gelecekte de tünel kalıp teknolojisinin, yapı üretiminde stratejik bir rol oynamaya devam edeceği öngörülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında, tünel kalıp sistemi detaylı bir şekilde incelenmiş; sistemde kullanılan temel yapı elemanları ve malzemelerin teknik özellikleri açıklanmıştır. Ayrıca, geliştirilmiş uygulama yöntemleri ile günlük döküm süreçlerine ilişkin bilgiler sunulmuştur. Tünel kalıp sistemi ile konvansiyonel kalıp sistemi karşılaştırmalı olarak ele alınmış, teknik ve ekonomik açılardan elde edilen veriler doğrultusunda analizler gerçekleştirilmiştir.

Tünel kalıp sistemi, taşıyıcı duvarlar ile döşemelerin tek bir işlemle ve bütün halinde dökülmesine olanak sağlayarak monolitik bir yapı elde edilmesini mümkün kılar. Bu sistemde kullanılan temiz ve düzgün yüzeyli çelik kalıplar, beton yüzeylerin düzgün çıkmasını sağlar; bu da sonradan yapılacak sıva, boya ve kaplama işlemlerinde hem işçilik süresinden hem de malzeme tüketiminden tasarruf edilmesine katkıda bulunur.

Konut üretiminde tünel kalıp ya da geleneksel kalıp sistemlerinden hangisinin tercih edileceği karar süreci, bir dizi teknik ve ekonomik kriterin dikkate alınmasını gerektirir. Projenin büyüklüğü, tekrar sayısı, mimari tasarımın sadeliği, iş gücü olanakları ve proje süresi gibi etkenler bu karar üzerinde belirleyici rol oynar. Bu nedenle, uygulanacak yapı sistemi belirlenmeden önce bu kriterler detaylı şekilde analiz edilmeli ve uygun yapım yöntemi buna göre seçilmelidir.

Tünel kalıp sistemlerinin en önemli dezavantajlarından biri, yüksek başlangıç maliyetine sahip olmasıdır. Ancak bu sistemler defalarca kullanılabildiği için, özellikle seri üretime dayalı büyük ölçekli konut projelerinde, ilk yatırım maliyeti zamanla telafi edilmekte ve hem toplam maliyet hem de inşaat süresi anlamında önemli avantajlar sunmaktadır.

Buna karşın, tünel kalıp sistemlerinin her projede rahatlıkla uygulanamaması da önemli bir kısıtlamadır. Bu sistemin kullanılabilmesi için genellikle kule vinç gibi büyük ekipmanlara ihtiyaç duyulmakta ve bu vinçlerin kurulumu ile çalışma alanları geniş alan gereksinimi doğurmaktadır. Dolayısıyla, dar alanlı şehir içi parseller gibi sınırlı çalışma sahasına sahip projelerde tünel kalıp sistemlerinin uygulanması yerel koşullara bağlı olarak güçleşebilmekte ya da mümkün olamamaktadır.

Yapılan çalışmanın sayısal verileri incelendiğinde, tünel kalıp sistemi ile geleneksel kalıp sisteminin avantaj ve dezavantajlarının belirgin bir şekilde ortaya çıktığı görülmektedir. Bu karşılaştırmada özellikle kalıp maliyeti, iki sistem arasındaki en dikkat çekici fark olarak öne çıkmaktadır. Tünel kalıp sisteminde ilk yatırım maliyeti yüksek

olmakla birlikte, bu maliyet yalnızca bir sefere mahsus olarak ortaya çıkmakta ve sistemin çoklu kullanıma uygun olması, uzun vadede önemli bir maliyet avantajı sağlamaktadır. Nitekim tünel kalıp takımlarının en az 500 kez kullanılabilmesi, birim maliyetin her kullanımda düşmesini sağlayarak toplam maliyeti azaltmakta ve yatırımın geri dönüşünü hızlandırmaktadır. Konvansiyonel kalıp sistemi ile ise ortalama 8-10 bina yapılmaktadır.

Tünel kalıp sisteminde kalıp satın alınmaksızın yalnızca kiralama yöntemiyle uygulama yapılması durumunda, ilk yatırım maliyeti ortadan kalkmakta, ancak yine de geleneksel kalıp sistemine kıyasla toplam maliyetin daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Bu nedenle, tünel kalıp sistemi tekrarlı ve süreklilik arz eden projelerde, özellikle büyük ölçekli konut üretiminde, satın alma yöntemiyle kullanıldığında çok daha avantajlı hale gelmektedir.

Bunun yanı sıra, tünel kalıp sisteminin inşaat süresini önemli ölçüde kısaltması, proje finansmanında bağlanan anaparanın daha kısa süreliğine projeye sabitlenmesi anlamına gelmektedir. Bu da, maliyetin erken geri dönüşünü ve yatırımın daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda, acil şekilde teslim edilmesi gereken projelerde zamanında teslimat imkânı sunarak, iş programına uyum açısından da önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular doğrultusunda, özellikle büyük ölçekli ve seri konut üretimi hedefleyen projelerde tünel kalıp sisteminin tercih edilmesi gerekir. Sistem, yüksek başlangıç maliyetlerine rağmen çoklu kullanım imkanı sayesinde uzun vadede ekonomik avantaj sağlamak ve inşaat süresini önemli ölçüde kısaltmaktadır. Bu nedenle, tekrarlı plan tipine sahip, mimari açıdan sade ve geniş şantiye alanı bulunan projelerde tünel kalıp sisteminin satın alma yöntemleriyle kullanılması daha rasyonel bir yaklaşım olacaktır.

Buna karşılık, dar alanlı şantiyelerde, küçük ölçekli veya tekil projelerde ve ağır ekipman kullanımının mümkün olmadığı durumlarda geleneksel kalıp sistemlerinin tercih edilmesi daha uygun görülmektedir. Yapım sistemi seçim sürecinde; proje ölçeği, tekrar sayısı, şantiye koşulları, iş gücü kapasitesi ve proje süresi gibi teknik ve ekonomik kriterlerin bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Aktaş, E. (2022). *Tünel kalıp ve ahşap kalıp yapı uygulamalarının iş güvenliği yönünden incelenmesi ve Fine-Kinney metodu ile risk analizi* (Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana).
- Altan, M. (1992). *Betonarme elemanlarda kalıp* (1. baskı). İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Matbaası.
- Arslan, M. (1994). *Ahşap kalıp yüzey malzemesinin performansını belirlemeye yönelik kriterlerin saptanması ve geleneksel yapım çerçevesinde Karakavak kerestesinin kalıp yüzey malzemesi olarak kullanım sınırların belirlenmesi* (Doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara).
- Atımtay, E. (2002). *Tünel kalıp yüksek binaların deprem davranışı ve güvenliği* (TÜBİTAK INTAG 561 Projesi Raporu). Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu.
- Balkabak, İ. (1998). *Tünel kalıp sistemler* (Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta).
- Dilek, Y. (2023). *Tünel kalıp ile inşa edilen yapıların 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre dayanım ve maliyet açısından incelenmesi* (Yüksek lisans tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır).
- Eser, L. (1981). *Yerinde yapım endüstrileşmiş yapı*. İTÜ Mimarlık Fakültesi Matbaası.
- Kasapoğlu, F. (2008). *Tünel kalıp sistemlerle üretilen perdeli taşıyıcı sistemlerin konvansiyonel sistemlerle karşılaştırılması* (Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana).
- Kıncal, T. (2006). *Tünel kalıpla inşa edilen yapıların tasarımı* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul).
- Korur, S. (2004). *Tünel kalıp sistemi uygulamalarında karşılaşılan teknik sorunlar ve üretilen çözümlerin irdelenmesi* (Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya).

- Laz, P. (2022). *Tünel kalıp sistemlerinin konvansiyonel kalıp sistemleri ile karşılaştırılması* (Yüksek lisans tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ).
- Memiş, T. A. (2004). *Betonarme yapılarda kullanılan klasik ve modern kalıp sistemleri ve karşılaştırılması* (Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya).
- Mesa İmalat. (t.y.). *Tünel kalıp* (Broşür). Mesa İmalat Sanayi ve Ticaret A.Ş.
- Şahin, T. (1999). *Tünel kalıp teknolojisinin konut planlamasına uyabilirliği üzerine bir araştırma* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul).
- Tepebaş, S. (2010). *Tünel kalıp sistemlerinin geleneksel kalıp sistemleri ile maliyet açısından uygulamalı karşılaştırılması* (Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya).
- Türkel, E. B. (2016). *Tünel kalıp sistemi kullanılan betonarme yüksek yapılarda bina özellikleri ile maliyet arasındaki ilişkiler*. (Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul).

EKLER

EK-1

Kongre Katılım Belgesi



KATILIM BELGESİ

SAYIN

Oğuz ÇALIŞKAN

19 Ağustos 2025 tarihlerinde Ankara'da düzenlenen
5. ULUSAL BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ'ne katılmış

**TÜNEL KALIP SİSTEMLERİNİN KONVANSİYONEL KALIP SİSTEMLERİ İLE
MALİYET VE SÜRE AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI**

isimli eseri sözlü olarak sunulmuştur

Dr. Firuz FEVZİ
Düzenleme Kurulu Üyesi



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Oğuz ÇALIŞKAN
Uyruğu	T.C.
Orcid Numarası	0009-0001-4577-6588

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Sakarya Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	İnşaat Mühendisliği Bölümü
Mezuniyet Yılı	2000
Yüksek Lisans	
Üniversite	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	İnşaat Mühendisliği A.B.D.
Programı	
Mezuniyet Tarihi	2026

Bilimsel Yayınlar
Çalışkan, O. ve Önal, M.M. (19 Ağustos 2025) Tünel Kalıp Sistemleri ile Konvansiyonel Kalıp Sistemlerinin Maliyet ve Süre Açısından Karşılaştırılması, <i>5. Ulusal Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Ankara-Türkiye</i>