

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜNEL KALIP SİSTEMLERİNİN GELENEKSEL
KALIP SİSTEMLERİ İLE MALİYET AÇISINDAN
UYGULAMALI KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sinan TEPEBAŞ

Enstitü Anabilim Dalı : YAPI EĞİTİMİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet APAY

Haziran 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜNEL KALIP SİSTEMLERİNİN GELENEKSEL
KALIP SİSTEMLERİ İLE MALİYET AÇISINDAN
UYGULAMALI KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sinan TEPEBAŞ

Enstitü Anabilim Dalı : YAPI EĞİTİMİ

Bu tez 02/06/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


**Prof. Dr.
Ahmet Celal APAY
Jüri Başkanı**


**Doç. Dr.
İbrahim YÜKSEL
Üye**


**Yrd. Doç. Dr.
Mansur SÜMER
Üye**

TEŞEKKÜR

Bu tezi hazırlamamda yardımlarından ve anlayışından dolayı değerli hocam ve tez danışmanım sayın Prof. Dr. Ahmet Celal APAY`a, MESA İmalat Sanayi ve Ticaret A.Ő. çalışanlarına, Teknik Öğretmen Ali ÜNAL`a Matematik Öğretmeni Aysun VURAL`a İnşaat Mühendisi İsmail KURUDERE`ye ve emeği geçen herkese son olarak yaőamım boyunca maddi, manevi desteğini eksik etmeyen anlayışları için annem, babam ve tüm aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Konuyla İlgili Yapılan Çalışmalar.....	2
BÖLÜM 2.	
TÜNEL KALIP SİSTEMLER.....	4
2.1. Tarihçesi.....	6
2.2. Tünel Kalıp Sisteminin Kullanılma Nedenleri.....	7
2.3. Tünel Kalıp Sistemin Kullanım Avantajları.....	8
2.3.1. Üretim hızı.....	8
2.3.2. Maliyet.....	9
2.3.3. Tasarım.....	10
2.3.4. Kalite.....	10
2.3.5. Üretimde kontrol.....	11
2.3.6. Üretimde kolaylık.....	11
2.3.7. Güvenlik.....	11
2.3.8. Çevre.....	12
2.4. Tünel Kalıp Sistemin Genel Özellikleri.....	13
2.4.1. Tünel kalıp sistemin yapısal özellikleri.....	13

2.4.2. Tünel kalıp sisteminin statik özellikleri.....	14
2.4.3. Tünel kalıp sisteminde donatı düzenlenmesi.....	16
2.5. Boyutsal Olanaklar ve Farklı Yapı Boyutlarına uyum.....	17
2.6. Tünel Kalıp Sistemlerin Yapım Yöntemleri.....	19
2.6.1. Tesisat çözümü.....	19
2.6.2. Kapı pencere boşluklarının açılması.....	19
2.6.3. Tünel kalıplı yapılarda bodrum katın yapımı.....	19
2.6.4. Tünel kalıplarda izolasyon.....	20
2.7. Tünel Kalıp Sistemiyle İnşa Edilen Binalarda Yapı Malzemeleri...	21
2.7.1. Beton.....	21
2.7.2. Donatı çeliği.....	21
2.8. Tünel Kalıp Üreten Bir Firmanın Tünel Kalıp Teknik Şartnamesi..	23
2.9. Tünel Kalıp Sisteminde Yapı Elemanları.....	24
2.9.1. Döşemeler.....	24
2.9.2. Perdeler.....	25
2.9.3. Temeller.....	26
2.9.4. Bağ kirişleri.....	27
2.10. Tünel Kalıbın Sağladığı Yararlar.....	28
2.11. Tünel Kalıbın Türleri.....	29
2.11.1. Tam tünel kalıplar.....	29
2.11.1.1. Tam tünel kalıp elemanları.....	31
2.11.1.2. Mekanik tam tünel kalıp.....	32
2.11.1.3. Hidrolik tam tünel kalıp.....	33
2.11.2. Yarım tünel kalıplar.....	35
2.12. Tünel Kalıpla Tasarım Yaparken Dikkat Edilecek Noktalar.....	36
2.13. Tünel Kalıpların Yapım İlkeleri.....	37
2.14. Tünel Kalıpların Kuruluş Şekilleri.....	38
2.15. Tünel Kalıbın Boyutlandırması.....	40
2.16. Üretim Süreci.....	43
2.17. Tünel Kalıp Uygulamasında Şantiye Düzeni.....	46

BÖLÜM 3.

TÜNEL KALIP SİSTEMLERİN GELİŞTİRİLMİŞ UYGULAMA YÖNTEMLERİ VE GELENEKSEL SİSTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI.....	51
3.1. Geliştirilmiş Uygulama Yöntemleri.....	52
3.2. Günlük Döküm İşlemi.....	58
3.3. Maliyet Karşılaştırması.....	61
3.4. Kazı ve Dolgu Maliyeti.....	69
3.5. Temel Maliyeti.....	69
3.6. Kalıp Maliyeti.....	71
3.6.1. Tünel kalıp sistem kalıp hesabı.....	71
3.6.2. Geleneksel sistem kalıp hesabı.....	71
3.7. Demir Maliyeti.....	73
3.7.1. Tünel kalıp sistem demir hesabı.....	73
3.7.2. Geleneksel kalıp sistem demir hesabı.....	79
3.8. Beton Maliyeti.....	82
3.8.1. Tünel kalıp sistem beton hesabı.....	84
3.8.2. Geleneksel kalıp sistem beton hesabı.....	85
3.9. Duvar Maliyeti.....	86
3.9.1. Tünel kalıp sistem duvar hesabı.....	86
3.9.2. Geleneksel kalıp sistem duvar hesabı.....	88
3.10. Sıva Maliyeti.....	91
3.10.1. Tünel kalıp sistem sıva hesabı.....	92
3.10.2. geleneksel kalıp sistem sıva hesabı.....	94
3.11. Isı ve Ses Yalıtım Maliyeti.....	97
3.11.1. Tünel kalıp sistemde ısı ve ses yalıtım hesabı.....	98
3.11.2. Geleneksel kalıp sistem ısı ve ses yalıtım hesabı.....	99
3.12. Bodrum Kat Su Yalıtım Maliyeti.....	100
3.13. Tünel Kalıp Sistem ile Geleneksel Kalıp Sistemin Maliyet Karşılaştırması	101
3.14. Tünel Kalıp Sistem ile Geleneksel Kalıp Sistemin İnşaat Süresi Açısından Karşılaştırılması.....	102

BÖLÜM 4.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	104
KAYNAKLAR.....	106
EKLER.....	109
ÖZGEÇMİŞ.....	129

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen bir bina.....	6
Şekil 2.2.	Tünel kalıpla imalatta rotasyon.....	8
Şekil 2.3.	Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen bir bina.....	14
Şekil 2.4.	Tünel kalıplarda ek elemanların sağladığı olanaklar.....	18
Şekil 2.5.	Çelik hasır tipleri.....	22
Şekil 2.6.	Betonarme demiri ile hasır çeliğin gerilme-uzaman eğrisi.....	22
Şekil 2.7.	Tünel kalıbın çıkış yönüne göre döşeme parçasının durumu.....	25
Şekil 2.8.	Tam tünel kalıp sistemi.....	30
Şekil 2.9.	Tam tünel kalıp.....	31
Şekil 2.10.	Tam tünel kalıp elemanlarının oluşturduğu kalıp birimleri.....	32
Şekil 2.11.	Mekanik balkon tünel kalıp sistemi.....	33
Şekil 2.12.	Hidrolik tam tünel kalıp sistemi ve yerleştirilmesi.....	34
Şekil 2.13.	Yarım tünel kalıp.....	35
Şekil 2.14.	Tünel kalıp ile yapım tekniğinde kürlenme işlemi.....	39
Şekil 2.15.	Tünel kalıpta ısıtma sobaları ile kürlenme.....	39
Şekil 2.16.	Ara kalıp elemanlarıyla farklı boyutlar elde edilmesi.....	40
Şekil 2.17.	Tünel kalıplarda masa kalıp uygulaması.....	41
Şekil 2.18.	Standart pano ölçüleri.....	42
Şekil 2.19.	Bodrum katın tünel kalıplarla yapımı olanaklıdır.....	43
Şekil 2.20.	Bodrum katın tünel kalıplarla yapımı olanaksızdır.....	43
Şekil 2.21.	Aks betonu kalıplarının hazırlanması.....	44
Şekil 2.22.	Döşemedeki elektrik tesisatı boşluk rezervasyonlarının ve aks betonu kalıbı yerleşimi.....	45
Şekil 2.23.	Kalıbı alınan tünelin dikmelerle desteklenmesi.....	45
Şekil 2.24.	Döner kule vinçler.....	48
Şekil 3.1.	Yükseltilmiş alt saplama kotu daha yüksek aks betonu.....	54

Şekil 3.2.	Modüler arka pano ve ilave adaptörler.....	54
Şekil 3.3.	Döşeme altı kalıp çıkartma iskelesi.....	55
Şekil 3.4.	Tünel yürütme aparatı(Roller)	55
Şekil 3.5.	Modüler dik pano ve ilave üst adaptör.....	56
Şekil 3.6.	Asimetrik kaldırma üçgeni.....	56
Şekil 3.7.	Standart teleskopik kontrfiş.....	56
Şekil 3.8.	Modüler yatay pano ve ilave adaptörler.....	57
Şekil 3.9.	Projeye göre hazırlanmış temel.....	57
Şekil 3.10.	Köşebent ve beton kesici elemanlar.....	57
Şekil 3.11.	Betonarme perdelerine hasır çelik ve demir donatıları bağlanır....	58
Şekil 3.12.	Yarım tünelin yerleşimi.....	58
Şekil 3.13.	İkinci yarım tünelin yerleştirilmesi.....	58
Şekil 3.14.	Diğer işlemlerin bitirilmiş hali.....	59
Şekil 3.15.	Kalıp beton dökümüne hazır hale gelir.....	59
Şekil 3.16.	Beton dökümü yapılmış hali.....	59
Şekil 3.17.	Bir sonraki kat için perde çelik hasır ve donatı işlenir.....	60
Şekil 3.18.	Birinci yarım tünelin üst kata alınması.....	60
Şekil 3.19.	İkinci yarım tünelim üst kata alınması.....	60
Şekil 3.20.	Tünel kalıp sistem bodrum kat planı.....	63
Şekil 3.21.	Tünel kalıp sistem zemin kat planı.....	64
Şekil 3.22.	Tünel kalıp sistem normal kat planı.....	65
Şekil 3.23.	Geleneksel sistem bodrum kat planı.....	66
Şekil 3.24.	Geleneksel sistem zemin kat planı.....	67
Şekil 3.25.	Geleneksel sistem normal kat planı.....	68
Şekil 3.26.	Tünel kalıp taşıyıcı sistem planı.....	83

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Tünel kalıp sistem ile geleneksel sistemin enerji karşılaştırması....	20
Tablo 3.1.	Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin maliyet kıyaslaması.....	52
Tablo 3.2.	Poz numaraları.....	62
Tablo 3.3.	Tünel kalıp sistem kazı maliyeti.....	69
Tablo 3.4.	Geleneksel kalıp sistem kazı maliyeti.....	69
Tablo 3.5.	Tünel kalıp sistem temel maliyeti	70
Tablo 3.6.	Geleneksel kalıp sistem temel maliyeti.....	70
Tablo 3.7.	Geleneksel sistem kalıp hesabı.....	71
Tablo 3.8.	Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin kalıp maliyeti açısından karşılaştırılması.....	73
Tablo 3.9.	Tünel kalıp sistem perde hasır çelik hesabı.....	74
Tablo 3.10.	Tünel kalıp sistem döşeme hasır çelik hesabı.....	76
Tablo 3.11.	Tünel kalıp sistem toplam hasır çelik miktarı.....	78
Tablo 3.12.	Tünel kalıp sistem demir hesabı.....	78
Tablo 3.13.	Geleneksel kalıp sistem demir hesabı.....	79
Tablo 3.14.	Geleneksel kalıp sistemde toplam demir miktarı.....	82
Tablo 3.15.	Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin demir maliyeti açısından karşılaştırılması.....	82
Tablo 3.16.	Tünel kalıp taşıyıcı sistem beton hesabı.....	84
Tablo 3.17.	Tünel kalıp sistem döşeme betonu hesabı.....	84
Tablo 3.18.	Geleneksel kalıp sistem beton hesabı.....	85
Tablo 3.19.	Geleneksel kalıp sistem toplam beton miktarı.....	85
Tablo 3.20.	Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin beton maliyeti açısından karşılaştırılması.....	85
Tablo 3.21.	Tünel kalıp sistem dış duvar hesabı.....	86

Tablo 3.22. Tünel kalıp sistem iç duvar hesabı.....	87
Tablo 3.23. Geleneksel kalıp sistem dış duvar hesabı.....	88
Tablo 3.24. Geleneksel kalıp sistem iç duvar hesabı.....	89
Tablo 3.25. Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin duvar maliyeti açısından karşılaştırılması.....	90
Tablo 3.26. Tünel kalıp sistem iç sıva hesabı.....	92
Tablo 3.27. Tünel kalıp sistem dış sıva hesabı.....	94
Tablo 3.28. Geleneksel kalıp sistem iç sıva hesabı.....	94
Tablo 3.29. Geleneksel kalıp sistem dış sıva hesabı.....	97
Tablo 3.30. Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin sıva maliyeti açısından karşılaştırılması.....	97
Tablo 3.31. Tünel kalıp sistemde ısı ve ses yalıtım hesabı.....	98
Tablo 3.32. Geleneksel kalıp sistem ısı ve ses yalıtım hesabı.....	99
Tablo 3.33. Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin ısı ve ses yalıtım maliyeti açısından karşılaştırılması.....	100
Tablo 3.34. Tünel kalıp sistem bodrum kat su yalıtım hesabı.....	100
Tablo 3.35. Geleneksel sistem bodrum kat su yalıtım hesabı.....	100
Tablo 3.36. Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin bodrum kat su yalıtım maliyeti.....	101
Tablo 3.37. Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin maliyet açısından karşılaştırılması.....	101
Tablo 3.38. Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin maliyet açısından karşılaştırılması.....	102
Tablo 3.39. Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin inşaat süresi açısından karşılaştırılması.....	103

ÖZET

Anahtar kelimeler: Tünel kalıp sistem, Geleneksel kalıp sistem, Karşılaştırma, Maliyet.

Bu çalışmada tünel kalıp sistem hakkında bilgi verilmiş, Tünel kalıp sistem ve geleneksel kalıp sistemle yapılmış yaklaşık yapı alanlarına sahip, farklı mimari planlı iki binanın maliyet karşılaştırması yapılmıştır.

Birinci bölümde; Geleneksel kalıp sistemlerinden modern kalıp sistemlerine geçişi ve bu geçişin sebeplerine değinilmiştir.

İkinci Bölümde; Tünel kalıp sistemin tarihçesi, avantajları, genel özellikleri, yapım yöntemleri, sağladığı yararlar, türleri, yapım ilkeleri, kuruluş şekilleri, boyutlandırılmasıyla ilgili bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde; Tünel kalıp sistemin geliştirilmiş uygulama yöntemi, günlük dökümün gerçekleştirilme şekli ve geleneksel kalıp sistemle inşa edilen bir binanın maliyet karşılaştırması yapılmıştır.

Son bölümde; Yapılan çalışmanın değerlendirilmesi yapılmıştır.

PRACTICAL IN TERMS OF TUNNEL FORMWORK SYSTEMS COST COMPARED WITH TRADITIONAL FORMWORK SYSTEMS

SUMMARY

Key Words: Tunnel Formwork System, Traditional Formwork System, Comparing, Cost

In this study, information has been given about the tunnel formwork system. The cost analysis of two different structures, which have been built by tunnel formwork system and traditional formwork system having approximately the same construction areas and different architecture plan, has been done.

In the first chapter, transition from traditional formwork systems to modern formwork systems and the reasons of this transition has been referred.

In the second chapter, information has been given about the history, the general features and the construction techniques, the advantages and benefits, the types, the construction principles, the establishment forms and the dimensioning of tunnel formwork system

In the third chapter, advanced application method of traditional formwork system, the way of daily concreting implementation and the cost comparison of a building which was constructed by traditional formwork system have been carried out.

In the last chapter, assessment of the study has been done.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde nüfusun hızla artması teknolojinin gelişmesi insanların barınma, çalışma, alış-veriş ve eğlence gibi ihtiyaçlarını karşılamak için gerekli mekânları oluşturmak inşaat sektörünün görevidir. Bu sektör, Dünyada ve Türkiye’de her zaman önemini korumuştur.

Tünel kalıp sistemleri ile yapılan binalarda taşıyıcı duvarların ve döşemelerin bütün halinde ve tek işlemle dökülmesi sonucu, monolitik bir yapı elde edilmektedir. Tünel kalıp teknolojileri ile üretilen tek parça yapı sistemi, deprem bölgeleri için en elverişli sistemlerden biridir. Ancak bu tip binaların yapılabilmesi için öncelikle özel kalıplar, kule vinç gibi ilk yatırım maliyeti yüksek malzemelere ihtiyaç vardır.

Önceleri tamamen ahşaptan yapılan kalıpların ekonomik, hızlı ve kaliteli sonuçlar oluşturmadığı zaman içinde anlaşılmıştır. Küçük ölçekli inşaat şirketlerinde hala kullanılmakta olsa da, büyük şirketler endüstrileşmiş modern kalıp sistemlerini tercih etmektedir. Yüksek yapılarda; uygulamaların zor olması, kullanılan malzemelerin standartlara uygun olma, yapım sürelerinin kısaltılma ve işçi güvenliğini sağlama zorunluluğu olduğu için modern kalıp sistemlerini tercih etmek daha mantıklıdır.

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

Toplu konut uygulamaları sayesinde, birim konut maliyetini düşürmek, üretim metotlarının gelişmesiyle konut üretimini kısa sürede arttırmak, arsanın konut maliyetindeki etkisini azaltmak ve standart elemanların gelişmesiyle yeni teknolojilere yönelme, dolayısıyla da yapıda endüstrileşme yoluyla maliyet

indirimine gitmek mümkün olur. Böylelikle iyi ve sağlıklı bir şehirselleşimi sağlama, küçük birikimleri değerlendirme, kaliteli, ekonomik, hızlı konut yapımını gerçekleştirme imkanı doğar [1].

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

Tünel kalıp ve elemanları, önceleri başta Almanya olmak üzere Avrupa ülkelerinden ithal edilirken ülkemizde gelişen teknolojiler sonucu tüm elemanlar Türk sermayesi ile yapılmış fabrikalarda, Türkiye'de üretilebilmektedir [2].

Pratik detay çözümlerine ve fazla kullanım sayısına sahip olan kalıp sistemleri yüksek katlı yapılarda tekrar eden kat sayısı çok olduğu için avantajlıdır. Modern kalıp sistemleri malzeme fiyatından çok, iş gücünden ve erken iş bitirmenin sağladığı avantajlarla ön plana çıkmaktadır.

Tünel kalıplar hareketli kalıplar sınıfında yer alır. Hareketli kalıplar çağdaş yerinde dökme yapım sistemlerinde kullanılan, seri döküm yapma olanağı veren kalıplar olarak tanımlanabilir. Gerek düşey gerekse yatay yönde hareket kabiliyeti olan bu tür kalıplar ülkemizde de çeşitli yapılarda kullanılmaktadır ve olumlu sonuçlar elde edilmektedir,[3]

1.1. Konuyla İlgili Yapılan Çalışmalar

Balkabak [6]; tünel kalıp sistemler ve genel özellikleri hakkında bilgiler vermiştir.

Canbek [15]; tünel kalıp teknolojilerinin tasarıma getirdiği kısıtları araştırmıştır. Bu kısıtları, tünel kalıp teknolojisine ait kısıtlar, yapım gereçlerine yönelik kısıtlar, teknik bilgi düzeyine yönelik kısıtlar, üretim araç ve gereçlerine bağlı kısıtları başlıkları altında açıklayarak, alternatif olasılıklar sunmuştur.

Korur [20]; Yüksek Lisans çalışmasında; Tünel Kalıp Sistemi Uygulamalarında Karşılaşılan Teknik Sorunlar ve Üretilen Çözümlerin irdelenmesi üzerine çalışmıştır. Söz konusu çalışmada, özellikle toplu konut üretimine sağladığı hız, deprem güvenliği, işçilikten tasarruf, kalite, süreklilik ve ekonomiklik gibi özellikleriyle tercih edilen bir yapı üretim teknolojisi haline gelen tünel kalıp sistemi üzerinde uygulamadaki sorunlar üzerinde durulmuştur. Uygulama aşamasında; bodrum kat kalıp kurulumu, beton dökümünde oluşan sıkıntılar, prekast cephe elemanlarının yapı ile birleşim yerlerindeki sorunlar, ısı ve ses yalıtımındaki sorunlar irdelenmiştir. Çalışmanın bu bölümünde tünel kalıp sisteminin uygulamadaki dezavantajları üzerinde durulmuştur. Çalışmanın bir başka bölümünde; tünel kalıp sistemi ile taşıyıcı duvar ve döşemelerin bütün halinde ve tek bir işlemle dökülmesiyle monolitik bir yapı elde edildiği, dolayısıyla depreme ve yangına karşı dayanımın arttığı, bu sistemde kullanılan temiz ve pürüzsüz kalıplar sayesinde düzgün beton yüzeyleri elde edildiği, bunun da boya ve kaplama işlemleri sırasında süreden ve paradan ekonomi sağladığı ifade edilmiştir.

Memiş [22]; betonarme yapılarda kullanılan klasik ve modern kalıp sistemler hakkında genel bilgiler vererek, iki sistem arasında karşılaştırmalar yapmıştır.

Boyacı [24]; tünel kalıp sistemiyle çok katlı toplu konut üretiminde tasarım kısıtlamaları üzerine bir araştırma yapmıştır. Tünel kalıp sistemiyle doğru bir ürün elde edebilmenin, tasarımdaki kısıtlamaların çok iyi bir şekilde analiz edilmesine bağlı olduğunu ifade etmiştir. İnceleme yaptığı konutlarda, tiplendirme ilkelerinin egemen olduğunu, tünel kalıpların çok fazla tipte olmasının ekonomik olmayacağını ve bu durumun endüstriyel üretim gereklerine ters düşeceğini belirtmiştir.

BÖLÜM 2. TÜNEL KALIP SİSTEMLER

Taze beton belirli bir şekli alması için bir form içinde bekletilir. Beton bu form içerisinde sertleşir ve mukavemet kazanır. Beton için bu forma 'kalıp' denir [4]. Betonun görevi, beton ve betonarme kısımlara form verme, ölü yüklere (betonun kendi ağırlığı) ve hareketli yüklere (işçi, rüzgar, titreşim ve darbe) karşı mukavemet sağlamaktır.

İstatistik bilgilerine göre kaba inşaata toplam maliyetin 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.

Kalıp giderleri, tipik birçok katlı betonarme binada en büyük giderdir. Kalıp, betonarme karkas bir inşaat maliyetinin % 40-60'ı arasındadır. Bütün inşaat maliyetinin %10'ununa yakını kalıp maliyetidir. Kalıp işçilik maliyetlerinin düşürülmesi halinde bina inşaat maliyetlerinin düşürüleceği açıktır. Kalıbın toplam işçilik maliyeti içindeki oranı yaklaşık olarak %50'si, malzeme maliyetinin ise toplam %10'udur. Eğer her bir yapının maliyet değerleri göz önüne alınacak olursa, kalıp işçilik bedelinin toplam işçilik bedelindeki dağılımı % 30-60 arasındadır. Bu değer büyük oluşu kalıp işçiliğinin maliyete etkisinin büyük olması demektir. Yapının tasarım aşamasında kalıp ve işçiliği de düşünülür, rasyonel kalıp sistemlerinden uygun olanı seçilirse, bir ekonomi sağlanabilir. Bu konu maliyetlere etkisi yüzünden, proje aşamasında üzerinde araştırma yapılması gerektiren ayrıntılı bir konudur [5].

Hızlı nüfus artışı ile birlikte, konut açığını ortadan kaldırmak ve yeni yapı türlerini inşa edebilmek için klasik yapım sistemleri yetersiz kaldığından, bu eksiklikleri gidermek amacıyla yeni yapım sistemlerinin üretilmesi ve uygulanması önem

kazanmıştır. Betonarmenin, yapıların taşıyıcı sistemlerinde kullanılmaya başlanması ve büyük çaplı inşaatların ortaya çıkmasıyla zaman, maliyet ve kalite olarak daha iyi inşaatların inşası için kalıp sistemlerinin geliştirilerek uygulanması sonucu “Modern Kalıp Sistemleri “ ortaya çıkmıştır.

Modern kalıp sistemleri de dört sınıfa ayrılır:

1. Takılır sökülür kalıplar:

a) Düşey yapı elemanları: Perde ve kolon

b) Yatay yapı elemanları: Kiriş ve döşeme kalıpları

2. Tünel kalıplar

3. Kayar kalıplar

4. Tırmanır kalıplar

Yapmış olduğum bu tezde modern kalıp sistemlerinden tünel kalıp sistemleri incelenecektir.

Yapımda endüstrileşme süreci içerisinde deprem güvenliği, hız, ekonomiklik ve işçilikten tasarruf gibi avantajları sebebiyle tercih edilen tünel kalıp sistemler, ülkemizde meydana gelen yapı talebinin karşılanması adına önemli bir rol oynamaktadır.

Tünel Kalıp Sistemi, betonarme yapılarda taşıyıcı duvar ve döşemenin bir defada dökülmesine olanak veren tünel şeklindeki çelik kalıplar sistemidir. Bu sistemde duvar ve döşeme beraberce yerinde dökülmektedir. Bu yönüyle geleneksel yapım tekniklerini andırmasına karşın, sistemin nitelikleri gereği beraberinde ön yapımlı (Prefabrike) bazı yapı elemanlarının kullanımını gerektirdiği için yarı-ön yapımlı diye kabul edebileceğimiz bir sistemdir. Bu sistemde cephe elemanları, merdivenler, sahanlıklar, bölme duvarlar, bacalar v.b. ön yapımlı olarak; yerinde dökülen ana yapıyla birleştirilip kullanılmaktadır [6].

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 çıkmasında yapının depreme karşı olan dayanımını artırmaktadır.



Şekil 2.1. Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen bir bina

2.1. Tarihçesi

İkinci dünya savaşı sırasında ortaya çıkan konut açığının hızla giderilmesi için yapılan araştırmaların sonucunda bulunmuş bir yöntemdir. Tünel kalıp teknolojisi ilk kez Fransa'da bir uygulamada ahşap kalıplar ile denenmiştir. Başarılı olan örneğin ardından çelikten yeniden üretilmiştir. Dünyada "Outinord" isimli bir inşaat firması tarafından tanıtılan bu sistem konut, otel bloklarında kullanılmıştır. Özellikle toplu konut üretiminde kullanılan bu sistem önceleri Avrupa'dan getirilirken, şimdi Türk firmaları her türlü elemanını üreterek, yurt içi ve dışındaki şantiyelerde kullanılmaktadırlar [6].

Tünel kalıplar hücre kalıplar grubuna girerler. Önceden monte edilmiş üç boyutlu kalıplardır. Bu kalıp sistemleri kalıp yüzeyi, rijitlik, germe, mesnet ve bağlama

elemanlarından oluşur. Tünel kalıplarda hacmin en fazla üç duvarı dökülebilir. Dökülen duvarlarla düşey taşıyıcı perdeler ve döşeme aynı anda dökülür.

Tünel kalıp sistemi yerinde döküm olduğu için çok endüstrileşmiş bir yapım sistemi gibi gözükmesine de kalıp iskelede iyileştirme sağladığı, bilimsel organizasyon ve planlama gerektirdiği, gelişmiş teknoloji ve araç kullanımına yer verdiği için endüstrileşmiş şantiye teknolojileri içine sokmak mümkündür [14].

2.2. Tünel Kalıp Sisteminin Kullanılma Nedenleri

Tünel kalıp sistemlerinin kullanılma amaçlarını şöyle sıralayabiliriz;

1. Tünel kalıp, düşey ve yatay taşıyıcı yapı elemanlarının, bir defada yerinde dökülebilme olanağı sağlar. Bu şekilde monolitik bir yapının inşa edilmesiyle özellikle perde ile döşemelerin birleşim bölgelerinde ortaya çıkan inşaat derzleri problemi ortadan kalkmış olur.
2. Düşey taşıyıcıların perde olması, yapının yatay kuvvetlere karşı dayanıklı olmasını ve yüklerin temellere homojen olarak dağılmasını sağlamaktadır.
3. Kat yüksekliklerinin, döşeme kalınlıklarının eşit olması yapıda detay benzerliği sağlamaktadır.
4. Tünel kalıp ile yapım süresi geleneksel yöntemlere oranla çok kısadır, bu konuda yapılan birçok araştırma sonucunda kaba inşaat süresinin %50 oranında kısaldığı belirlenmiştir. Bu sayede iş gücü ve anaparanın uzun süre bağlı kalmaları önlenir.
5. Nitelikli işçi gereksinimi azdır.
6. Elektrik ve su tesisatlarının, ısıtma ve havalandırma malzemelerinin beton dökümünden önce kalıbın içine yerleştirilmesi daha sonraki ince işlerin azalmasını sağlar. Ayrıca ince işlerin yapımına beton dökümünden hemen sonra başlanabilir.

6. Kalıplar, düşük toleranslara göre imal edildiğinden beton dökümündeki ölçüsel doğruluk ve kesinlik ara duvar bölmeleri ve doğrama gibi malzemelerin dökümden hemen sonra yerlerine takılabilmelerini sağlar.

7. Sıva gibi ince işlerin yapılmasını gerektirmeyen düzgün beton yüzeyi elde etmek mümkündür, boya, duvar kâğıdı veya benzeri dekorasyon malzemeleri yüzeye doğrudan uygulanabilir [7,8].

2.3. Tünel Kalıp Sistemin Kullanım Avantajları

2.3.1. Üretim hızı

Tünel kalıp sistemindeki üretim hızı, geleneksel yapım sistemlerine göre çok fazladır. Orta büyüklükteki bir konutun yapımında, kalıplar yarım günde kurulup hazırlanmakta ve aynı gün betonu dökülerek işlem tamamlanmaktadır. Ertesi gün kalıbın sökülerek başka bir konutun kalıplarının yeniden kurulmasına ve yeniden beton atılmasına olanak tanımaktadır. Geleneksel yapım sistemlerinde kullanılan iş ve kalıp iskelesi gerektirmediğinden bir zaman harcaması söz konusu değildir. Yirmi dört saatlik dönüşümlerle (rotasyonla) (Şekil 2.2 de) kullanılabilen bu kalıpların içine, önceden kapı ve pencere kasaları, elektrik boru ve buatları da yerleştirildiğinden diğer sistemlerde sonradan yapılan bu gibi işlerin, bu sistem sayesinde beton dökümü sonunda bitirilmiş olmaktadır [9,10].



Şekil2.2. Tünel Kalıp ile imalatta Rotasyon

Klasik anlamda iş ve kalıp iskelesi gerektirmemektedir. Bu sistemin kendine özgü ve son derece pratik iskeleleri bulunmaktadır. Dolayısıyla bu bakımdan bir zaman harcaması söz konusu değildir. Beton yüzeyler (duvar ve tavan) çok düzgün ve pürüzsüz olduğundan sıva gerektirmemektedir. Cephe elemanları, bölme duvarlar, merdivenler, sahanlıklar, kalorifer, çöp ve mutfak bacaları ön yapımla olduğundan kısa sürede yerine monte edilebilmekte ve bu sayede önemli ölçüde zaman kazanılabilmektedir.

2.3.2. Maliyet

İlk yatırım maliyeti yüksek olduğundan, tünel kalıpların 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.

Genel yerleşim planı açısından, vinç kapasiteleri en önemli etkidir. Yapıların konumlandırılmasında, aynı kule vinç ile en az iki yapının üretilebilmesi sağlanmalıdır. Tünel kalıp sisteminde üretimde asgari uygulama; 1 kule vinç ile yılda 100 birim konutun inşasıdır [11].

Bu sistem ile kalıp maliyeti geleneksel sisteme göre en az %15 azalacaktır. Bunun yanında uygulamanın inşaat genelinde sağladığı verimlilik sayesinde taşıyıcı sistemi oluşturmada zamandan %25 tasarruf edilir. Yapım süresinin kısa oluşu işgücü ve anaparanın uzun süre bağlı kalmasını önler ve yatırımın kısa sürede kendini amorti etmesini sağlar. Kullanılan çelik kalıplarla diğer sistemlere göre çok daha pürüzsüz ve dayanıklı yüzeyler elde edilir, dekorasyon ve tamir masrafı azalır, ayrıca projenin bütününde zamandan tasarruf edilir. Elde edilen monolitik sistemin getirdiği yapısal avantajlar temel maliyetini de düşürecektir.

Şantiyelerde en kritik maliyet olan işçi maliyeti, konvansiyonel sistemlere göre %7-8 oranında düşmektedir. Sistemin boyutlarındaki hassasiyet yapı bileşenlerinin standartlaşmasına olanak vermekte böylece hem üretim hem de montajda maliyet azalmaktadır.

Kullanımda, betonun ısısal kütlesi uygun izolasyon malzemesi ile birleştğinde ısıtma maliyeti hatta klima gereksinimi en aza iner [12].

2.3.3. Tasarım

Çelik kalıplar 2.4m'den 6.6m'ye kadar açıklıkta üretilebilir. Yük taşımayan elemanlarla oluşturulacak bölmelerle, planda istenilen şekilde tasarım yapmak mümkündür. Uzatılabilen kalıplarla konsol balkonlar elde edilebilir.

Dış cepheler mimarın uygun gördüğü herhangi bir malzeme ile, prefabrik beton paneller, uygun izolasyon malzemesi ile birlikte örülecek tuğla duvarlar veya daha karmaşık dış cephe kaplamaları ile tamamlanabilir [12].

2.3.4. Kalite

Kalıp yüzeyleri 3–4 mm kalınlığında çelik levhalardır. Söz konusu levhalar kalıbın kullanım süresini arttırmakta ve kolay ısıtılmasını sağlamaktadır. Çok iyi bir bakımla çelik kalıplar 1000 defaya dek kullanılabilir. Ayrıca kalıp iç yüzeylerinin çelik olması dolayısıyla kalıplar söküldüğünde çok ince bir sıva ile dekorasyona hazır hale gelebilen yüksek kalitede düzgün yüzeyler elde edilir. Duvar kağıdı direkt olarak uygulanabilir.

Ayarlanabilen çelik rezervasyon elemanları sayesinde kapı pencere ve döşeme boşlukları ölçülerde yüksek hassasiyetle elde edilebilir. Projenin tekrarlanan doğasına bağlı olarak her seferinde yapılan iş aynı olunca hata şansı en aza iner.

Ölçüler son derece hassas ve toleranslar oldukça küçük olduğu için üretim standartlaşma söz konusudur. Örneğin kapı boşluklarının her katta aynı yerde olmasıyla kullanılan kapı blokları için sabitleme delikleri bir kere açılır. Ölçülerin hassaslığına bir örnek olarak İngiltere'de inşa edilen 40 katlı bir bina gösterilebilir. İnşaat tamamlandığında yapılan ölçümde, binanın şakülünden sadece 1 cm saptığı gözlenmiştir [12].

2.3.5. Üretimde kontrol

Üretimin kendini tekrar etme özelliği, prefabrik hazır kalıpların ve hasır/kafes donatıların kullanılması inşa sürecini basitleştirir, sorunsuz ve hızlı olmasını sağlar. Bu sayede kalifiye eleman ihtiyacı azalır. Ortalama 9 işçi ve 1 vinç operatörü ile, beton dökümü de dahil olmak üzere, günde 300 m² kalıp sökölüp tekrar yerleştirilebilir. Çok rüzgarlı günler haricinde bütün hava şartlarında iş devam ettirilebilir, ayrıca betonun kürünü hızlandırmak için ısıtıcılar kullanılabilir.

24 saatlik döngüler şeklinde hazırlanan iş programında şantiye görevlisi ne zaman ne yapılacağını ayrıntılı bir plan dahilinde tam olarak bilecektir. Küçük takımlar halinde çalışılması, önceden tahmin edilen ve ölçülebilen günlük üretim hızı, projenin kontrolünü kolaylaştırır. Bir bölümün yapımının ne zaman biteceğinin bilinmesi şantiyeye gelecek malzemenin zamanlamasının düzenli olmasını sağlar, başka bir açıdan düşünüldüğünde, zaten sistemden beklenen verimin alınabilmesi için malzemenin temininin planlandığı gibi olması şarttır.

2.3.6. Uygulamada kolaylık

Tünel kalıp teknolojisi karmaşık bir teknoloji değildir. Nitelikli işçi gereksinimi azdır. Teknolojinin gereği olarak kullanılan kule vinç, yalnızca kalıp kurulum ve sökümünde değil, donatının, betonun, ön yapımlı elemanların ve öteki ince malzemelerin taşınmasında da kullanılabilir. Perde ve döşemelerde hasır çelik kullanımı işçiliği oldukça kolaylaştırmaktadır.

2.3.7. Güvenlik

İşçi güvenliği: Tünel kalıpların kendi çalışma platformları ve kenarlarda çalışanlar için koruma sistemleri mevcuttur. Bu sistem kullanılarak yapılan üretim sürekli tekrarlar içerdiği için işçilerde de alışkanlık oluşacak, böylece kaza yapma riski en aza iner. Ayrıca kalıpları yerleştirirken çok az alet kullanılması şantiyede olabilecek kazaları azaltır.

Yangın güvenliği: Beton bilindiği gibi yangına dayanıklı bir malzemedir. Bu sistemle yapılan binalarda duvarların büyük bir kısmının betonarme olması olası bir yangının bina içinde yayılmasını zorlaştırır.

Deprem güvenliği: Bu sistemle taşıyıcı duvar ve döşemeler tek bir defada bütün olarak betonlandığı için monolitik rijit bir yapı elde edilir. Bu şekildeki tek parça yapı sistemi deprem bölgeleri için elverişli bir taşıyıcı sistem olarak kabul edilmektedir.

Deprem kuvvetlerinin tamamı çok rijit perde elemanlarla taşınır. Bu nedenle yapıların yatay yük taşıma kapasiteleri çok yüksektir. Temel ile birleşen kritik kesitlerinde deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik 2007 de verilen kurallara göre tasarım yapıldığı taktirde bu tür binalar tünel kalıp teknolojisi kullanılarak güvenle inşa edilebilir [12].

2.3.8. Çevre

Günümüzün çevreye duyarlı toplumunda inşaat sırasında ortaya çıkan atıkları azaltmak ve enerji kullanımı açısından verimli yaşam mekanları sağlamak için çözümler bulmak zorunlu olmuştur. Tünel kalıp sistemi sayesinde;

Prefabrik üretimin aksine, yerinde kalıplama ve yerel istasyonlardan elde edilen hazır beton kullanımı ile betonarme prefabrik elemanların taşınması sırasında ortaya çıkabilecek ulaşım kazaları azaltmaktadır.

Malzemelerin zamanında teslimi ve minimum çöp üretimi mali tasarrufun ve güvenliğin yanında şantiyenin düzenli olmasını da sağlar. Bu da işin kesintisiz yürütmesine yardımcı olur [12].

2.4. Tünel Kalıp Sisteminin Genel özellikleri

2.4.1. Tünel kalıp sisteminin yapısal özellikleri

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

Bu sistem yapısal özelliği nedeniyle temeldeki bağlantı kirişlerine duyulan ihtiyacı azaltmakta ve tek bir kiriş gibi görev yapmaktadır. Böylelikle yapının direncinde artış sağlanmaktadır. Beton duvar ve döşeme, yangına karşı %100 emniyetlidir.

Kalıplı duvar inşaatının basitliği, çok sayıdaki mekanize kalıplarla üretimin gerçekleştirilmesindedir. Sistemde münferit kolon ve kiriş kullanılmamakta, fakat planlama esnekliği korunmaktadır.

Tünel kalıplar genellikle çelikten imal edilirler ve nokta kaynaklarıyla hassas bir şekilde birleştirilirler. Takviye atıkları genellikle omega veya omega U profillerindedir. Duvar panelleri yatay rijitliği sağlamak amacıyla ikiz kanal elemanlarla kuvvetlendirilir. Yüksek beton dökme hızına ulaşmak için düşey kalıpların 5 ton/m² basınca dayanabilmelidir. Tünel kalıplar bütün elemanlarıyla birlikte metrekare için 70 kg kadardır [13].



Şekil 2.3. Tünel Kalıp sistemi ile inşa edilen bir bina

2.4.2. Tünel kalıp sisteminin statik özellikleri

Bilindiği gibi Türkiye'nin %90'ı deprem kuşağı üzerindedir. Taşıyıcı perde duvarlı sistemler rijitliklerinin çok büyük olması nedeniyle depreme karşı oldukça dayanıklıdırlar. Düktil davranışta iskelet sistemler kadar sünek olmadığı ve yatay yüklerden kaynaklanan enerji tüketiminde eksikleri vardır. Fakat; bu eksik yanını gidermek için, deprem kuvveti hesaplanırken gerekli yapı tipi kat sayısı 1.5 seçilmek suretiyle bu değer 0.60 ve 0.80 olan çelik ve betonarme karkas yapılar durumunda özdeş hale getirilir. Böylece, rijitliğin faydaları son sınırına kadar kullanılmış olur [13].

Deprem yönetmeliği taşıyıcı perde duvarların en az 15 cm. olması gerektiğini belirtir. Mimari tasarım sürecinde tünel kalıpla ilgili ölçüler ve bilgiler, mimari projeye yansıtılmalıdır. Bu konuda dikkat edilecek bazı noktalar şunlardır:

1. Mekân organizasyonu kalıp boyutlarına uygun olarak tasarlanmalıdır.
2. Yapıda ana taşıyıcı duvarları oluşturan tünel duvarlarının eşit açıklıklarla yerleştirilmesi sağlanmalıdır.
3. Bu duvarların arasının kalıbın çıkacağı yönde açık bırakılması gereklidir.
4. Mekânların dik açılı seçilmesi sağlanmalıdır, mümkün olduğunca girinti ve çıkıntıdan kaçınılmalıdır.
5. Mekan yükseklikleri eşit tutulduğu sürece aynı kalıp daha fazla kullanılabilir. İç taşıyıcı duvarların binanın dar kenarına paralel olması ve açıklıklarının birbirine eşit olması gereklidir.
6. Tünel kalıpla yapılan inşaatlarda cepheler boş bırakılmakta, daha sonradan genelde prekast elemanların döşemeye asılmasıyla daha hızlı bir şekilde yapılmaktadır.
7. Dik açılı planlarda rüzgar ve deprem yükleri açısından en ideal yükseklik 15-20 kat iken, daha yuvarlak ya da eğrisel hatlara sahip planlarda bu yükseklik 25-30 katta kadar çıkabilmektedir.
8. Toplu konut projelerinde mutfak, oda gibi hücrelerin en az bir boyuları eşit olursa kalıp kullanım sayısı çok artmaktadır.
9. Sisteme uygun planlama yapma gereği ayrı bir planlama disiplini getirirken, bu zamanla bir alışkanlık haline geldiğinde oldukça farklı planlar oluşturulabilmektedir [14].

Tünellerin sökülebilmesi için, tavanların kirişsiz olması gerektiği gibi, düşük döşemelerin de olmaması gerekir. Düşük döşemenin olmayışı ve sarkan tesisat elemanlarının yok edilebilmesi için asma tavan metodu uygulanır ki, bu da estetiklik ve ekonomiklik kazandırır.

Kışın tünel hücrelerin ön yüzleri çadır perdelerle kapatılıp içeride bu amaçla yapılmış tüp gaz yakıtlı ısıtıcılar kullanılırsa kışın aralıksız inşaatı devam edilir, bir günde bir daire veya bir kat hızına erişilebilir.

Ankastre elektrik ve su borularının perde duvarlarına gelen yerlerde, kanalları bütün tesisat delikleri ile kapı ve pencere boşlukları, önceden kalıp yüzeyine vidalanacağı için, tesisatçıya ve doğramacıya gene milimetrik hazır boşluklar ayrılmış demektir. Kapı kasaları sac ise kalıba önceden yerleştirilerek bir imalat kalemi daha kaba inşaat safhasında bitirilmiş olur. Merdivenler bazı hallerde de kat sahanlıkları, şantiyede tıpkı cephe panelleri gibi üretilerek montaj vinci aracılığı ile yerine konur.

2.4.3. Tünel kalıp sisteminde donatı düzenlenmesi

Tünel kalıp sistemlerde, döşeme kalınlığı minimum 14 cm olmakta ve akma sınırı en az 5000 kg/cm² olan hasır çeliği (S500) kullanılmaktadır. Açıklığı çok fazla olan döşemelerde iki kat hasır çelik donatı kullanılır. Döşemelerde üst donatı çeliği TR sembolüyle gösterilir. Üst donatı ve alt donatıyı birbirinden ayırmak için sehpa donatısı kullanılır. Sehpa donatısı, kullanılan hasır çelikten yapılır. Tünel kalıp sistemlerde döşemenin çalışma yönü kalıbın çıkış yönüne göre seçilmelidir. Döşeme 3 yönden perdelerle mesnetlendiği için kalıbın çıktığı doğrultuda çalışması gerekir. Aksi takdirde, döşeme mesnetlenmediği yöne çalışacağından daha fazla yük alacak ve tasarım sırasında döşeme kalınlığının ve donatı alanının artırılması gerekecektir. Döşemelerin mesnetlendiği bölgelerde tek yönlü çalışan R tipi hasır donatılar kullanılır. Kalıp sisteminin teknolojisi gereği döşemelerin üç tarafı perdelerle mesnetli olmasına rağmen bir taraf kalıbın çıkarılması için boşta bırakılır. Döşemenin boşta kalan ucunda duvar yükünü almak için ve bu yükün perdelerle aktarılabilmesi için bant kirişler oluşturulur. Bant kirişlerin yüksekliği döşeme kalınlığında olup eni 20 ~ 60cm arasında değişmektedir. Bant kirişler, firkete donatısı ve firketelerin içerisinden geçirilen düz nervürlü demirlerden oluşturulur. Firketeler, hasır donatıların U şeklinde kıvrılmasıyla oluşturulur. Firketeler, kirişler gibi üst ve alt montaj donatısı olacak şekilde tasarlanırlar.

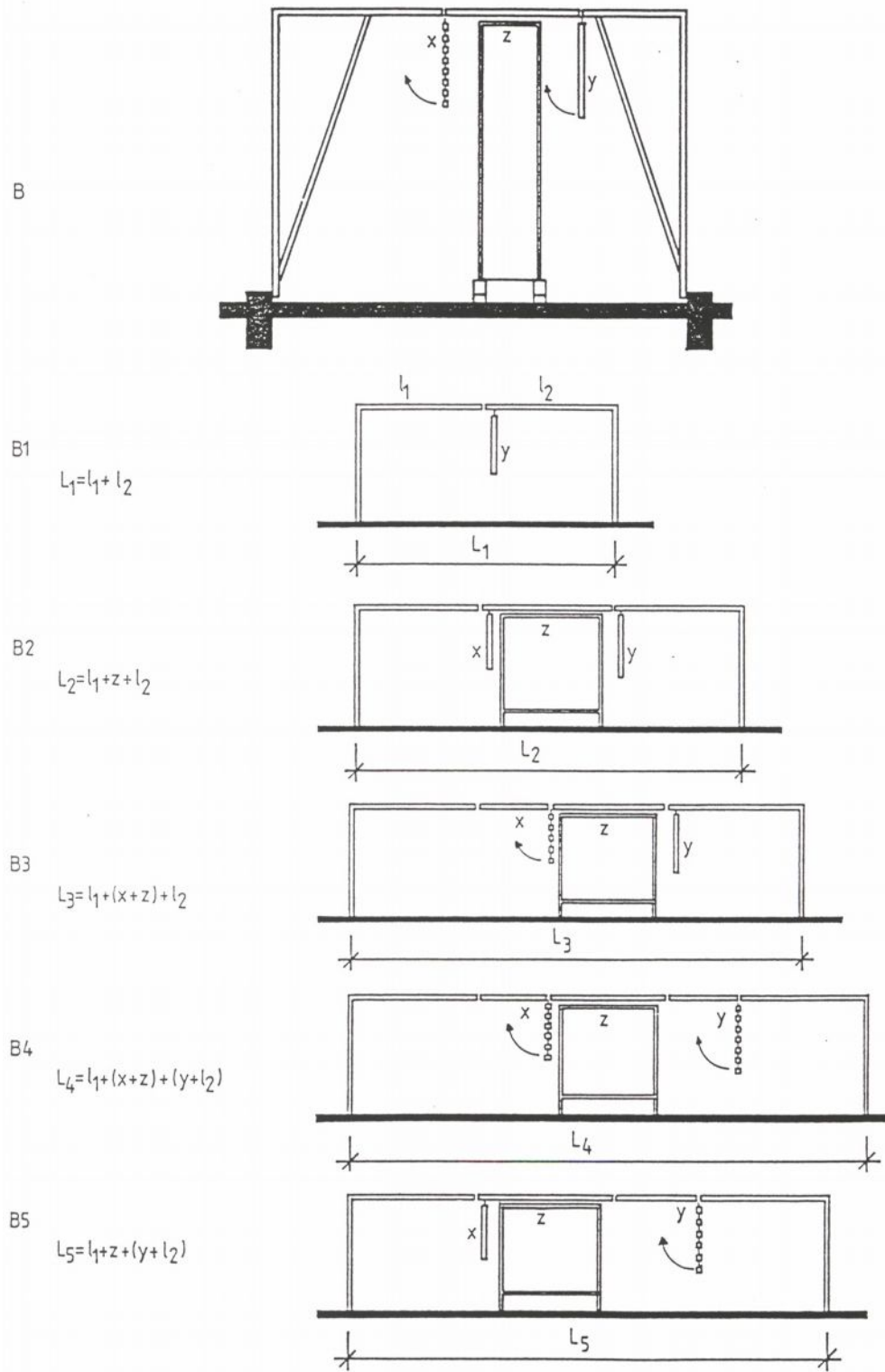
Tünel kalıp sistemlerde, perde gövdeleri hasır çelik donatı kullanılarak tasarlanırlar. Tünel kalıp sistemlerle yapılan yapılarda perdeler tüm deprem kuvvetlerini taşıyacak şekilde boyutlandırılırlar. Tünel kalıp sistemi kullanılan yapılarda bina yüksekliğince perde kalınlığı değişmez. Perde gövdelerinde, akma sınırı en az 5000 kg/cm² olan hasır çeliği (S500) kullanılmaktadır. Perde uçlarında, nervürlü demirden kolonlar

kullanılır. Perde gövdesinde Q tipi hasır çelik donatı kullanılır ve hasır çelikler en az 3 göz bindirilecek şekilde montaj yapılır. Perde gövdesinde karşılıklı olarak hasır donatıların düzgün bir şekilde montajlaşmasına yardımcı olmak ve beton dökülürken donatının yer değiştirmesine engel olmak amacıyla hasır donatılar arasına m2 'ye en az 10 adet gelecek şekilde çiroz demirleri monte edilir. Çiroz demirleri Ø8 demirden bir ucu kancalı, bir ucu gönyeli olacak şekilde imal edilirler. Çiroz boyları, 20 cm kalınlığındaki perdeler için 35cm olarak tasarlanırlar.

2.5. Tünel Kalıpta Boyutsal Olanaklar ve Farklı Yapı Boyutlarına Uyum

Tünel kalıp sistemlerinde sadece mevcut kalıplar kullanılırsa, tasarımda oldukça kısıtlı kalınır. Farklı tasarımlar yapabilmek için özel kalıplar yapılması da hiç ekonomik olmaz. Böyle durumlar için kalıp firmaları çeşitli ara boyutta ek kalıp elemanları üretmişlerdir.

Örneğin $(\ell_1 + \ell_2)$ gibi boyutları olan bir mahal için bir (A) kalıbına ihtiyaç vardır. Bu açıklığın $(\ell_1 + X) + \ell_2$ veya $\ell_1 + (Y + \ell_2)$ gibi boyutlardaki varyasyonları kullanılırsa ve bu x ve y parçaları başka yerlerde de kullanılabilirse, daha ekonomik çözümler üretilmiş olur. Tünel kalıp genişlikleri küçük açıklıklar için minimum 75 cm'e kadar inebilmekte iken, büyük açıklıklarda maksimum 6.50 metre olabilmektedir. Bu ek parçaları düşeyde de kullanılabilir. Özellikle yarım tünel kalıplarla tasarlanan mimari projeler daha esnek olabilmektedir [15].



Şekil 2.4. Tünel kalıplarda ek elemanların sağladığı olanaklar

2.6. Tünel Kalıp Sistemlerin Yapım Yöntemleri

2.6.1. Tesisat çözümü

Tünellerin sökülebilmesi için bütün döşemenin aynı koddan olması gerekmektedir. Bu yüzden banyo, tuvalet gibi ıslak mekanlarda düşük döşeme yapılamamaktadır. Zaten düşük döşeme uygulaması bulunduğumuz yıllarda, sorun çıktığında müdahale zorluğu yüzünden tercih edilmemektedir. Tünel kalıp sistemiyle yapılan yapılarda banyolarda asma tavan çözümüne gidilmektedir. Böylece tesisatta ileride oluşabilecek bir arıza kolayca müdahale edilebilmektedir.

Ankastre elektrik ve su borularının perde duvarlarına gelen yerlerde, kanalları ve bütün tesisat delikleri kalıplar kurulurken kalıp yüzeyi üzerine rezervasyon boşlukları için hazırlanmış kalıplar vidalarla tünel kalıba sabitlenir. Böylelikle tesisat boruları için milimetrik hassaslıkta boşlukları bırakılmış olur [5].

2.6.2. Kapı pencere boşluklarının açılması

Dikey perdelerden gelen kapı ve pencere boşlukları, özel rezervasyon boşlukları ile yerinde milimetrik olarak bırakılmış olur. Donatı yerleştirilirken bu yardımcı kalıp elemanlarının içine yerleştirilmez.

2.6.3. Tünel kalıplı yapılarda bodrum katın yapımı

Bodrum katında normal katlarla aynı yükseklikte olması, hem kalıp ekonomisi hem de binanın hassas bir şekilde yerine oturtulması için avantajlı olacaktır. Ama eğer bodrum kat daha yüksek olursa normal katta kullanılacak kalıplar aynı şekilde kurulup ve aradaki fark kadar uzunlukta beton kalıba dökülebilir. Kalıpları taşıyabilecek boyutta ve sıklıkta çelik sehpa üzerinde kalıplar kurulup ve kalan perde kalıpları ve döşeme kısmının kalıpları dökülebilir, fakat böyle bir uygulamada iki beton arasında soğuk derz oluşur. Bu da tüm yapının sağlamlığını olumsuz yönde etkiler.

Ayrıca bodrum kat da tünel kalıpla yapılacak ise kalıpların çıkarılabilmesi için temel kazının konveksiyonel sisteme göre daha geniş yapılması gerekmektedir, fakat bu fark elde edilecek yararlar düşünülürse önemli değildir.

2.6.4. Tünel kalıplarda izolasyon

Cephe panelleri “sandwich panel” olarak şantiye de üretilebileceği gibi, tek kat beton (8-10 cm) olarak yapıldığı zamanda içten yalıtım malzemesiyle kaplanabilmektedir.

Dış duvar izolasyonu yapılmak istenildiğinde kalıbın içine izolasyon levhaları konarak yapılabilir.

Tablo 2.1. Tünel kalıp sistem ile geleneksel sistemin enerji karşılaştırması (Mesa,1995)

	Geleneksel Sistem	Tünel Kalıp Sistemi
Isıtma Ortalama	8860 k/cal	7040 k/cal
Yıllık Sıvı Yakıt Tasarrufu	450 kg/yıl	350 kg/yıl

Tablo2.1’ de de gözüktüğü gibi ısı kaybı oldukça azalmaktadır. Bu uzun vadede içinde yaşayan insanların ısınma ve soğuma masraflarında düşüş olarak yansımaktadır. Bunların dışında ısı yalıtımından dolayı ısıtma kazanını boyutlarında, kalorifer peteklerinin metrekaresinde ve boru çaplarında azalma olacaktır.

2.7. Tünel Kalıp Sistemiyle İnşa Edilen Binalarda Yapı Malzemeleri

2.7.1. Beton

Tünel kalıp sistemi ile inşa edilecek binaların üst yapılarında ve temellerinde kullanılacak olan beton sınıfı, temeldeki zımbalama ve döşemedeki kayma dayanımını sağlayacak şekilde seçilir. Betonarme yapı elemanlarında kesit büyütülmesi ile hem kullanılması gereken minimum donatı alanı fazlalaşacak, hem de yapının ağırlığı artmasından dolayı ekonomik olmayacaktır.

Özellikle tünel kalıp sistemi ile inşa edilecek binalarda kat içinde herhangi bir döşemenin kalınlığını arttırmak demek o kattaki ve dolayısıyla binadaki tüm döşemelerin kalınlığını arttırmak demektir çünkü tünel kalıp sisteminde aynı kat içerisindeki döşeme yüksekliğinin değiştirilmesi mümkün olmasına rağmen zahmetli ve maliyeti yükselten bir durumdur.

Aynı durum temellerdeki zımbalama hesabında da söz konusudur. Temel radye kalınlığının arttırılması zemine gelen yüklerin ve minimum donatı oranının artmasına dolayısıyla ekonomik çözümden uzaklaşılmasına neden olur.

Tüm bu koşullar göz önüne alınarak beton sınıfının optimum şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Gerekliğinde üst yapı ile temelin inşasında farklı beton sınıfları kullanılabilir [7].

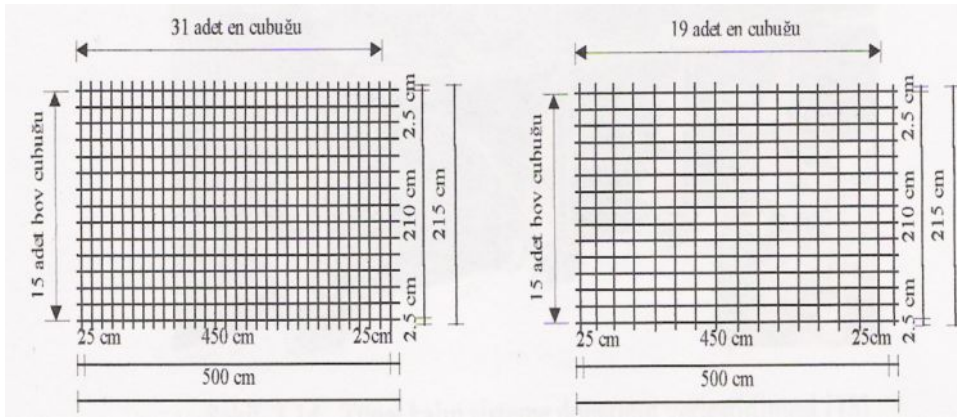
2.7.2. Donatı çeliği

Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen binalarda yaygın olarak kullanılan hasır çelik, yüksek mukavemetli nervürlü çubuklardan nokta kaynağı ile yapılan betonarme donatı malzemesidir. Her türlü binanın döşeme ve perde duvarlarında, sömellerinde, tünellerde, beton sahalarda, endüstri yapılarında, prefabrik elemanlarda, barajlarda ve daha birçok yerlerde kullanılabilir. İnşaat demirine göre malzemede ekonomi, işçilikte kalite ve kolaylık sağlar. Demir montaj ve kalıp bekleme sürelerini azaltır, inşaaata hız kazandırır. Çoğunlukla kullanılan (BÇ III = ck f 420Mpa) betonarme

demiri ile kıyaslandığında hasır çeliğin (BÇ IV, = ck f 500Mpa) mukavemeti yüksek buna karşılık sünekliliği azdır, bu nedenle perde uç bölgeleri, kirişler, temel, boşluk çevresi gibi sünek davranışın gerekli olduğu bölümlerde hasır çelik kullanılması sakıncalı olabilir. Hasırlar, çubuk aralıklarına göre iki sınıfa ayrılır;

Q hasırları: Her iki yöndeki çubuk aralıkları eşittir (15 cm x 15 cm). İki doğrultuda çalışan plak döşemelerin açıklıklarında, perde gövdelerinde kullanılmaları uygundur.

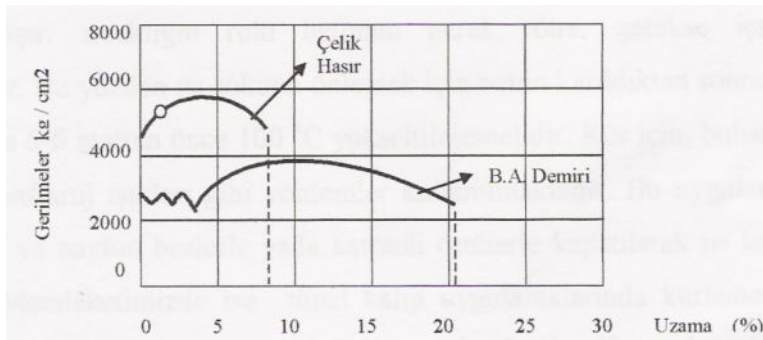
R hasırları: Kısa yöndeki çubuk aralıkları uzun çubuklarından geniştir (15 cm x 25 cm). Tek doğrultuda çalışan döşemelerin açıklıklarında ve döşeme mesnetlerinde kullanılmaları uygundur, ikinci doğrultu donatısı, birincinin 1/5'inden daha büyük düzenlendiği için dağıtma donatısı da hem açıklıkta hem de mesnette kendiliğinden oluşmuş olur.



Tek çubuklu "Q" hasırı

Tek çubuklu "R" hasırı

Şekil 2.5. Çelik hasır tipleri [27]



Şekil 2.6. Betonarme demiri ile hasır çeliğin gerilme-uzama eğrisi [27]

2.8. Tünel Kalıp Üreten Bir Firmanın Tünel Kalıp Teknik Şartnamesi

1. Tünel kalıbı oluşturan tüm panoların beton görececek yüzey sacı, Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş.'nin 3mm. Kalınlığındaki THRU cinsi 3237 çeliğinden olacaktır.
2. Tünel kalıp 80kg./cm² beton basıncında mukavemet gösterecek şekilde imal edilecektir. Panoların arka yüzeylerine konulacak omega ve U profiller, bu mukavemet değerini sağlayacaktır.
3. Saplama delikleri, dikey düzlemde kalıp altından 65, 1065 ve 2315mm. yükseklikte 3 (üç) sıra halinde olacak, yatay düzlemde ise 2500genişliğinde standart panoda 625 ve 1250mm. aralıklarla delinecektir. Ayrıca proje gereği olarak yatay düzlemde değişik aralıklarla da saplama delikleri olabilir.
4. Yatay panoların iç dik pano düzlemine dönüşü 63mm., arka panoların yatay pano ve iç dik pano düzlemlerine dönüşü 93mm. olacaktır. Bu dönüşlerdeki bağlantılar için yeterince merkezleme U'su ve civata verilecektir. Yatay ve arka panoların bağlantıları için konik kanca eksiksiz olarak verilecektir.
5. Konturfişler 60x3.0, dikme tekerleri 48x3.0, dikme teker çatalları 34x2.5mm. borudan imal edilecektir. 2550mm. genişliğinde ve daha büyük tünellerde konturfiş 76x3.0 borudan imal edilecektir.
6. Terazi putrelleri, bağlandığı tünellerin deplasmanı sırasında, izin verileden fazla sehim vermesini engelleyecek mukavemette olacaktır. Gerekli görüldüğü takdirde uzun tüneller için terazi putrelleri makaslı olarak verilecektir.
7. Döşeme ve perde alın elemanlarının beton gören yüzeyleri 1 no'lu maddedeki 3mm. Sacdan imal edilecektir.
8. Aks köşebentleri 100x100x10mm. Ebadında köşebentten üretilecek ve yeterli sayıda mesafe ayar elemanı ve kelepçesi ile birlikte verilecektir.
9. Kalıp çıkarma iskelesinin taşıyıcı aksamı 120mm. NPI ve Ø60x3.0mm. Borudan imal edilecektir. Destek bağlantı boruları Ø48x2.5mm. Borudan olacak, yeterli sayıda kelepçe ve ağ örgü ile birlikte verilecektir. Yeteri kadar korkuluk güvenlik malzemesi ile birlikte verilecektir.
10. Dış pano taşıma iskelesi ana aksamı 65x42mm. NPU ve Ø60x2.5mm. Borudan, bağlantı elemanları 50mm. U ve L profillerden olacaktır. Yeteri kadar korkuluk güvenlik malzemesi ile birlikte verilecektir.

11. Beton iskelesi ana aksamı Ø48x2.5mm. Borudan imal edilecektir. Yeteri kadar çalışma platformu ve korkuluk güvenlik malzemesi ile birlikte verilecektir.
12. Sahanlık iskeleleri 120mm. U profilden imal edilecektir. Yeterli sayıda sahanlık platform elemanı, saplama ve aksesuarları ile birlikte verilecektir.
13. Döşeme ve perdelerde proje gereği bırakılması gereken boşluk ve yırtıklar için çelik boşluk rezervasyonları kullanılacaktır. Bu rezervasyonların beton gören yüzeyleri 1 no'lu maddedeki 3mm. Sacdan olacak ve arkaları profillerle desteklenecektir.
14. Tünel çadırları 1100 denye plastik esaslı malzemeden imal edilecektir. Tünel ısıtıcıları sıvılaştırılmış petrol gazı ile kullanılabilir şekilde verilecektir. 1m³ tünel iç hacmi için yeterli gaz kullanıldığı takdirde 700kcal/saat kapasiteye sahip donanım verilecektir.
15. Tünel kalıbı oluşturan tüm panolar epoksi boya, diğer aksam ise antikorozyon astar boya ile en az 60m⁶ kalınlığında boyanacaktır [19].

2.9. Tünel Kalıp Sisteminde Yapı Elemanları

Tünel kalıp sisteminde esas olarak döşemeler, perdeler ve temeller öncelikli elemanlardır. Bu elemanların yanı sıra boşluklu perdelerdeki bağ kirişlerinden de söz edilebilir.

2.9.1. Döşemeler

Tünel kalıp sisteminde döşemeler kendilerini çevreleyen perdelerle mesnetlenirler. Ancak döşemelerin dörtkenarının da perdelerle mesnetlenmesi pek mümkün olmaz çünkü tünel kalıbın çıkarılması için mekânın bir yüzü mutlaka açık olmalıdır. Bir başka deyişle bu sistemde döşemeler, üç kenarından perdelerle mesnetlenir. Bu durumda mesnetlenmemiş kenarın üzerine gelecek duvar yükünün karşılanması perdeler arası aks sürekliliğinin sağlanması, bu kenarda oluşabilecek sehimlerin engellenmesi amacıyla döşeme yüksekliğinde, 40 – 60 cm eninde kirişler oluşturulur. Bunlar kirişler gibi donatılırlar ancak döşeme hesaplarında bu kısmın döşemenin bir parçası olduğu kabul edilir, çünkü rijitliği kirişle kıyaslanamayacak kadar küçüktür

[5]. Bunların dışında, döşemenin, kalıbın çıktığı doğrultuya dik doğrultuda çalışması istenir. Aksi takdirde elverişli olmayan çözümler söz konusu olabilir. (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Tünel kalıbın çıkış yönüne göre döşeme parçasının durumu

Döşemelerin statik hesapları sürekli kiriş yöntemiyle yapılabilir süreksiz mesnetlerin bulunduğu döşemelerde bazen aynı yönde iki sürekli kiriş tanımlanması gerekebilir. Bu durum bir döşemenin kenarında iki farklı döşeme olduğunda da geçerlidir, bazen de hem mesnet süreksizliği, hem de döşeme süreksizliği aynı anda olur, bu durumda plağı sonlu elemanlara bölerek çözmek daha güvenilir sonuçlara ulaşılabilmeyi sağlar [3].

Tünel kalıp sisteminde döşemenin üç kenarından mesnetli olması plağın genelde tek doğrultuda çalışmasına neden olmaktadır. Döşemenin, kalıbın çıktığı doğrultuya dik doğrultuda çalışması istenir. Aksi takdirde elverişli olmayan çözümler söz konusu olabilir.

2.9.2. Perdeler

Perdeler yatay yüklerin taşımasında etkili olarak kullanılırlar. Taşıyıcı sistemlerin yükseklikleri arttıkça yatay yüklerin karşılanmasında perdeler önemli bir eleman olarak ortaya çıkar. Yatay yükler altında kat yer değiştirmelerinin sınırlandırılması bakımından, bazı durumlarda perdelerin kullanılması zorunlu olur. Deprem bölgelerinde yapılan perdelerin hem yapının güvenliğini sağlayarak ve hem de yer değiştirmeleri sınırlandırarak yapısal olmayan elemanlarda hasarları önlemeleri bakımından etkili davrandıkları belirlenmiştir. Bu nedenle ve gelecekte daha yüksek yapıların yapılması eğilimi sebebiyle taşıyıcı sistemlerde perdelerin daha yoğun kullanılacağı tahmin edilebilir.

Yüksek yapılarda ortaya çıkan perdeler yanında, bodrum katlarında binanın dış çevresinde zemin itkisini karşılamak için de perdeler kullanılır. Bu tür perdeler de düşey düzlemde bulunur, ancak dış yükler düzlemlerine dik ve yatay olarak ortaya çıkar. Bu bakımdan bu tür perdeler normal bina kat döşemelerine benzerler ve boyutlandırılmaları da benzer kurallar kullanılarak yapılabilir [16].

Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılar çok rijit olup, deprem kuvvetlerinin tamamı perdeler tarafından taşınır. Bu tür taşıyıcı sistemlerin yatay yük tasıma güçleri çok yüksektir, fakat kritik kesitleri sadece perdelerin temelle birleştiği kesit olduğu için süneklikleri sınırlıdır. Perdelerde boşlukların oluşturulması, onların tasıma güçlerini azaltırken, süneklikleri artırır. Perdeler boşluklu da olsalar, çerçeve ile birlikte de bulunsalar kritik kesitleri mesnetleridir [3].

Deprem bölgelerinde süneklik düzeyi yüksek perdeler yapmak uygundur. Bir elemanın veya yapının sünek olması onun deprem esnasında ortaya çıkan enerjinin oldukça büyük bir kısmını, dönüşümlü deformasyonlar altında, elastik sınırın ötesinde elastik olmayan davranışları ile mukavemetinden esaslı bir kayba uğramadan yutma kabiliyetidir [17].

Perdelerin plandaki yerleri ve geometrileri mimari fonksiyonlarının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır, dolayısıyla mimari projeyi yapacak olan mimarın bu konuda çok tecrübeli olması gerekir, çünkü bu sistemde düşey taşıyıcıların tamamına yakını perdelerden oluşmaktadır.

2.9.3. Temeller

Perde duvarların altında oluşturulan temeller bir doğrultuda uzanır. Eğer sistemde aynı doğrultuda başka perdeler de varsa temeli o doğrultuda sürekli yapmak uygun olur. Tünel kalıp sistemi ile inşa edilen bir yapıda her iki doğrultuda pek çok perde bulunduğu için temeli en azından iki yönde sürekli temel olarak belirlemek gerekir. Ancak bu tarz temellerin yapım ve kalıp bakımından çıkan güçlüklerden dolayı kullanım alanları kısıtlıdır. Bunun yerine inşası kolay olan plak temeller tercih edilir. Yapı ağırlığı büyük veya zeminin tasıma gücü düşükse, bütün yapının altına tek bir

plak temel yapılması uygun olabilir. Plak temeli planda üst yapının biraz dışına taşarak zemin gerilmelerini düşürmek mümkün olur. Özellikle kirişsiz plak temeller hem inşa edilmesinin kolay olması hem de bodrum katın döşemesinde düztabanı bozmaması bakımından tercih edilirler. Bu tür döşemelerde zımbalama önemli bir zorlama olarak ortaya çıkar [16].

Tünel kalıp sistemi ile inşa edilen yapılar çok rijit olduğundan, temelin bağımsız şekil değiştirmesi sınırlanır, rijit üst yapı kendisinde oluşan zorlamalarla, farklı oturumları azaltır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda maksimum zemin gerilmesi, zemin emniyet gerilmesinden büyük çıkarsa ya zemin iyileştirilmesi yapılır ya da yapının ağırlığını azaltmak amacıyla kat âdeti düşürülür. Ayrıca minimum zemin gerilmesinin sıfırdan küçük bir değerde olmadığı kontrol edilir eğer böyle bir durum varsa uygun tedbirler alınır.

Zımbalama hesabının sağlanmaması durumunda kesit yüksekliğini arttırmak ya da beton sınıfını yükseltmek seçeneklerinden ekonomik olanı uygulanır. Belirlenen kesit etkilerine göre bir ya da iki perde altında zımbalama dayanımı az miktarda olmak koşuluyla asılırsa, bu bölgelerde zımbalama donatısı düzenlenebilir [7].

2.9.4. Bağ kirişleri

Tünel kalıp sisteminde, boşluklu perdelerin bağ kirişleri, uygulama zorlukları nedeni yönetmeliğin belirttiği esaslara uygun biçimde donatılamamaktadır. Bu sebeple bunların yerine yüksek kirişlerde olduğu gibi etriye sıklaştırılmaları yapılmış kirişler tasarlanmaktadır. Ayrıca bu elemanlardaki gerçek zorlanmanın anlaşılması amacıyla üç boyutlu bir sonlu eleman modeli kullanarak çözüm yapmak daha uygun olmaktadır.

2.10. Tünel Kalıbın Sağladığı Yararlar

1. Geleneksel yöntemle göre ağaç sarfiyatını çok azaltmaktadır. Tünel kalıplar çelikten yapıldığı için 1000 kereye kadar kullanılabilir. Kalıplar hurdaya bile dönse, eritilerek yine çelik hammaddesi olarak kullanılabilirler. Ama ahşap şantiyeden yakılacak odundan başka bir şekilde çıkamamaktadır.
2. Çok hızlı bir üretim sistemi olduğu için zamandan çok kazandırmaktadır.
3. İşçilik maliyetlerinde büyük düşüşler görülür.
4. İnşaat süresince işçilerin işleri sistematik ve düzenli olduğu için işçilerin, işi boş yere beklemesi gibi bir durum söz konusu olmaz. İşçilere şantiye süresince düzenli iş sağlanmış olur.
5. Tünel kalıp sistemiyle ne kadar çok imalat yapılırsa, daire başına düşen maliyet o kadar azalmaktadır.
6. Tünel kalıpla yapılan inşaatlarda, yüzeyler sıva gerektirmemektedir. Binanın sıva yüzünden toplam ağırlığı artmamakta, toplam kullanım alanından ise alan kazanılmaktadır.
7. Yurt dışında da yapılan inşaat tekliflerinde ne kadar hızlı bitirilirse, o kadar çok kazanç sağlanacağı açıktır.

Taşıyıcı perdelerin ve döşemenin betonarme olarak elde edildikten sonra, bölücü alt sistemler için alçı, pano bileşenler, hafif konstrüksiyonlar seçilebildiği gibi geleneksel sistemlerde olduğu gibi tuğla duvar da örülebilir. Cephe elemanları ise hazır prefabrik elemanlarla yapılabileceği gibi tuğla da örülebilir [18].

Tünel kalıpla yapılacak olan inşaatlarda proje yönetimi çok önemlidir. Her işlem belli bir sürede ve sırayla yapılmak zorundadır. Örneğin 8 saatlik çalışma ve 24 saatlik rotasyonla bir iş programı uygulanabilmesidir. 100 m²'lik bir konut inşaatı için; 8-10 kişilik tünel kalıp ekibi, 1 elektrik tesisatçısı, 2 soğuk demirci ile sabahtan öğleye kadar 4 saatlik bir çalışmayla tünel kalıp sökülüp yeniden kurulmakta ve öğleden sonra da betonu dökülebilmektedir. Kış aylarında ısıtma yaparak, yaz aylarında ise ısıtmadan, kalıp ertesi sabah yeniden kurulmak için sökülebilmektedir [19].

Tünel kalıpla yapılan yapılarda betonarme betonu olarak C25 betonu kullanılmaktadır. Metrekareye 0.31-0.32 m³ beton dökülmektedir. Donatı olarak ise işçilik süresini kısaltan hasır çelik kullanılmaktadır. Tünel kalıplarda yüzeylerin temiz çıktığı için, ayrıca bir kaplama ve sıvama gerektirmemektedir. Kalıptan çıkan yüzeylerde, eğer segregasyon veya vibrasyon hatası gibi bir kusur varsa spatulayla alçı yoklamayla düzeltilir. Bunun üzerine duvar kağıdı ve boya gibi “bitirme” malzemeleri kullanılabilir. Dış perde kalıp yüzeylerine istenen hazır doku elemanları (fiberglas-neoplast) konularak dekoratif dokular elde edilebilir.

Tünel kalıp ile yapılan yapılarda ekonomik açıklık 3 m-6 m arasındadır. Günlük rotasyon için en uygun kat alanları 70-150 m² arasındadır. Tünel kalıp sistemin ekonomik olabilmesi için tekrar sayısı 100'den az olmamalıdır. Kalıp sistemleri nasıl kullanıldığı ile alakalı olarak, iyi kullanıldığında 1000 sefer kullanılabilir. Tabii ki, 100 kullanımın üzerindeki her kullanım sayısı müteahhit firma için kârdır [20].

2.11. Tünel Kalıbın Türleri

Tünel kalıplar kendi içinde:

1. Tam tünel
2. Yarım tünel

Kalıplar olarak iki gruba ayrılmaktadır

2.11.1. Tam tünel kalıplar

Tam Tünel Kalıp ekipmanı döşemelerle birlikte, binanın yan dış duvarlarının, iç bölme perdelerinin betonlanmasına izin veren kalıp ekipmanıdır. Bu ekipman ile kalıp söküldükten sonra döşemelerin dikme desteğine alınması mümkün olabilmektedir. Beton kalıpta iken ısınması sağlanmakta ve böylece betonun priz süresi kısalmaktadır [21,27].

Tam tünel kalıplar, yeterli boyutsal çeşitliliği sağlamadığından planlamada kısıtlamalar getirirler. Kalıpların ağırlığı kaldırılma ve montaj açısından ek problemler getirir. Tam Tünel Kalıpların standart derinlik boyutları, 62.5 cm, 125 cm ve 250 cm Şeklinde üretilirler. 12.5 m' ye kadar büyüyebilirler [22,27].



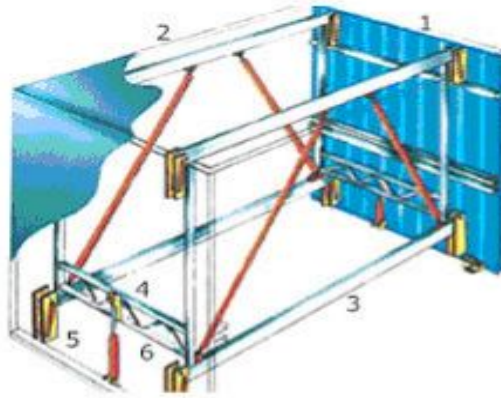
Şekil 2.8. Tam tünel kalıp sistemi

Tam tünel kalıplar yatay ve düşey kalıp yüzeylerine sahiptir. Ayrıca kalıbın germe ve boşaltma işlemleri için yatay yüzey kalıbını taşıyan profillerden oluşan üst kiriş vardır. Kalıbın gerdirilmesi için yapılmış yan kirişlerle yatay kirişi apraz Şekilde birleŐtiren payandalar mevcuttur. Bunun yanı sıra kalıbı teraziye alma iŐlemini yürüten ‘‘flanş ayaklar’’ ve kalıbı sürmeye yarayan ‘‘rulmanlı tekerlek’’ ve muhafazaları, perde ara mesafe ayarını sağlayan çubuklar, kelebek sıkma somunları, tüm birleştirme elemanları tam tünel kalıbın diğer ekipmanlarını oluŐturmaktadırlar. Tam tünel kalıp kullanılacağı yere vinç yardımı ile taşınır ve tekerlekleri üzerinde döşemeye oturtulur. Tekerlekleri ayarlanabilir dikmeye dayanarak dengede kalır ve vinten çözülür. Tekerlekleri üzerinde götürülerek sahadaki gerçek yerine yerleştirilir. Flanş ayaklar üzerinde kaldırılarak teraziye alınır. FlanŐların tepesindeki somunun sağa sola döndürülmesi ile teraziye alma işlemi tamamlanmaktadır. Hidrolik donanımı ilave edilmiş tam tünel kalıp ekipmanı, hidrolik jeneratöre kumanda eden bir kolun hareketi ile düşey ve yatay düzlemlerde tam bir hassasiyetle

ve anında birleştirilip ayarlanabilmektedir. Perde kalıbının ayarı yan yana monte edilmiş iki tam tünel kalıbın arasındaki mesafe çubukları ve ayar konikleri ile yapılmaktadır. Bu sayede betonun yatay eforlarına karşı kalıpların deformasyonu ortadan kalkmaktadır [23,27].

2.11.1.1. Tam tünel kalıp elemanları

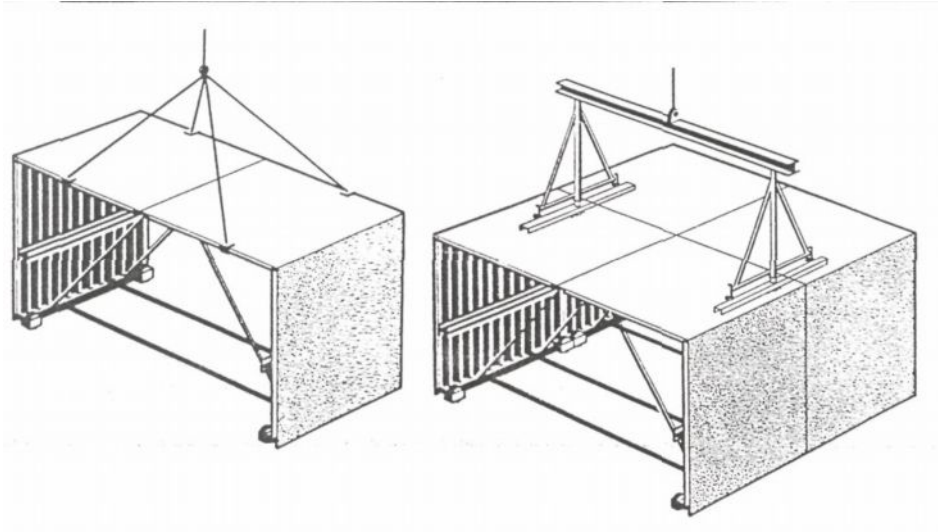
- 1.Yatay panolar
- 2.Düşey panolar
- 3.Üst kiriş: kalıbın germe ve boşaltma işlemleri için yatay yüzey kalıbını taşıyan profillerde oluşur.
- 4.Payandalar: Yan kirişlerle yatay kirişi çapraz şekilde birleştirir.
- 5.Flans ayakları: Kalıbı teraziye almada kullanılır.
- 6.Rulmanlı tekerlek: kalıbı sürmeye yarar
- 7.Çubuklar: perde ara mesafelerini ayarlar
- 8.Somunlar: Kelebekleri sıkmakta kullanılır.
- 9.Muhafazalar: Kalıpları korurlar



Yan Duvar Kalıbı

- 1) Yatay kalıp yüzey
- 2) Travers
- 3) Kaldırma kirişi
- 4) Hidrolik krik
- 5) Ayar ve tespit çubuğu

Şekil 2.9. Tam tünel kalıp



Şekil 2.10. Tam tünel kalıp elemanlarının oluşturduğu kalıp birimleri

2.11.1.2. Mekanik tam tünel kalıp

Mekanik tam tünel kalıp ekipmanları şu elemanlardan oluşmaktadır:

Saçtan ve profillerden üretilmiş düşey yan yüzey kalıbı ve yatay üst yüzey kalıbı,

İki adet aşağı ve yukarıya hareket eden, kalıbı germe ve boşaltma görevi yapan ve yatay üst kalıbını taşıyan profillerden üretilmiş üst kiriş,

İki adet kalıbın gerdirilmesine yarayan payanda,

Kalıbı teraziye almaya yarayan flanş ayarları,

Kalıbı sürmeye yarayan rulmanlı tekerlekler ve koruyucular,

Perde ana mesafe ayarını sağlayan ve kelebek sıkma somunları,

Tüm birleştirme elemanları, bulonlar, rondelâlar vb.



Şekil 2.11. Mekanik balkon tünel kalıp sistemi

2.11.1.3. Hidrolik tam tünel kalıp

Tam tünel kalıplarda, hidrolik güç sayesinde günlük işlemlerin süresi kısalmakta, tam tünel kalıbın biçimlenişi ve otomatik terazileme düzeni, yüzeylerin kalitesi ile boyutsal pozisyon elde edilmektedir. Hidrolik tam tünel kalıplarda aranan özellikler ise şunlardır:

Hidrolik sistemin kalıpla uyumlu olması,

Kalıbın, duvar + tavan + duvar sürekliliğinin sağlanması,

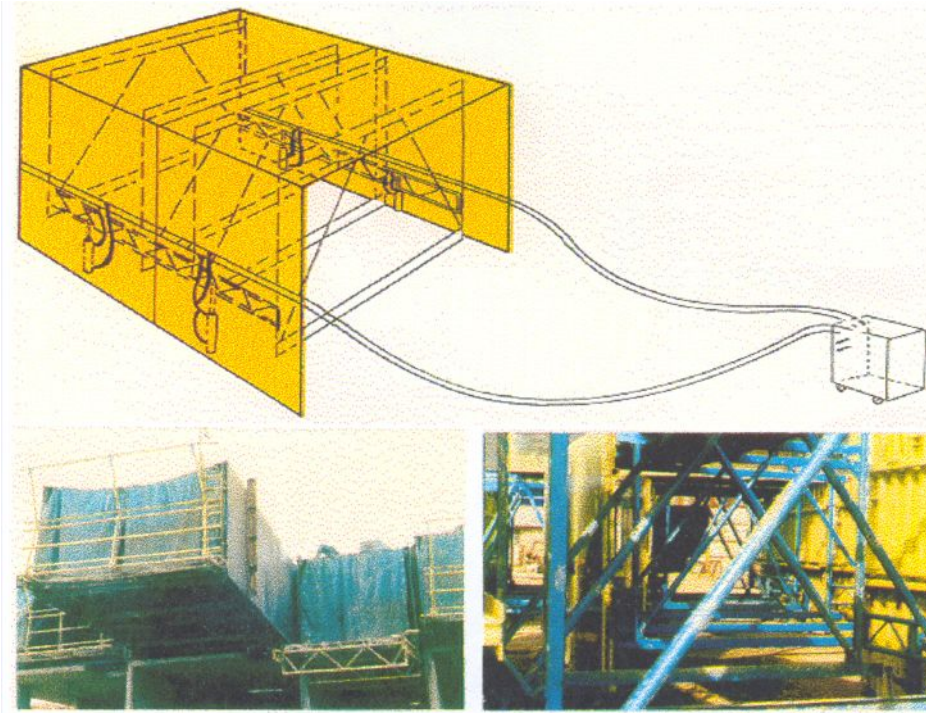
Yüzlerce kez kullanılacak kalıbın esneklik ve rijitliğinin optimum olması,

Modüler (bölümsel) bağlantılarının çabuk birleştirilebilir ayrılabilir olması,

Kaldırılacak modüllerin ağırlık merkezlerinin hesap edilerek önceden kaldırma kancalarının takılmış olması,

Aks (eşik) betonları için kullanışlı topuk sistemleri taşıması,

İskelelerin ve aksların emniyetli biçimde yapılmış olması gerekmektedir.



Şekil 2.12. Hidrolik Tam Tünel Kalıp Sistemi ve Yerleştirilmesi

Her hidrolik tam kalıbın kendine özgü özellikleri olmakla birlikte, her zaman "en ucuz " sistemin, "en ekonomik" seçim olmadığı vurgulanmakta yarar vardır. Kuruluşlar hem mevcut proje hem de gelecekteki eğer varsa projelerinin optimizasyonu doğrultusunda karar verdikleri için, hidrolik tam tünel kalıp konusu dikkatle incelenmektedir.

2.11.2. Yarım tünel kalıplar

Yarım tünel kalıplar, köşe tünel kalıplar ve konsollu tünel kalıplar olarak ikiye ayrılırlar. 1,5 ton kapasiteli normal bir inşaat vinci ile binanın istenilen her yerine taŐınabilmektedir [21,27]. Şekil.2.13' de bir yarım tünel kalıp gösterilmiştir. Yarım Tünel kalıp ekipmanı ile kalıp söküldükten sonra, döŐemeleri dikme desteğine bırakmak mümkün olabilmektedir. Böylece ısıtılması sağlanabilmektedir.



Şekil 2.13. Yarım tünel kalıp

2.12. Tünel Kalıpla Tasarım Yapılırken Dikkat Edilecek Noktalar

1. Mekanlar tasarlanırken tünel kalıbın standart boyutları göz önüne alınmalıdır. En büyük ve ekonomik açıklıklar 5.70-6.30 metre arasındadır. Daha fazla olan açıklıklarda döşeme kalınlığı artmakta ve sistem zorlanmaktadır.
2. Ana taşıyıcı duvarları oluşturan tünel kalıplarının eşit aralıklarda olmasına dikkat edilmelidir.
3. Bu duvarlar en az bir taraftan açık olmalıdır.
4. Mekanlar dik açılı olursa daha kolaylık sağlar.
5. Mümkün olduğunca az girinti ve çıkıntı olmalıdır.
6. Mekan yükseklikleri kat fark etmeden aynı yükseklikte yapılırsa, daha ekonomik olmaktadır. Düşük döşeme yapılamamaktadır. En fazla profillerle 4 cm düşürülebilmektedir.
7. Taşıyıcı duvarların binanın dar kenarına paralel doğrultuda yerleştirilmesi uygun olur. (Cross-wall sistemi)
8. Bina gruplarının yerleştirilmesinde özellikle çok katlı binalarda kreyn kapasiteleri dikkate alınmalı ve rasyonel çalışma düzeni kurulmasına önem verilmelidir. Genel yerleşme planında aynı kreyn ile en az iki yapının üretilmesi sağlanmaya çalışılmalıdır. Sabit kule vinçler kullanıldığında, tek yapının dış boyutlarını vincin kol uzunluğu belirlemektedir.
9. Tasarım sırasınca kalıpların ankraj aralıkları göz önüne alınmalıdır.
10. Konutlarda ekonomik boyutlar 70-150 m² arasındadır.
11. Kapı ve pencere boşluklarının ölçülerinde ne kadar aynısı kullanılabilirse, o kadar ekonomikleşir.
12. Kat adedi olarak kesin bir sınır yoktur. Türkiye’de yapılan uygulamalar 18 kata kadar rasyonel olduğunu göstermektedir.
13. Betonarme perde kalıpların genişlikleri 15 cm’in altına düşmez [14].

2.13. Tünel Kalıpların Yapım İlkeleri

Tünel kalıplar dört yüzü kapalı kalıp birimleridir. Mekanın beşinci yüzü, kalıbın üzerine oturduğu döşemedir. Altıncı yüzü kalıbın çıkarılabilmesi için açık bırakılmaktadır.

Kalıp yüzeyleri genellikle 3-4 mm kalınlığında çelik levhalardır. Çelik levhalar, kalıbın kullanılma süresini uzatmakta ve kolay ısıtılmasını sağlamaktadır. Dezavantajları ise ağırlıklarıdır. Ancak bu sistemle çalışan şantiyelerde vinçler kullanıldıkları için bu sorun ortadan kalkmaktadır.

Çelik tünel kalıplar tam veya yarım olarak yerlerine konurlar. Yarım tünel kalıplar bir araya geldiklerinde tam tünel kalıbı oluştururlar.

Döşeme ve duvarları oluşturan büyük kalıp yüzeyleri bir tek işlemle yerlerine konulabilir veya çıkarılabilir [24,27].

Döşemeden gelen yükler çaprazlar aracılığıyla taşınmaktadır, böylece alttaki döşemenin aşırı yüklenmesi önlenir.

Çelik rezervasyon elemanları yardımıyla kapı, pencere ve döşeme boşluklar çok hassas doğrulukta elde edilebilir [7,27].

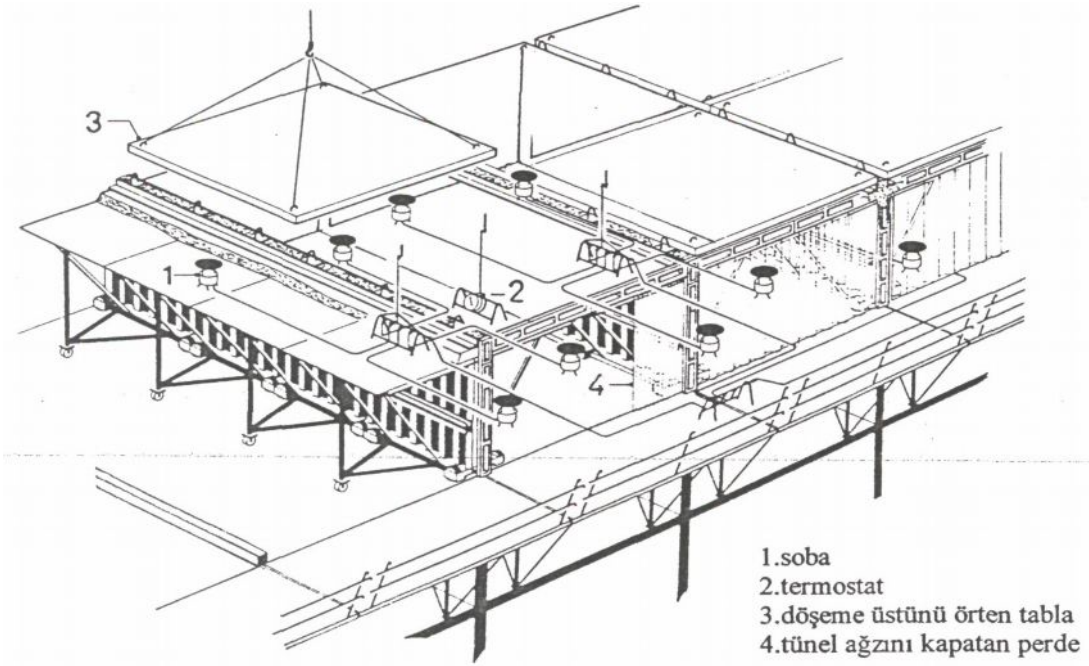
Beton dökümü bir günlük ritmik çalışma içinde eşit tekrarlanan işlemlerle oluşturulabilir.

Kalıp elemanlarının birleştirilmesi, takılması gibi sorunlar çeşitli firmalarca değişik bir biçimde çözülmüştür. Ayrıca kalıpların taşınma ve kaldırılma biçimleri de çeşitlidir.

İki tam tünel kalıp arasında kalan duvarların ankrajları, tüm sistemlere düşey yönde bir veya iki ankrajla sağlanmaktadır. En sondaki duvarlarda ise üç ankraj bulunmaktadır [24,27].

2.14. Tünel Kalıpların Kuruluş Şekilleri

1. Kalıp panoları, şantiyede kurulan düzgün montaj platformu üzerinde yarım tüneller haline getirilip aks betonları dökülür.
2. Kalıp yüzeyi temizlenir ve yağlanır.
3. İki yarım tünel kalıp bir önceki döşeme üzerinde oluşturulan aks betonunu göz önüne alınarak olması gereken yere yerleştirilir.
4. Duvarlar ve döşemelerdeki su tesisatı, ısıtma, havalandırma gibi unsurların pencere ve kapı boşluklar tünel kalıp içine yerleştirilen rezervasyon kalıpları ile boşluğu sağlanır.
5. Demir donatı (hasır çelik levhalar) ve elektrik tesisatı tünel kalıba önceden projelendirildiği şekilde yerine yerleştirilir.
6. Tamamlanınca dış kalıp yerleştirilir ve tünel kalıp ile birleştirilir.
7. Tünelin gerekli kot ve şakul ayarları yapılır.
8. Duvar ve döşemelerin betonu bütün halinde ve tek seferde dökülür.
9. Oluşturulan hacim koruyucu perdelerle kapatılır ve kütleme işlemi yapılır.
10. Beton yeterli prizi aldıktan sonra, koruyucu perdeler açılır.
11. Tünel kalıbın dış perdelerle olan bağlantıları çözülür.
12. Dış perde panoları alınır ve beton prizi kontrol edilir. Yeterli prizi almışsa;
13. Tünel kalıbın içte kalan ters sehim verilmiş olan döşeme kalıplı kısımda çıkartılır, betonun zamanla çökmesi ve istenilen düzeye gelmesi sağlanır.
14. Tünel kalıp tekerlekleri üzerinde dışarıya itilir.
15. Vinçle kaldırılarak yeni yerine yerleştirilir.
16. Kapı pencere boşlukları için bırakılan rezervasyon kalıpları yerinden çıkartılır.
17. Sökülen tünelin yerine beton ayarlı dikmelerle takviye yapılır.
18. Kalıplardaki beton artıkları temizlenir ve yeniden kullanılacak hale getirilir.
19. kalıbın sökülmesinden sonra, yapıyı tamamlayıcı ön dökümlü (prefabrik) elemanlar ile ara duvarlar, pencere ve kapı doğramaları, düz veya çiçeklik biçimindeki balkon ve cephe parapetleri ve merdiven gibi elemanlar, yerlerine takılır (Mesa, 2005).



Şekil 2.14. Tünel kalıp yapım tekniğinde kürleme işlemi



Şekil 2.15. Tünel kalıpta ısıtma sobaları ile kürleme

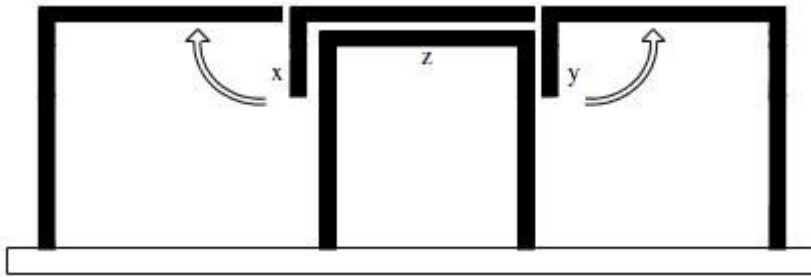
2.15. Tünel Kalıbın Boyutlandırılması

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

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

Tünel kalıplarda, ek parçalar kullanılarak farklı mekan boyutları elde etmek mümkündür. Değişik boyutlarda üretilen kalıpların istenilen şekilde yan yana getirilerek elde edilmiş olurlar. Ayrıca ek kalıp elemanı olarak kutu kalıp veya masa kalıp gibi kalıplarda kullanılabilir. Bu tür kalıplar aynı zamanda açıklığın ortasında dikme görevi görürler [6].

Tünel kalıplarda, çeşitli ek parçalar kullanılarak birçok farklı mekan boyutları elde edilebilir. Tünel kalıp genişliğine (B), x ve y gibi ek kalıp elemanları eklemekle aynı kalıp elemanı ile farklı genişlikteki mekânların kalıplarını oluşturabiliriz, (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Ara Kalıp Elemanlarıyla Farklı Boyutlar Elde Edilmesi


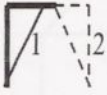

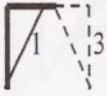



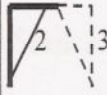







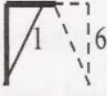



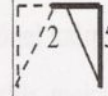
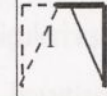




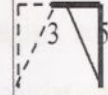
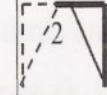
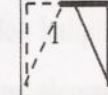




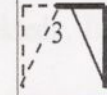
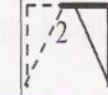

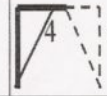
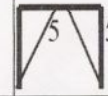
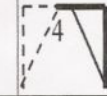
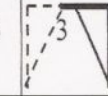
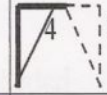
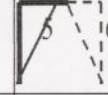
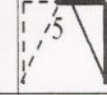
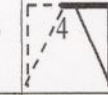
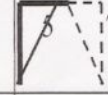
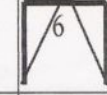
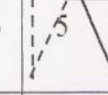
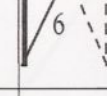
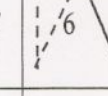
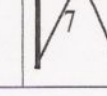
Tünel kalıp genişlikleri küçük açıklıklar için minimum 75 cm'e kadar inebilmektedir. Büyük açıklıklar için ise maksimum 650 cm olmaktadır. Ek kalıp elemanı olarak kutu kalıp veya masa kalıp olarak adlandırılan z açıklıklı kalıplar da kullanılabilir. Bu tür kalıplar açıklık ortasında dikme görevini de yüklenmektedirler, (Şekil 2.17)



Şekil 2.17. Tünel Kalıplarda Masa Kalıp Uygulaması [3]

Aynı kattaki döşeme yüksekliklerini değiştirmek, hem yatırım hem de işçilik maliyetini artıracığından ekonomik değildir. Bu nedenle tünel kalıp sistemiyle yapılan konutlarda düşük döşeme tercih edilmemektedir. Islak hacimlerde asma tavan uygulamasıyla üst katın atık su giderleri gizlenmektedir [7,8,9].

Tünel kalıp uygulaması yapan Mesa firmasının tünel kalıp ölçüleri (Şekil:2.18) görülmektedir.

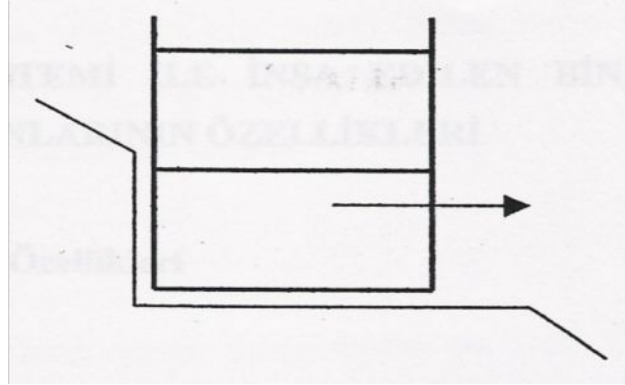
PANO ÖLÇÜLERİ	1 1.05 m.	2 1.35 m	3 1.65 m.	4 1.95 m.	5 2.25 m.	6 2.55 m	7 2.85 m.
2.10 m							
2.40 m							
2.70 m							
3.00 m							
3.30 m							
3.60 m							
3.90 m							
4.20 m							
4.50 m							
4.80 m							
5.10 m							
5.40 m							
5.70 m							

Şekil 2.18. Standart pano ölçüleri [6,27]

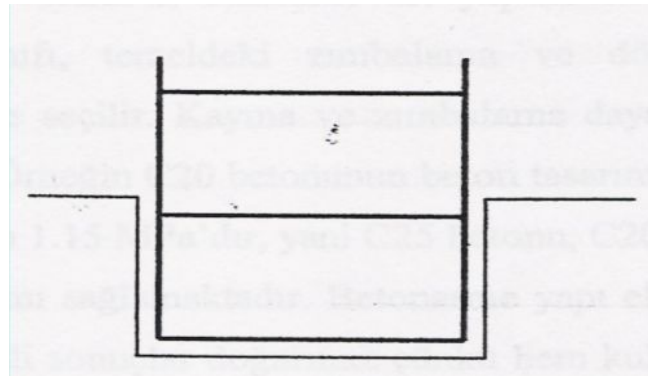
2.16. Üretim Süreci

Projeye uygun olarak hazırlanmış kalıplarla, binanın taşıyıcı sistemi (duvarlar ve döşemeler) yerinde döküm betonarme eleman olarak üretilmekte ve temel, çatı vs. diğer yapı elemanları geleneksel tekniklerle inşa edilmektedir.

Geleneksel sistem ile binanın temeli inşa edilir. İşçilerin kalıpları söküp ve yerleştirmeleri ve tünel kalıpların, vinçlerin onları alabileceği uzaklığa kadar işçiler tarafından binanın dışına doğru itilmeleri gerekmektedir. Bu zorunluluktan dolayı yapılacak bina için bodrum kat düşünülüyor ise temel kazısının en az 3 yanı kalıpların kolayca itilebilmesine olanak sağlayacak genişlikte olmalıdır (Şekil 2.19). Bu durum hafriyat miktarını ve dolayısıyla maliyeti arttırır, hatta bazı durumlarda etraftaki binalar ve arazinin durumundan dolayı mümkün olmayabilir. Arazi koşulları elveriyorsa bodrum katın inşasına tünel kalıplarla başlanabilir. Aksi durumda vincin rahat çalışabileceği zemin kotuna kadar geleneksel yöntemle inşaat sürdürülür.



Şekil 2.19. Bodrum katın tünel kalıplarla yapımı olanaklıdır



Şekil 2.20. Bodrum katın tünel kalıplarla yapımı olanaksızdır [15]

İlk olarak duvar panolarına tam yerlerini belirlemek için, perde duvarların aks düzenine uygun olarak, döşeme üst kotundan itibaren 10–12 cm yüksekliğinde ‘aks betonu’ dökülür (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. Aks betonu kalıplarının hazırlanması [12]

Perde duvarların düşey ve yatay donatıları yerleştirilir. Gereken yerlerde Deprem yönetmeliğine uygun olarak etriye ve çirozlar bağlanır (Şekil 2.21). Elektrik tesisat boru ve buatları uygun şekilde konumlandırılıp sabitlenir. Ardından temizlenip yağlanarak hazırlanan yarım tünel kalıp getirilerek aks betonuna dayandırılır. Kapı ve pencere rezervasyonları kalıba sabitlenir. Diğer yüze ait kalıp da yerine getirilir, aks üzerine işlenecek olan kot çizgisine göre kalıplar yükseltilir ve birbirine sabitlenir.

Karşılıklı tünel kalıp elemanları açıklık ortasında birleştirilerek döşeme kalıbı oluşturulur. Kalıbın şakülü ayarlanırken, açıklığa göre hesaplanan yükseklikte tünele ters sehim verilir:

Sehim Payı (c)

Tünel açıklığı: 390 cm c:2 mm

Tünel açıklığı: 570 cm c:4 mm

Tünel açıklığı: 570 cm den fazla c:8–20 mm

Dikme tekerleri artık kullanılmayacağından yukarı vidalanarak yerle irtibatı kesilir. Kalıp üzerine tesisat boşlukları için uygun rezervasyon kalıpları sabitlenir. Döşeme donatısı yerleştirilir. İç ve dış kalıplar arası bağlantılar yapılır, perde ve döşeme alın elemanları yerlerine sabitlenir.



Şekil 2.22. Döşemedeki elektrik tesisatı boşluk rezervasyonları ve aks betonu kalıbı yerleşimi

Tünel kapatılıp gerekli kontroller yapıldıktan sonra beton dökümü başlar. Kürlenmenin hızlandırılması amacıyla özellikle kış aylarında tünelin içine ısıtıcılar konur (Bazı tünel kalıp sistemlerinde panellerin üzerinde ısıtma parçaları bulunur). Böylece betonun mukavemet kazanması hızlandırılır ve bir sonraki gün kalıplar alındığında olabilecek en yüksek dayanıma ulaşılır. Yeterince dayanım kazanmamış betonun zarar görmemesi için ise, kalıplar alınırken uygun aralıklarla teleskopik dikmeler yerleştirilir(Şekil 2.23). Bu dikmeler beton 7 günlük dayanımına ulaşmadan kaldırılmaz.



Şekil 2.23. Kalıbı alınan tünelin dikmelerle desteklenmesi (Resmin solunda)

2.17. Tünel Kalıp Uygulamasında Şantiye Düzeni

Tünel kalıplarla yapılan uygulamalarda, diğer sistemlerde görülen öğelerin birçoğu görülebilir. Bu sistemin uygulanmasında bazı sistemler devreden çıkmış, bununla birlikte bazı işlemlerde devreye girmiştir. Ancak olay, temelde bir şantiye organizasyonudur [27]. Burada önemli olan, bir şantiye rasyonalizasyonuna gitmektir. Yani tünel kalıp uygulamalarının en kısa sürede tamamlanması için; araç ve gereçler, en az zaman, malzeme ve işgücü kaybına neden olmayacak şekilde planlanmalıdır [27].

Tünel Kalıplar ile uygulama yapan şantiyelerdeki temel elemanlar şunlardır;

1. Tünel kalıp elemanları
2. Diğer kalıp elemanları (temel, sahanlık ve benzeri eleman kalıpları)
3. Şantiye ofisi
4. İşçi tesisleri
5. Su depoları
6. Atölyeler (soğuk ve sıcak demir atölyeleri, prefabrike eleman üretim atölyeleri, ahşap işleri atölyesi, doğrama atölyesi)
7. Beton santrali
8. Malzeme deposu

Şantiyelerde kullanılan başlıca araçlar ise şunlardır;

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

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

Geleneksel yapım şantiyelerinde olduğu gibi tüm bu elemanların, ambarların, atölyelerin, işçi tesislerinin, şantiye ofisinin ve diğer tesislerin, şantiye düzeni içinde optimum şekilde yerlerinin belirlenmesi gerekmektedir [7,27].

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

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

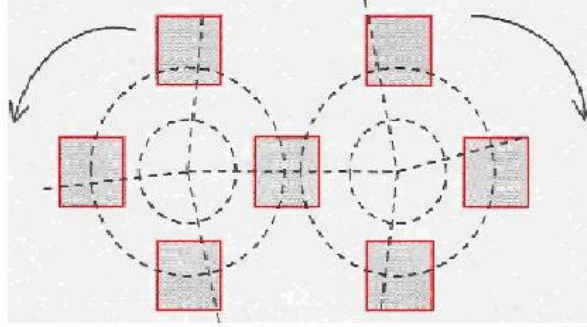
Tünel kalıp kullanımını olanaksız veya kullanılması çeşitli nedenlerle istenmemesi halinde bazı yapı bileşenlerinin gerek yerine dökümü veya şantiyede prekast eleman hazırlanması için diğer çelik kalıp takımlarına da gereksinme vardır. Bunları da önceden planlamak gerekmektedir. Örneğin; merdiven kolu,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

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

1. Gezer Vinçler
2. Kule Vinçler

Genellikle gezer vinçler uzun ve lineer bir biçimde olan yapılarda ve kat adedi en az (5 Kat) olan yapılarda kullanılırlar. Verimli çalışabilmesi için 10 veya daha fazla

katlı olan yapılarda ise kule vinçler kullanılmalıdır (Şekil 2.24). Kule vinç'in yeri değiştirilmeden en az iki yapıyı gerçekleştirebilecek şekilde bir yerleştirme planı gerektirirler. Kullanılan vinçlerin tipini planlama belirlemektedir. Aksi takdirde her üretim kademesinde vinçlerin diğer bina için yeniden sökülüp taşınması için dört gün gereklidir.



Şekil 2.24. Döner kule vinçler [27]

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

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

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

Geleneksel yapım şantiyelerinde olduğu gibi bu elemanların ambarların, atölyelerin, işçi barakalarının, şantiye ofisinin ve diğer şantiye tesislerinin, şantiye düzeni içinde verimi artırmak amacı ile yerlerini iyi belirlemeleri gerektirmektedir [27].

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

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

Tünel kalıp yöntemlerinde çelik hasırın kullanılması nedeniyle, tüm demir bükme işlemleri ortadan kalkmakta, pilye bükme, etriye hazırlama, alt donatı ve montaj demirlerinin hazırlanması da ortadan kalkmaktadır. Buna karşın daha kolay bir işlem olan çelik hasırların projesine uygun olarak kesilip yerlerine yerleştirme eylemi söz konusu olmaktadır. Bu iş ise kolay bir iş olup tasarrufa neden olmaktadır. Kalıp rotasyonu, doğru ve rasyonel bir şekilde ayarlanabildiğinde, beton dökümünden 2-3 saat sonra şaplama işlemi de yapılmaktadır.

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

Önemli bir faktörde bitmiş yapının temizliğidir. Bu işlem tünel kalıp uygulamasında devreden tam olarak çıkmakla birlikte, döşemelerin, temiz kalması ve beton bulaşıkları olmaması nedeni ile minimize edilmiş bir durum göstermektedir. Amaç, nitel özelliklerin yanı sıra nicel özelliklerinde düzelmesidir. Nicel artış ise birim zamanda üretilen konut miktarı ile paraleldir [27].

BÖLÜM 3. TÜNEL KALIP SİSTEMLERİN GELİŞTİRİLMİŞ UYGULAMA YÖNTEMLERİ VE GELENEKSEL SİSTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Türkiye'de ve dünyada gecekondü önleme ve doğal afet projelerinin süratle gerçekleşmesi ve toplu konut projelerinin uygulanması, inşaat teknolojisindeki klasik yapımdan çıkarak, ileri teknolojik sistemlerin kullanımını sağlamakla mümkündür. Bu tür toplu konut inşaatlarında seçilecek inşaat teknolojisinin özellikle aşağıdaki unsurları bünyesinde bulundurması gerekmektedir.

1. İnşaat maliyetlerinin düşürülmesi,
2. İnşaat süresinin kısaltılması,
3. İnşaatteki imalat çeşitlerinin asgariye indirilmesi,
4. İnşaat kalitesinin azami seviyeye yükseltilmesi,
5. Orman ürünlerinin (kalıp malzemesi olarak) kaybının kesin olarak önlenmesi ve böylece orman ürünlerinin inşaatla kalıp tahtası yerine diğer sanayide yurdun ekonomisine olumlu katkıda bulunacak işlerde kullanılmasının sağlanması,
6. Yeni istihdam sahaları açması,
7. Ana inşaat malzemelerinde (demir, çivi, tel, tuğla, kireç vb.) azami tasarruf sağlanması,
8. Kullanılacak yeni teknoloji ile ısı tasarrufu sağlanması (dolayısıyla ödemeler dengesini olumlu yönde etkilemesi),
9. Yurt dışında, özellikle gelişmekte olan ülkelerde (Orta Doğu - Güney Afrika Uzakdoğu ülkeleri gibi) yeni endüstriyel yapıım teknolojileri ile düşürülebilen

maliyetler sonucu artan rekabet sayesinde daha fazla iş alma imkânlarının doğması,

10. Sistemin dünyada uygulanmakta olan en gelişmiş teknolojiler arasında ülkemizin koşulları göz önünde bulundurularak seçilmesi,

11. Söz konusu teknoloji ile inşaatlardaki kullanılabilir ve faydalı alanların azamiye çıkartılması,

12. Afet bölgelerinde geçici olmayan ve depreme dayanıklı inşaatların hızla yapılabilmesine olanak veren en uygun inşaat sistemi olması,

Yukarıda belirtilen işçiliklerin birbirlerinin peşi sıra yapılması zorunluluğundan, toplu konut inşaatlarında dahi ekiplerin asıl kapasitede beklemesi inşaat maliyetinde fiyat artırıcı bir unsur olarak ortaya çıkmaktadır. Bununla beraber inşaatta ünitelerin fazlalığı maliyetin artmasında diğer önemli bir faktördür. Ünite fazlalıktan sanayide aynı zamanda fire maliyetini yüksek seviyeye getirmekte, dolayısı ile fiyat artışlarında etkili bir faktör olmaktadır [3]. Yapılan araştırma sonuçlarına göre Tünel Kalıp sistemi ile konvansiyonel sistem arasında maliyet farkı şu şekildedir: (Geleneksel sistem 100 olarak) (Tablo 3.1)

Tablo 3.1. Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin maliyet kıyaslaması

	TÜNEL KALIP UCUZLAMA ORANI	GELENEKSEL SİSTEM
KABA İNŞAAT	%45	%100

Çok katlı tradisyonel sistemlerde üst katlarda kaba inşaat maliyetleri daha da yükseldiğinden bu oran % 50'nin üzerine çıkmaktadır.

3.1.Geliştirilmiş Uygulama Yöntemleri

Tünel kalıp sistemleri ERTF ve TRTF olmak üzere iki farklı sistem olarak üretilir. ERTF tipi tünel kalıp sistemi, özellikle son altı yıldır Amerika, Hollanda, Fransa, İngiltere, Orta ve Güneydoğu Asya ülkelerine Mesa imalat tarafından üretilen farklı özelliklerdeki kalıpların klasik tünel kalıp sistemi ile harmanlanması sonucu oluşturulmuş yeni sistemidir [19].

Yapılan değişiklikleri sistemi oluşturan elemanları inceleyerek ifade edersek;

İç Dik Panolar: Tünel kalıp sistemi kullanıcılarının uyarıları dikkate alınarak en fazla değişiklik bu panolarda yapılmıştır. Alt saplama yeri yükseltilmiş ve her saplama altına sırt U' su konulmuştur. Pano alt UPS'si kaldırılmış ve 15 mm lama kullanılarak tünellerin rulmanlardan oluşan ayrı bir yürütme elemanı üzerinde yürütülmesi sağlanmıştır. Pano tekeri ve krikosu panodan ayrılarak demonte olarak gönderilmektedir. Pano yüksekliği standart 2500 ve 3000 mm sabit olmak üzere ara ölçülere adaptör ve sabitleyici elemanlarla ulaşılmaktadır.

Yatay Panolar: Panolara kaynaklı gönderilen 80*80 köşebent panodan ayrılmıştır. Dolayısı ile panolar UPF bitişli yapılmaktadır. Bu değişiklikte özellikle yedeklemelerde kullanılacak adaptör panoların yatay pano ile köşebent arasına bağlanabilmesine olanak sağlamaktadır. Bağlanan adaptörlerin düzgünlüğü ayrı bir sistemle desteklenmektedir.

Arka panolar: Yatay pano olduğu gibi 80*80 adaptör köşebent ayrı gönderilmektedir. Genişliği ilave adaptörle değiştirilmekte, ancak yüksekliği tünel ölçüsüne göre sabit kalmaktadır.

Konturfiş ve Yürütme Sistemi: Her pano için ayrı ayrı konturfiş üretiminden vazgeçilerek, konturfişlerin üç grup altında toplanması sağlanmıştır. Bu değişiklik nedeni ile de konturfişler hem teleskopik ayarlanabilir özellikte hem de sehim ayarı yapıldıktan sonra bir daha yapılmasını gerektirmeyen bir sisteme dönüştürülmüştür. Klasik dikme tekeri ve çatal sistemi iptal edilerek, tamamen iç dik panolara bağlanabilen ayrı bir sistem ile yapılmaktadır.

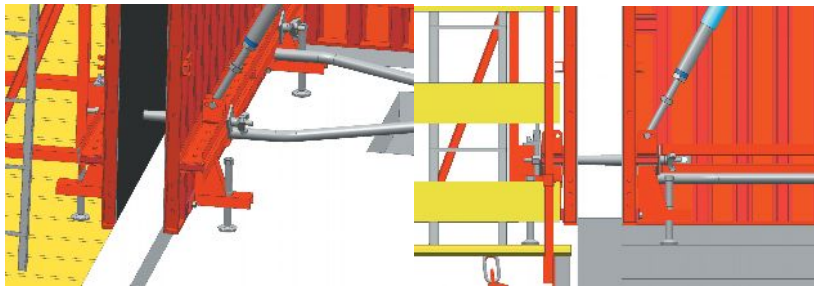
Dış Panolar: İç dik panolarla aynı özellikte üretilmektedir.

Kalıp Çıkarma İskelesi: Değişen kat yüksekliklerinde kullanılabilmek için teleskopik ayarlanabilme özelliğine sahiptir. Ayrıca iskele ahşaplarının döşeme altına kadar ve içeri sürülebilir olarak kurulması nedeni ile değişen döşeme bitimlerinde ayrı bir iskeleye ihtiyaç duyulmamaktadır. İstenirse iskeleler bilinen sistemde olduğu gibi ahşapları kat kotuna uygun hale getirilebilir.

Kaldırma ve Taşıma Elemanları: Bu sistemde de ciddi bir değişikliğe gidilmiştir. Kaldırma üçgeni yerine asimetrik kaldırma elemanı kullanılmaktadır. Bu elemanla tünel taşıma yerini yaklaşık 40 cm daha öne almak mümkün olmaktadır.

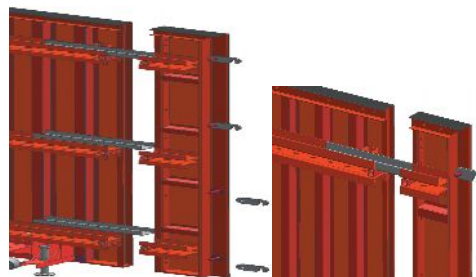
Ayrıca kaldırma üçgeni somunu terazi putrelleri üzerine sabitlenmiş olduğundan asimetrik kaldırma elemanın bağlanması ve sökülmesi tamamen tünel üzerinden yapılmakta, ikinci bir elemana ihtiyaç duyulmamaktadır [19].

Şekil 3.1’de görüldüğü gibi daha yüksek aks betonu, tünel yükseklik ayarını kolaylaştırdığı için, temel betonundaki kot hataları yok edilir. Kontrolsüz dökülmüş aks betonunun, bir üst katta kullanılacak alt saplama kotunu geçmesini önler. Uygulamayı hızlandırır. Kesiti büyütülmüş aks köşebentleri, daha uzun süreli düzgün kullanım sağlar.



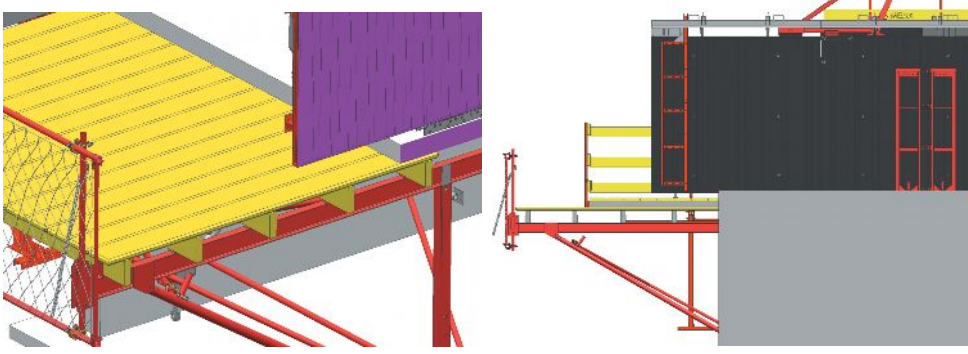
Şekil 3.1. Yükseltmiş alt saplama kotu daha yüksek aks betonu

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi standart ölçülerdeki modüler ana arka panolar, ilave adaptörler ile her açıklığa kolaylıkla adapte edilebilir. Yeni projelerde pano kullanım miktarı artar. Özel ölçüde arka pano kullanımı gerektirmez. Adaptör birleşimlerinde daha temiz beton yüzeyi elde edilir.



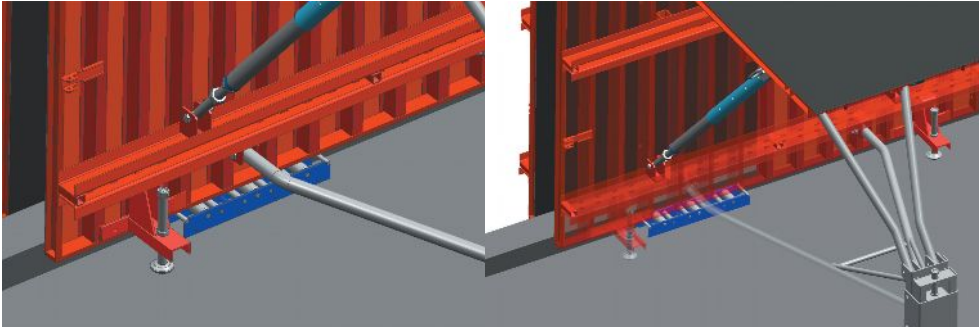
Şekil 3.2. Modüler arka pano ve ilave adaptörler

Şekil 3.3’de görüldüğü gibi ahşap kaplaması döşeme altına girdiği için düzgün olmaya döşeme bitimlerinden işçiliği azaltır, iskenin farklı döşeme bitişli yerlerde kullanımına olanak verir.



Şekil 3.3. Döşeme altı kalıp çıkartma iskelesi

Şekil 3.4’de görülen yarım tünel dik panosu ile döşeme arasına yerleştirilen roller sayesinde, sökülme esnasında tünel hareketi kolaylaşır. Dik panoda teker kullanımına gerek kalmadığı için, maliyeti düşürür, kalıp stoklama basitleşir. Tünel kalıp, döşeme üzerindeki rollere taşındığı için kalıp aralığı iskeleyi etkilemez.



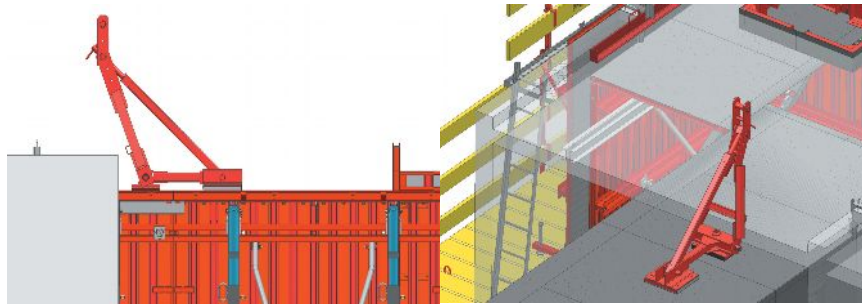
Şekil 3.4. Tünel yürütme aparatı (Roller)

Şekil 3.5’de görülen standart yükseklikte üretilen modüler dik panolar hem dış cephede hem de yarım tünelde kullanıma uygundur. Bu sayede mevcut pano çeşidi azaltılmış olur. Dik panolara ilave edilen adaptörler sayesinde her kat yüksekliğine kolaylıkla adapte edilebilir. Dik panolar, perde kalıbı olarak kullanıma da uygundur.



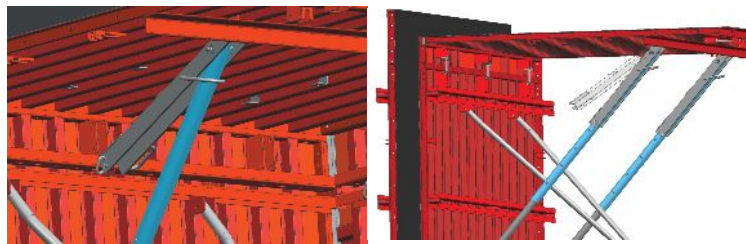
Şekil 3.5. Modüler dik pano ve ilave üst adaptör

Şekil 3.6’da görülen tünel çıkış yönüne, ağırlık merkezinden daha yakın bir noktadan bağlanarak, asimetrikliği sayesinde ağırlığı dengeler; roller üzerinde hareket eden yarım tünel, kalıp çıkartma iskelesine yük iletmeden taşınır. Kullanımı ve taşınması kolaydır.



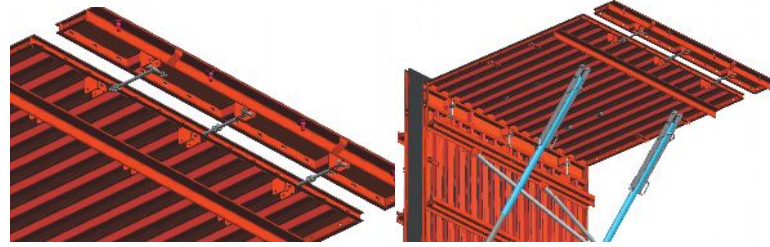
Şekil 3.6. Asimetrik kaldırma üçgeni

Şekil 3.7’de görülen teleskopik yapısı sayesinde, standart kontrfiş her tünel açıklığında kullanılabilir. Böylece stok çeşidi, tek tip ile sınırlı kalır. Yatay pano sehimi bir kez ayarlanarak, üst kısımdaki kolun yukarı hareketinden panoyu aşağı çeker. Kol kapatıldığında, istenen sehim yeniden ayarlanmıştır.



Şekil 3.7. Standart teleskopik kontrfiş

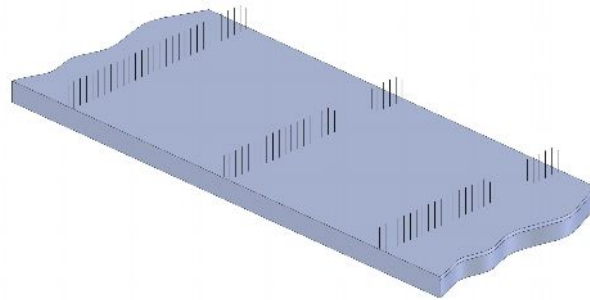
Şekil 3.8’ de görülen standart genişlikte üretilen modüler yatay panolar ilave adaptörler ile her açıklığa kalaylıkla adapte edilebilir. Yeni projelerde pano kullanım miktarı artar. Özel ölçüde yatay pano kullanımı gerektirmez. Adaptör birleşimlerinde daha temiz beton yüzeyi elde edilir [19].



Şekil 3.8. Modüler yatay pano ve ilave adaptörler

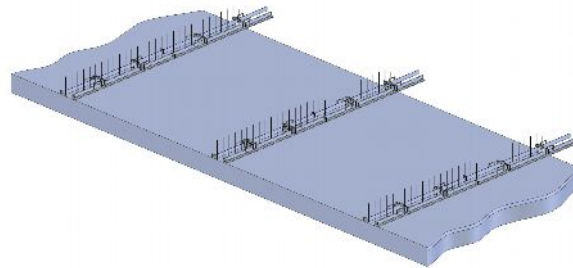
3.2. Günlük Döküm İşlemi

Günlük döküm işleminin gerçekleştirilme aşamaları aşağıda görülmektedir.

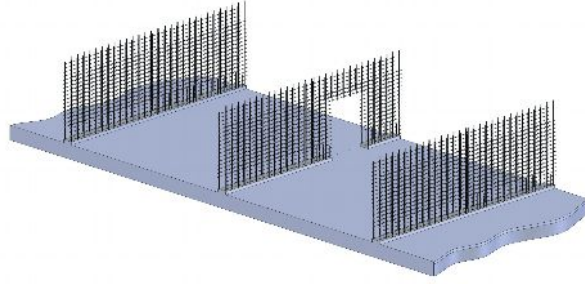


Şekil 3.9. Projeye göre hazırlanmış temel.

Şekil 3.10’da görülen tünel kalıp uygulamasının yapılacağı ilk katta perde pozisyonlarını tespit etmek için ‘aks betonu’ dökülmelidir. Bu amaçla topograf yardımı ile aks köşebentleri ve beton kesici elemanlar kurulur.

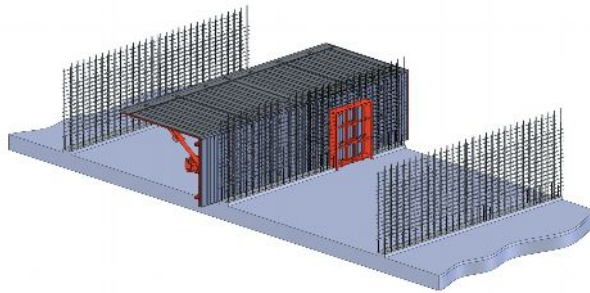


Şekil 3.10. Köşebent ve beton kesici elemanlar.



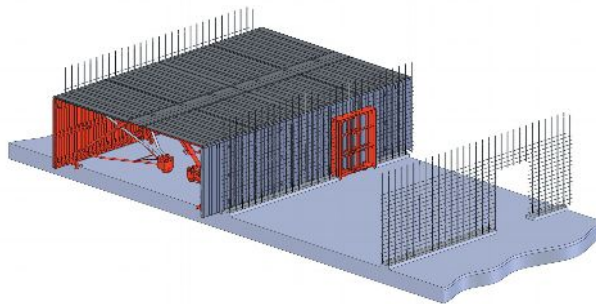
Şekil 3.11. Betonarme perdelerine hasır çelik ve demir donatıları bağlanır.

Şekil 3.12’de görülen kalıp planına göre ilk yarım tünel uygun bir vinç ile yerine alınır. Kalıp alt kotu, tünel kalıp üzerinde bulunan krikolar yardımı ile aks üzerinde belirlenmiş olan yüksekliğe ayarlanır. Projeye göre varsa perde üzerinde bulunan kapı ve pencereler için boşluk rezervasyonları tünel kalıp üzerine monte edilir. Perde kalınlığını ayarlayan konikler ve bağlantı için saplamalar takılır. Perde üzerinde bulunan elektrik tesisatı işlenir.



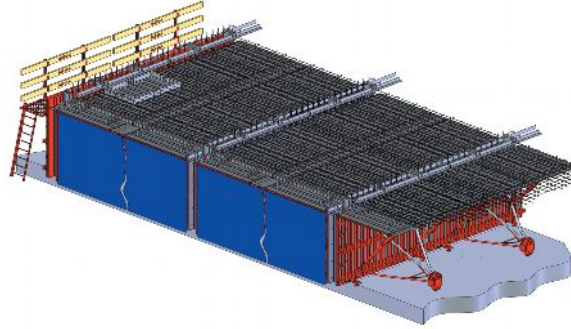
Şekil 3.12. Yarım tünelin yerleşimi.

Şekil 3.13’de Görülen ikinci yarım tünel yerine getirilir. Aynı işlemler tekrarlandıktan sonra iki yarım tünel, birleştirme elemanları ile bağlanarak ünite tamamlanır. Yarı üniteye bağlantı için konik ve saplamalar yerlerine takılır. Tünel yürütme tekeri üzerinde bulunan kriko yardımı ile dikey şakül ayarlanır.



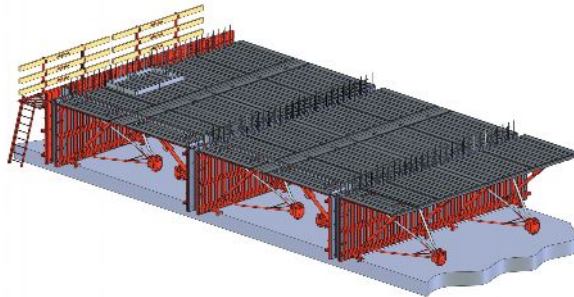
Şekil 3.13. İkinci yarım tünelin yerleştirilmesi.

Tüm diğer üniteler benzer işlemler sonrası yerleştirilir. Dikey şakuller ayarlandıktan sonra bağlantı saplamaları sıkılır. Döşeme üzerinde bulunan elektrik sıhhi tesisat işlenir. Boşluk rezervasyonları monte edilir.



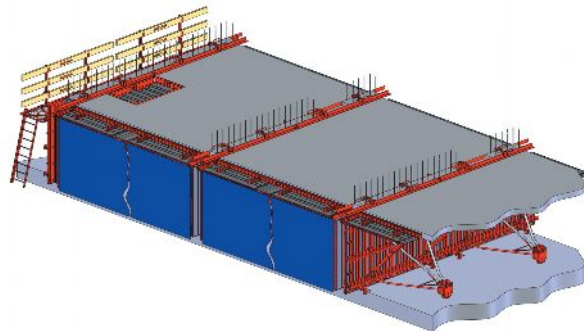
Şekil 3.14. Diğer işlemlerin bitirilmiş hali.

Döşeme demiri donatısı işlenir. Bir sonraki kat için gerekli aks kalıbı tünel üzerine bağlanır ve kalıp beton dökümüne hazır hale getirilir. Soğuk havalarda gerek duyulduğunda yapılacak olan ısıtma için gerekli izolasyon brandaları takılır.



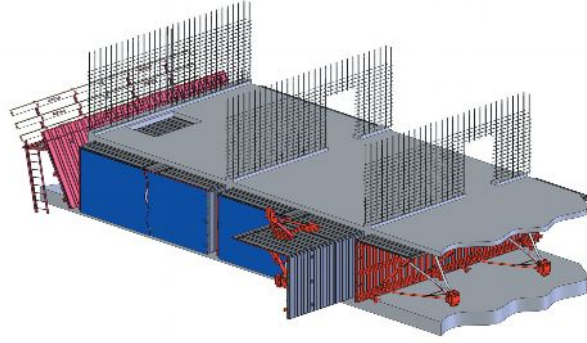
Şekil 3.15. Kalıp beton dökümüne hazır hale gelir.

Şekil 3.16'da görüldüğü gibi beton dökümü yapılır. Soğuk havalarda kürtleme amacı (basit ısıtıcılar yardımıyla) gece boyunca ısıtılır.



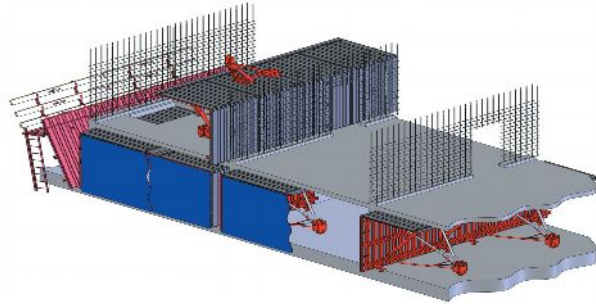
Şekil 3.16. Beton dökümü yapılmış hali.

Şekil 3.17’de görüldüğü gibi sabah tünel kalıbın söküm işlemine başlanır. Ayrıca bir sonraki etap için perde çelik hasır ve donatı işlenir. Yarım tünellerin birleştirme elemanları ve rezervasyon çivataları sökülür. Bir sonraki etaba alınmak üzere roller ve teker yardımı ile çıkartılan yarım tüneller bu arada temizlenir ve yağlanır



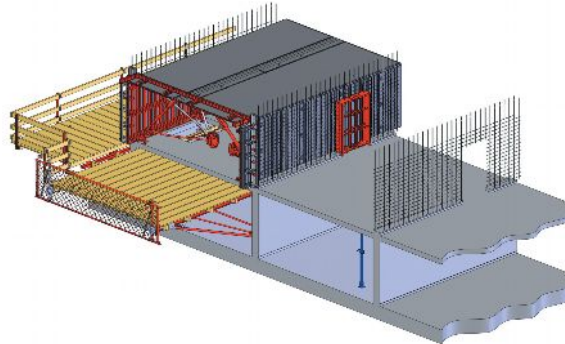
Şekil 3.17. Bir sonraki kat için perde çelik hasır ve donatı işlenir.

Şekil 3.18’de görüldüğü gibi ilk yarım tünel dışarı alındıktan sonra döşeme betonu dikmeler ile desteklenir.



Şekil 3.18. Birinci yarım tünelin üst kata alınması.

Şekil 3.19’da görüldüğü gibi daha sonra ünite oluşturan diğer yarım tünel sökülür ve ikinci etaba taşınır.



Şekil 3.19. İkinci yarım tünelim üst kata alınması.

3.3. Maliyet Karşılaştırması

Farklı iki mimari plana ait, yaklaşık alanlara sahip biri tünel kalıp, diğeri geleneksel sistemle yapılmış iki binanın maliyet hesabı yapılarak iki yapım sistemi arasında mukayese yapılmıştır.

Kaba inşaatı yapılan binalar, Bodrum + Zemin kat + 9 katlıdır. Bodrum katta bir, zemin ve normal katlarda da 4 adet daire vardır. Temelde Radye-Jeneral sistem kullanılmıştır. Yapılan binalardan tünel kalıp sistemin temel alanı 554.50 m² geleneksel sistemin ise 544.5 m² dir. Geleneksel yöntemle yapılan binanın zemin kattan sonraki katlarının alanı 562.15 m² dir.

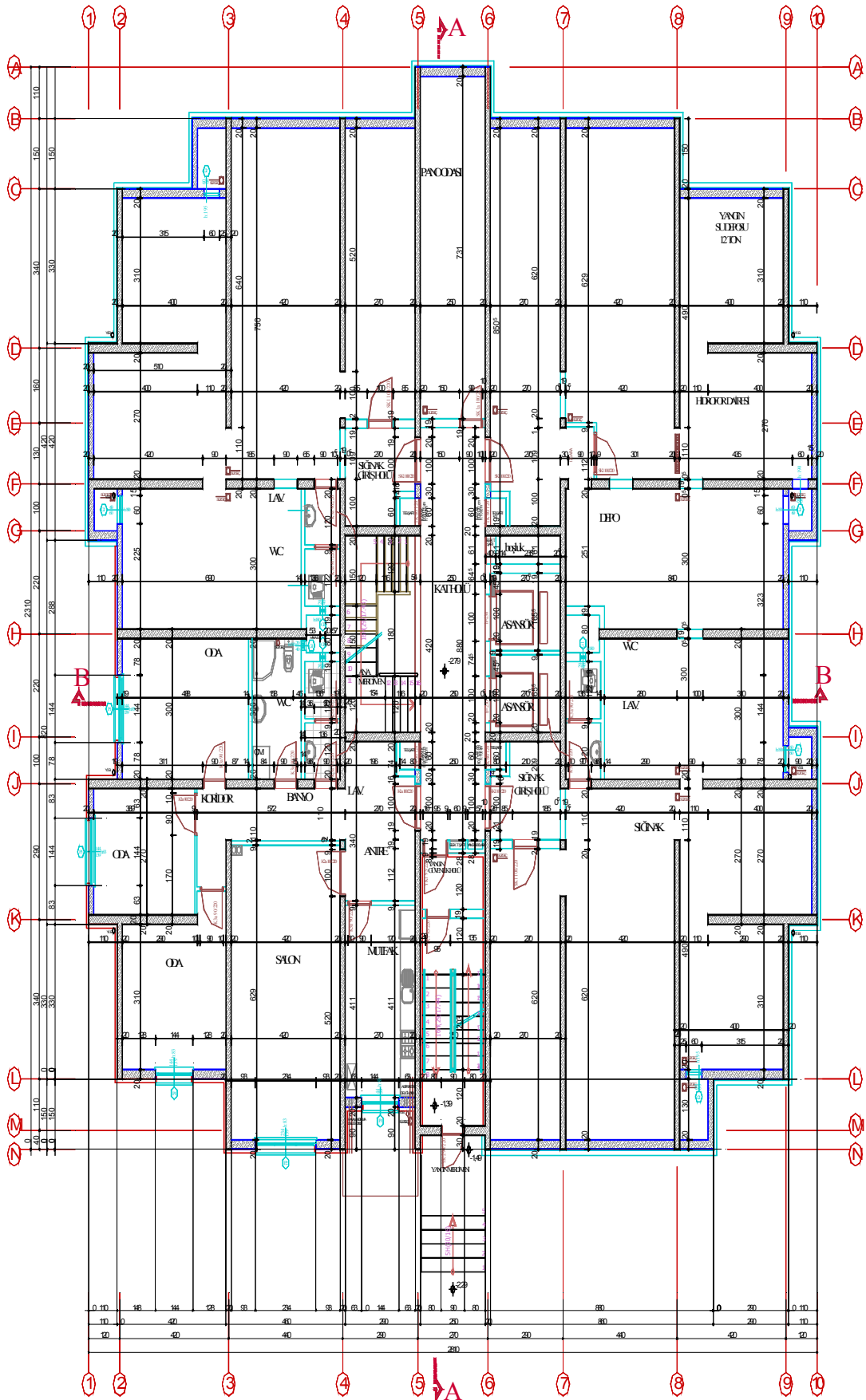
Yapımı düşünülen inşaatla ait keşif bedeli, genel projeyi oluşturan her alt projede yer alan işlerin birim fiyat listesine göre bulunan fiyatlarla çarpılması sonucu belirlenir [26,27]. Ülkemizde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından her yıl birim fiyat listesi yayınlanmaktadır ve fiyatlar her yıl belirli bir katsayı da değişmektedir.

Binaların maliyetini, üretim ölçeği, yapım teknolojisi, yapım yöntemleri, bina standartları, malzeme türleri ve kaliteleri, iklimsel koşullar, bölgesel koşullar, arsa özellikleri, arsanın konut içinde bulunduğu bölge, imar koşulları, yönetmelikler, çeşitli yasalar, binanın kendisine özgü özellikleri, binanın biçimi, yüksekliği, fonksiyonel alanlarının türü, büyüklüğü, bunların birbirine oranı, ihale biçimi gibi pek çok özellik etkileyebilmektedir [27].

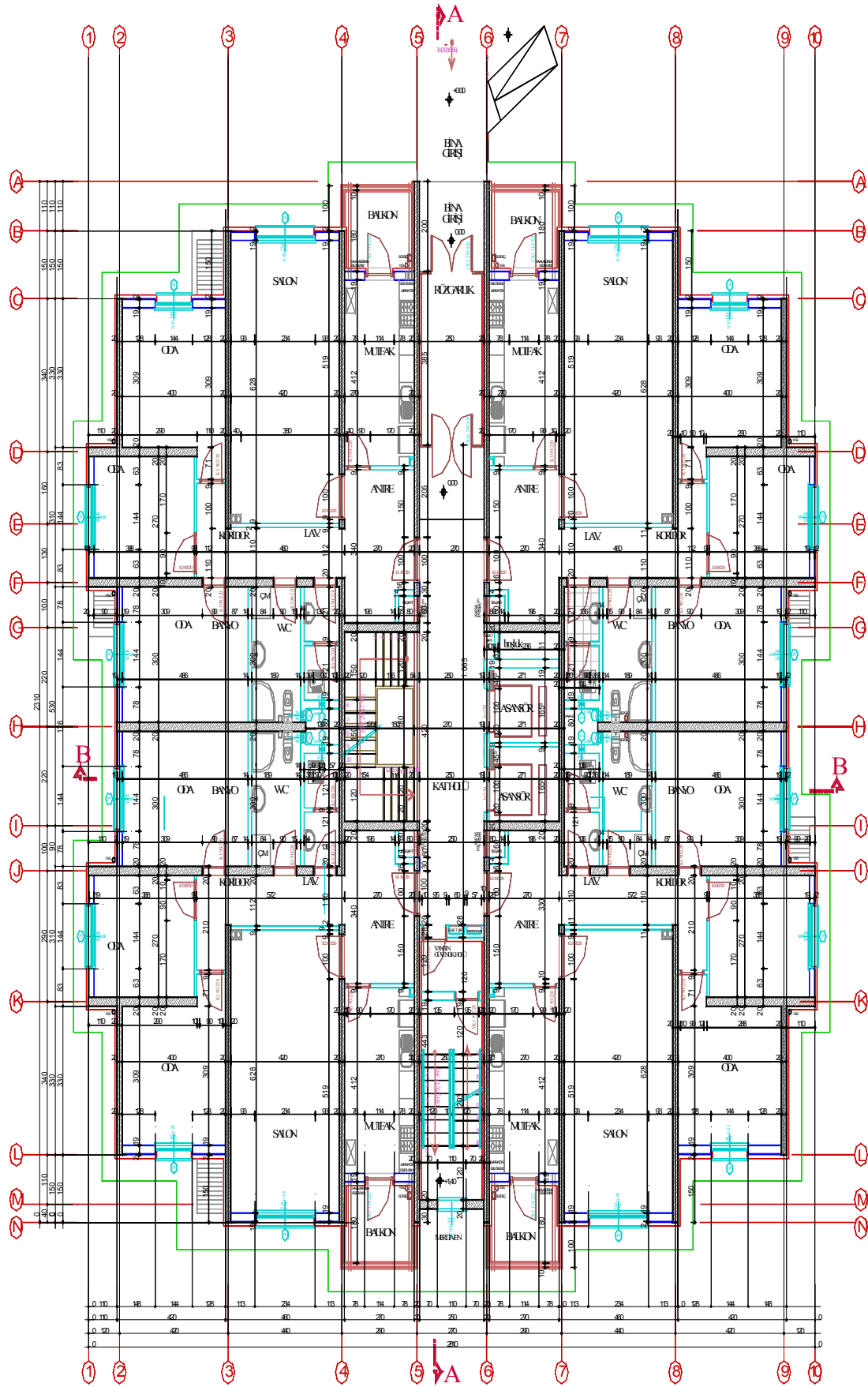
Binanın projeleri; Şekil 3.4.'de tünel kalıp sistemin bodrum kat planı, Şekil 3.5.'de tünel kalıp sistemin zemin kat planı, Şekil 3.6.'da tünel kalıp sistemin normal kat planı Şekil 3.7.'de geleneksel kalıp sistemin bodrum kat planı, Şekil 3.8.'de geleneksel kalıp sistemin zemin kat planı, Şekil 3.9.'da geleneksel kalıp sistemin normal kat planı olarak verilmiştir.

Tablo 3.2. Poz numaraları

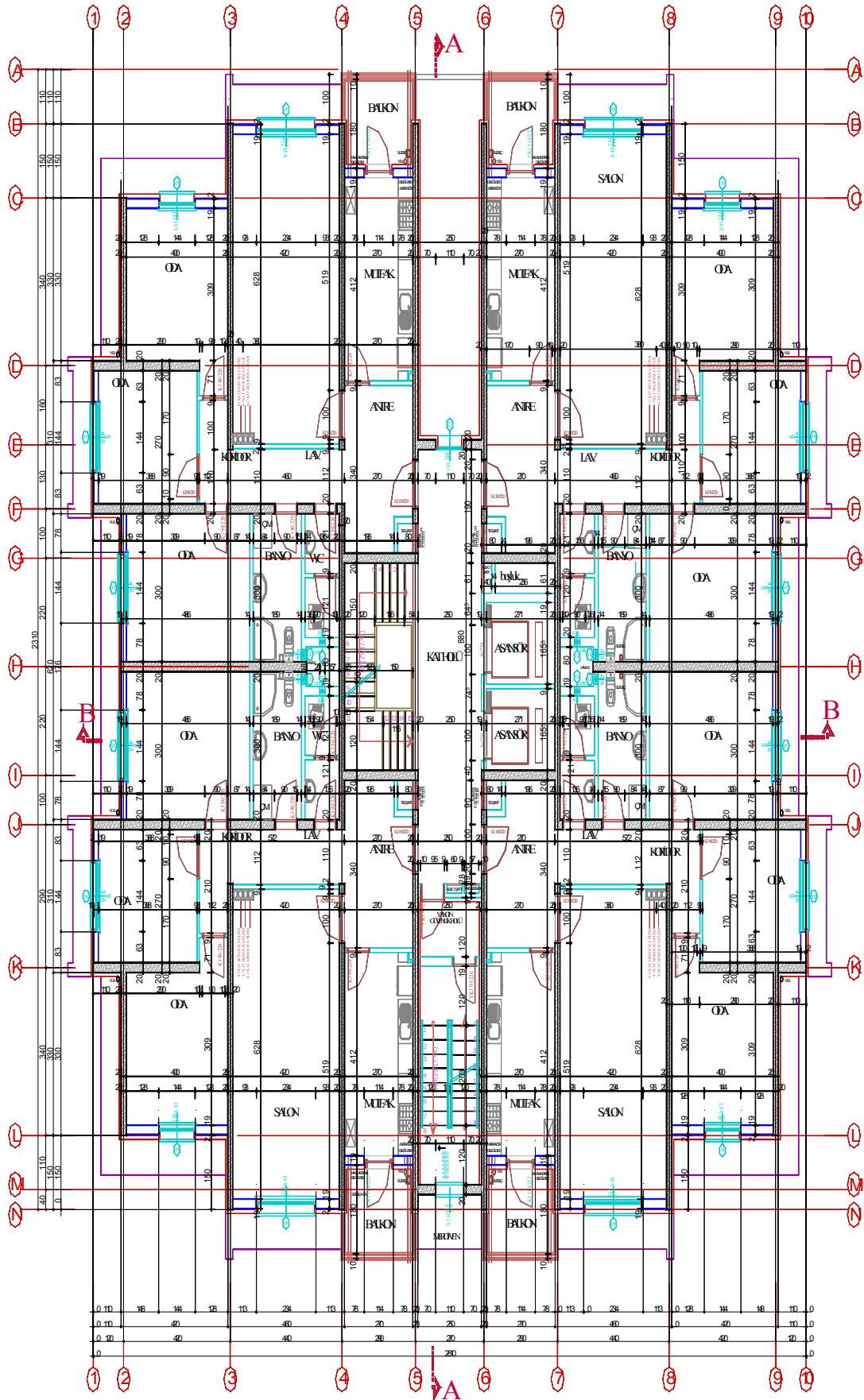
Poz No	Tanımı	Birimi	2009 Yılı Fiyatı (TL)
15.001/1	A-Mak. ile yumuşak ve sert toprak kazılması (serbest kazı)	m ³	2,35
15.140/3	Hafif agrega ile (elenmiş kömür curufu) dolgu yapılması	m ³	3,37
04.003/A	Çakıl (Elenmesi gerekmeyen iri agrega)	m ³	9,85
16.002	200 dozlu demirsiz beton	m ³	103,36
16.059/A	Satın alınan ve beton pompasıyla basılan, basınç dayanım sınıfı C 25/30 (BS 25 B 300) olan hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m ³	113,57
19.101	Harç içine karışan maddelerle yalıtım şapı yapılması	m ²	15,86
23.001/1	8-12 mm beton çelik çubukların bükülmesi ve yerine takılması	Ton	1743,88
21.011	Düz yüzeyli beton ve betonarme kalıbı	m ²	15,87
01.501	Düz işçi	Saat	3,28
01.015	Betoncu ustası	Saat	4,82
04.254	Beton çelik çub. ner.(3a) 14-28 mm	kg	0,78
04.305/2	Nervürlü hasır çelik (m2 ağırlığı 1.50-3.00 kg)	kg	1,07
01.019	Soğuk demirci ustası	Saat	4,82
27.532	İç düz sıva yapılması (kabası 200, incesi 250 doz) Kireç, çimento	m ²	9,74
27.560/3	İç ve dış yüzey. (tuğla, biriket, beton v.b.) üz. Çimento kireç hazır bey sıva malz. Sıva yapılması	m ²	6,49
27.525	Alçı sıva yapılması	m ²	11,33
18.071/3	(19x19x13.5)Tuğla ile yarım tuğla duvar yapılması (yatay delikli)	m ²	14,69
18.081/2	(19x19x8.5)Tuğla ile yarım tuğla duvar yapılması (10.004 harçlı) (düşey delikli)	m ²	13,76
04.734/B16A	Dış duvarlarda içten ve dıştan mantolama (sıvalı uygulamalar için) 3 cm kalınlıkta yüzeylere dik çekme dayanımı \geq 7.5kPA uzun süreli kısmi daldırmada su emmesi $<$ 3 kg/m ² 150 kg/m ³ yoğunluğunda (EN 13500) (A sınıfı yanmaz)	m ²	11,22



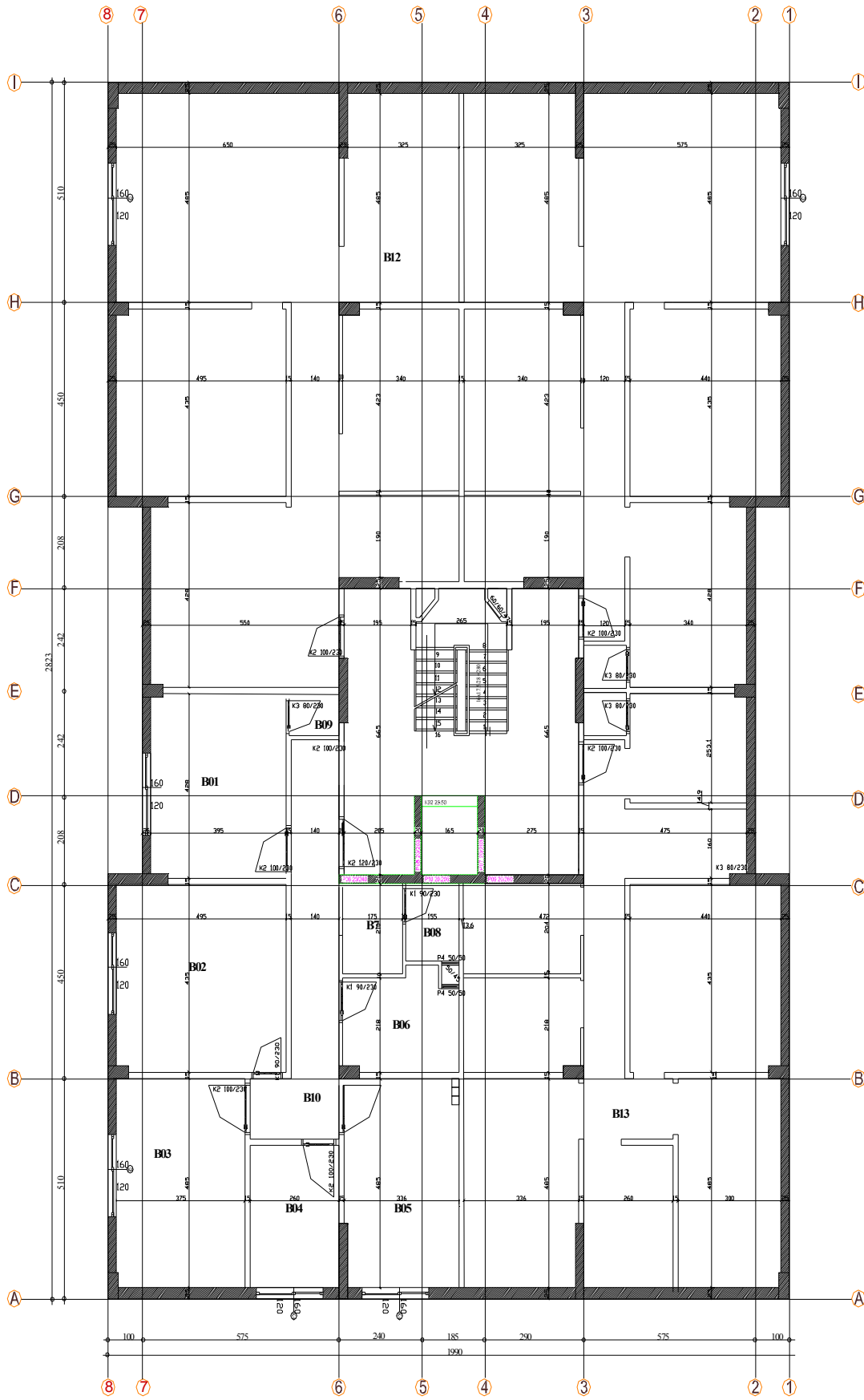
Şekil 3.20. Tünel kalıp sistem bodrum kat planı



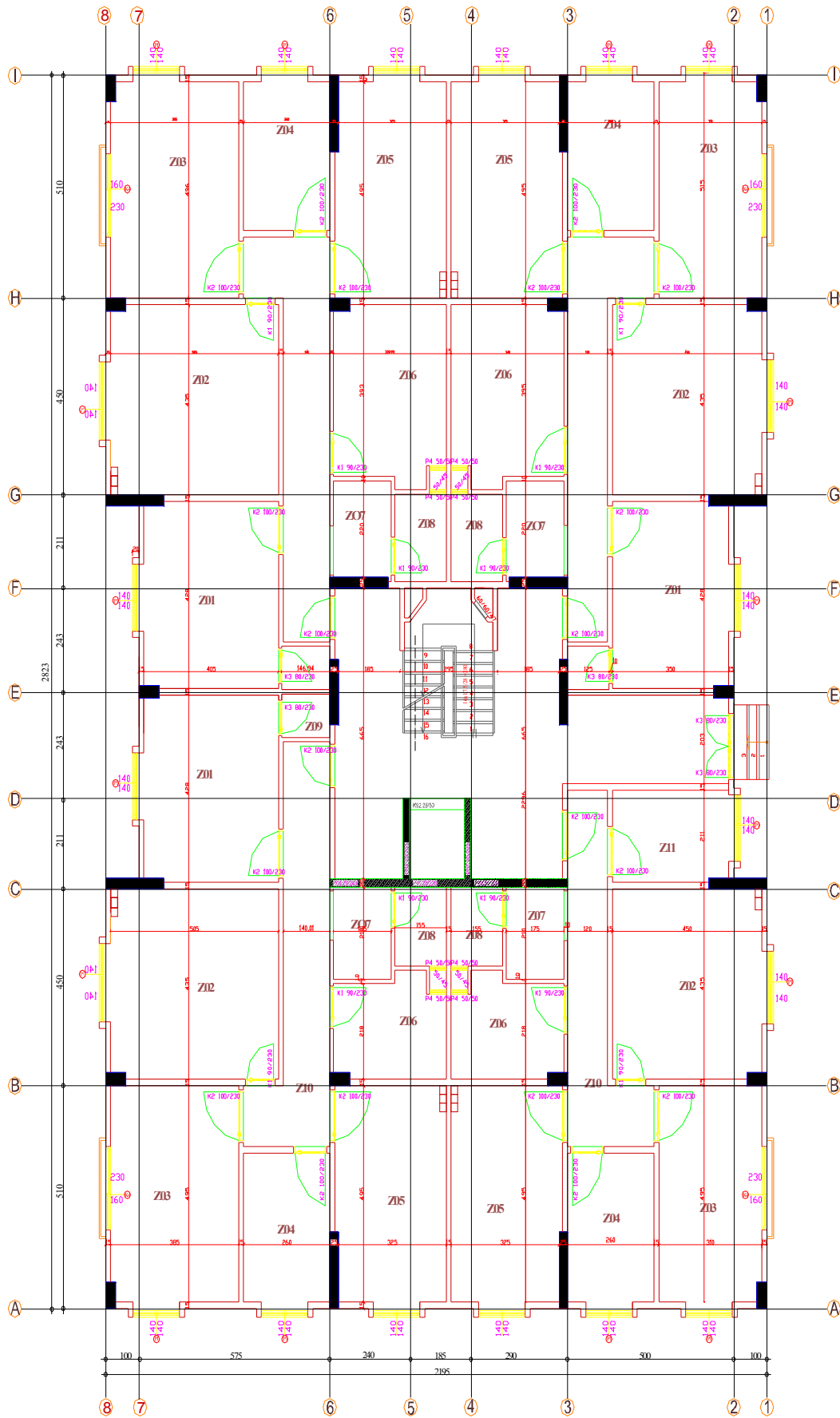
Şekil 3.21. Tünel kalıp sistem zemin kat planı



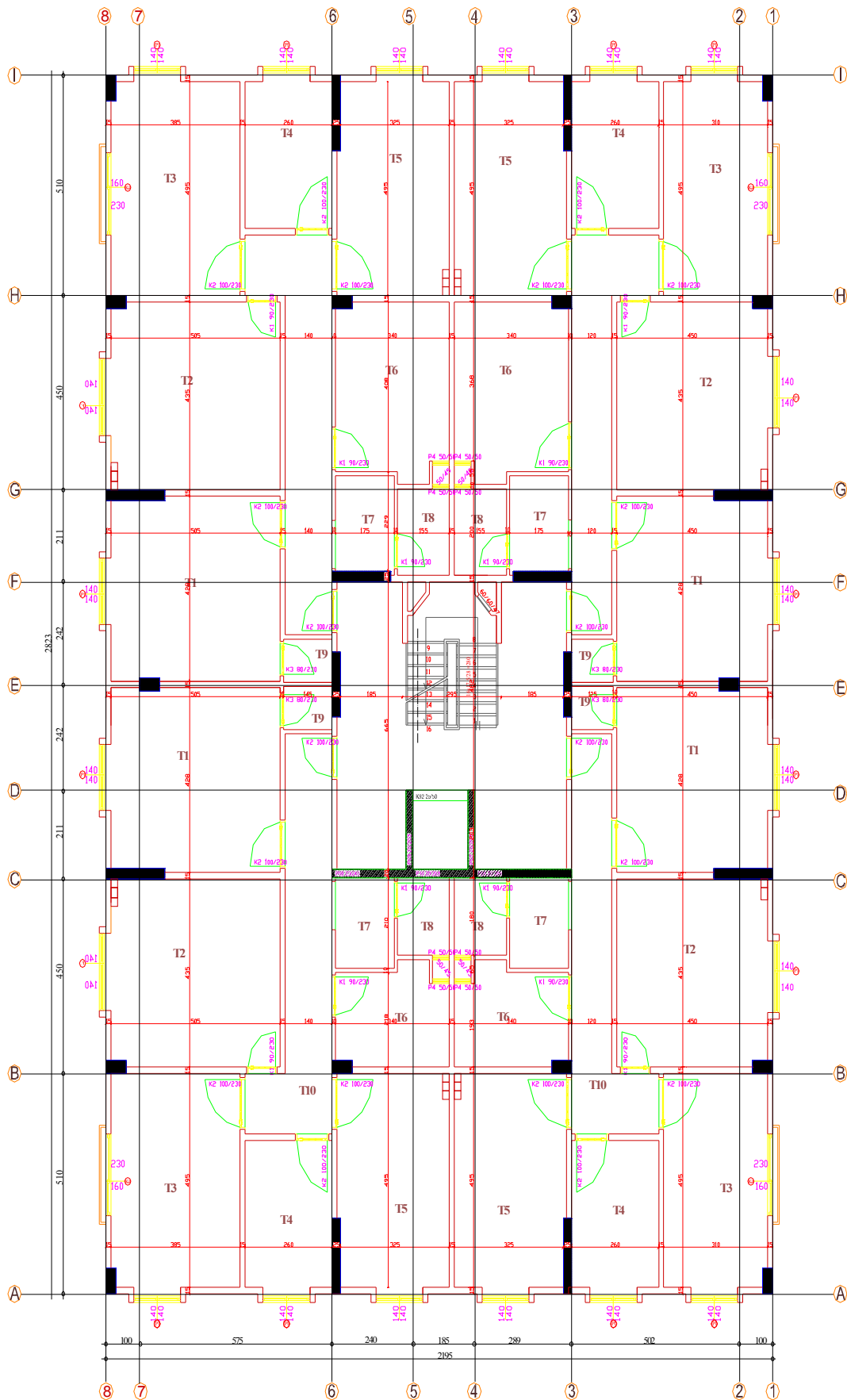
Şekil 3.32. Tünel kalıp sistem normal kat planı



Şekil 3.23. Geleneksel sistem bodrum kat planı



Şekil 3.24. Geleneksel sistem zemin kat planı



Şekil 3.25. Geleneksel sistem normal kat planı

3.4. Kazı ve Dolgu Maliyeti

Aşağıdaki tablolarda (tablo 3.3 ve 3.4) binaların kazı maliyetleri gösterilmiştir. Kazı maliyeti her iki yapım sistemi içinde ayrı, ayrı hesaplanmıştır.

Tablo 3.3. Tünel kalıp sistem kazı maliyeti

Poz no	İmalatın Cinsi	Alan (m ²)	Kalınlık (m)	m ³	Birim Fiyat (TL)	Toplam Birim Fiyat (TL)
15.001/1	Kazı	898.00	2.42	2173.16	2,35	5106.93
SPF	Kazı Nakliyesi	898.00	2.42	2173.16	8,50	18471.86
15.140/3	Dolgu	343.50	2.42	831.27	3,37	2801.38
TOPLAM						26380.17

Tablo 3.4. Geleneksel kalıp sistem kazı maliyeti

Poz no	İmalatın Cinsi	Alan (m ²)	Kalınlık (m)	m ³	Birim Fiyat (TL)	Toplam Birim Fiyat (TL)
15.001/1	Kazı	650.75	2.42	1574.81	2,35	3700.80
SPF	Kazı Nakliyesi	650.75	2.42	1574.81	8,50	13385.89
15.140/3	Dolgu	106.25	2.42	257.13	3,37	866.53
TOPLAM						17953.22

3.5. Temel Maliyeti

Her iki sistemde de temel geleneksel yöntemle inşa edilmiş ve maliyetleri ayrı, ayrı hesaplanmıştır. Tablo 3.5. ve 3.6'da temel maliyet hesabı gösterilmiştir.

Tablo 3.5. Tünel kalıp sistem temel maliyeti

Poz no	İmalatın Cinsi	m ²	Kalınlık (m)	Birim	Birim Fiyat (TL)	Toplam Birim Fiyat (TL)
04.003/A	Stabilize Dolgu	898.00	0,15	134.70 m ³	9,85	1326,79
16.002	Grobeton	898.00	0,10	89.80 m ³	103,36	9281,73
SPF	Koruma Betonu	554,50	0,05	27.73 m ³	73,00	2024,29
SPF	Yalıtım	554.50	0,003	---	11,00	6099,50
16.058/1B	Temel Betonu	554.50	0,9	499.05 m ³	113,57	56677,11
19.101	Tesviye Betonu	554.50	----	m ²	15,86	8794,37
23.001/1	Temel Demiri	----	----	47.727 ton	1743,88	83230,16
21.011	Temel Kalıbı	103.96			15,87	1649,85
01.501-01.015	İşçilik (Beton) 8 kişilik ekip	554.50			3,28 4,82	234,56
TOPLAM						169318,40

Tablo 3.6. Geleneksel kalıp sistem temel maliyeti

Poz no	İmalatın Cinsi	m ²	Kalınlık (m)	Birim (m ³)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Birim Fiyat (TL)
04.003/A	Stabilize Dolgu	650.75	0,15	97.5 m ³	9,85	960,38
16.002	Grobeton	650.75	0,10	65.08 m ³	103,36	6726,15
SPF	Koruma Betonu	544.50	0,05	27.23 m ³	73,00	1987,43
SPF	Yalıtım	544.50	0,003	---	11,00	5989,50
16.058/1-B	Temel Betonu	544.50	0,9	490.05 m ³	113,57	55654,98
19.101	Tesviye Betonu	544.50	----	m ²	15,86	8635,77
23.001/1	Temel Demiri	----	----	46.31 ton	1743,88	80759,08
21.011	Temel Kalıbı	101.198			15,87	1606,01
01.501-01.015	İşçilik (Beton) 8 kişilik ekip	544.50			3,28 4,82	234,56
TOPLAM						162553,90

3.6. Kalıp Maliyeti

3.6.1. Tünel kalıp sistem kalıp hesabı

Hesapları yapılan projede 115.7 m² daire için kullanılan bir takım tünel kalıp, yaklaşık 410 m²' dir. Tünel kalıbın m² fiyatı ise 350 TL' dir. Binanın bir katı için gerekli tünel kalıp miktarı yaklaşık 1640 m²'dir. Bu durumda bir katın yapımı için gerekli dört takım kalıbın maliyeti satın alırsak 574000 TL olacaktır. Eğer kalıbı satın almadan başka firmalara yaptırırsak kalıp ücreti, kalıp işçiliği, vinç kurulum, vinç kirası dahil toplam 202339,70 TL dir.

3.6.2. Geleneksel sistem kalıp hesabı

Tablo 3.7. Geleneksel sistem kalıp hesabı

Kullanılan Yer	Alan (m ²)
Bodrum Kat Döşeme Kalıp	478.16
Bodrum Kat Kolon Kalıp	221.47
Bodrum Kat Kiriş Kalıp	126.15
Bodrum Kat Perde Kalıp	553.21
Bodrum Kat Nervür Kalıp	21.43
Zemin Kat Döşeme Kalıp	511.90
Zemin Kat Kolon Kalıp	216.57
Zemin Kat Kiriş Kalıp	218.39
Zemin Kat Perde Kalıp	60.11
Zemin Kat Nervür Kalıp	21.43
1.Kat Döşeme kalıp	474.18
1.Kat Kolon Kalıp	216.57
1.Kat Kiriş Kalıp	221.01
1.Kat Perde Kalıp	60.11
1.Kat Nervür Kalıp	21.43
2.Kat Döşeme kalıp	474.18
2.Kat Kolon Kalıp	216.57
2.Kat Kiriş Kalıp	221.01
2.Kat Perde Kalıp	60.11
2.Kat Nervür Kalıp	21.43
3.Kat Döşeme kalıp	474.18
3.Kat Kolon Kalıp	216.57
3.Kat Kiriş Kalıp	221.01
3.Kat Perde Kalıp	60.11
3.Kat Nervür Kalıp	21.43

Tablo 3.7' nin devamı

4.Kat Döşeme kalıp	474.18
4.Kat Kolon Kalıp	216.57
4.Kat Kiriş Kalıp	221.01
4.Kat Perde Kalıp	60.11
4.Kat Nervür Kalıp	21.43
5.Kat Döşeme kalıp	474.18
5.Kat Kolon Kalıp	216.57
5.Kat Kiriş Kalıp	221.01
5.Kat Perde Kalıp	60.11
5.Kat Nervür Kalıp	21.43
6.Kat Döşeme kalıp	474.18
6.Kat Kolon Kalıp	216.57
6.Kat Kiriş Kalıp	221.01
6.Kat Perde Kalıp	60.11
6.Kat Nervür Kalıp	21.43
7.Kat Döşeme kalıp	474.18
7.Kat Kolon Kalıp	216.57
7.Kat Kiriş Kalıp	221.01
7.Kat Perde Kalıp	60.11
7.Kat Nervür Kalıp	21.43
8.Kat Döşeme kalıp	474.18
8.Kat Kolon Kalıp	216.57
8.Kat Kiriş Kalıp	221.01
8.Kat Perde Kalıp	60.11
8.Kat Nervür Kalıp	21.43
9.Kat Döşeme kalıp	474.18
9.Kat Kolon Kalıp	216.57
9.Kat Kiriş Kalıp	221.01
9.Kat Perde Kalıp	60.11
9.Kat Nervür Kalıp	21.43
Toplam	11363.51

Geleneksel kalıp sistemde ahşap kalıplar kullanılmaktadır. Yapılan Binanın tamamı için bodrum kat ve zemin kat kalıp miktarı olan 2428,82 m² kalıp yeterli görülmektedir.

Tablo 3.8.' de iki yapım sisteminin kalıp maliyeti gösterilmiştir.

Tablo 3.8. Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin kalıp maliyeti açısından karşılaştırılması

Poz No	Yapım Sistemi	Alan (m ²)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Fiyat (TL)
SPF	Tünel Kalıp	Kalıp bedeli		574000,00
01.015 (İşçilik)	Tünel Kalıp		4,82	9254,40
SPF (Vinç)	Tünel Kalıp	Kira bedeli	-	10000,00
Vinç	Tünel Kalıp	Nakliye bedeli+kurulum bedeli		7500,00
Tünel Kalıp sistem toplam kalıp bedeli				600754,40
Tünel kalıp bedeli		6131.506	33	202339,70
21.011	Geleneksel Sistem	2428.82 m ²	15,87	38545,37
Geleneksel kalıp sistem toplam kalıp bedeli				38545,37

3.7. Demir Maliyeti

3.7.1. Tünel kalıp sistem demir hesabı

Tünel kalıp sistemlerde ağırlıklı olarak hasır çelikler kullanılır. Çelik hasırların şantiyede kolay taşınabilecek ağırlıklarda olması nedeniyle montajı kolay ve çabuk olmaktadır. Normal inşaat demirine oranla çubukların düzeltilip kesilerek hazırlanması ve bağlanması yerine, düzgün aralıklarla teşkil edilmiş çelik hasırların montajı kısa zamanda olmakta ve dolayısıyla işçilikten tasarruf sağlamaktadır. Örnek olarak alınan projedeki betonarme demirinin akma sınırı 4200 kg/cm² iken, hasır çeliğin 5000 kg/cm²' dir. Bu durumda hasır çelik kullanımı hem sağlamlık hemde zaman bakımından avantaj sağlar.

Tablo 3.15.' de her iki yapım sistemi için demir maliyeti gösterilmiştir.

Tablo 3.9. Tünel kalıp sistemde perde hasır çelik hesabı

Perde Hasırları	Tip	Adet	Hasırın Boyutları	m/Kg	Toplam Kg
P1 PERDESİ	Q 257/257	32	330/215	3,96	899,08
P1 PERDESİ	Q 257/257	16	330/77,5	3,96	162,04
P1 PERDESİ	Q 222/221	48	330/215	3,40	1157,04
P1 PERDESİ	Q 222/221	24	330/77,5	3,40	208,69
P1 PERDESİ	Q 222/221	4	265/215	3,40	77,49
P1 PERDESİ	Q 222/221	4	330/77,5	3,40	34,78
P1 PERDESİ	Q 222/221	4	330/215	3,40	96,49
P2 PERDESİ	Q257/257	16	330/180	3,96	376,36
P2 PERDESİ	Q257/257	32	330/215	3,96	899,08
P2 PERDESİ	Q257/257	16	330/107,5	3,96	224,77
P2 PERDESİ	Q221/221	24	330/180	3,40	484,70
P2 PERDESİ	Q221/221	48	330/215	3,40	1157,90
P2 PERDESİ	Q221/221	24	330/107,5	3,40	289,48
P2 PERDESİ	Q221/221	4	265/215	3,40	64,87
P2 PERDESİ	Q221/221	8	265/215	3,40	154,97
P2 PERDESİ	Q221/221	4	330/107,5	3,40	48,25
P3 PERDESİ	Q257/257	16	330/215	3,96	449,54
P3 PERDESİ	Q257/257	16	330/155	3,96	324,09
P3 PERDESİ	Q221/221	24	330/215	3,40	578,95
P3 PERDESİ	Q221/221	24	330/155	3,40	417,38
P3 PERDESİ	Q221/221	4	330/215	3,40	96,49
P3 PERDESİ	Q221/221	4	330/215	3,40	96,49
P4 PERDESİ	Q257/257	4	330/215	3,96	112,38
P4 PERDESİ	Q257/257	4	330/155	3,96	80,61
P4 PERDESİ	Q257/257	18	330/215	3,96	505,73
P4 PERDESİ	Q257/257	6	330/215	3,96	121,53
P4 PERDESİ	Q221/221	36	330/215	3,40	868,43
P4 PERDESİ	Q221/221	12	330/215	3,40	289,43
P4 PERDESİ	Q221/221	6	265/215	3,40	116,23
P4 PERDESİ	Q221/221	2	265/215	3,40	38,74
P5 PERDESİ	Q257/257	16	330/215	3,96	449,54
P5 PERDESİ	Q257/257	16	330/155	3,96	324,09
P5 PERDESİ	Q221/221	24	330/215	3,40	578,95
P5 PERDESİ	Q221/221	24	330/155	3,40	417,30
P5 PERDESİ	Q221/221	4	265/215	3,40	77,49
P5 PERDESİ	Q221/221	4	330/155	3,40	69,56
P6 PERDESİ	Q257/257	48	330/215	3,96	1348,62
P6 PERDESİ	Q257/257	16	330/155	3,96	324,09
P6 PERDESİ	Q221/221	72	330/215	3,40	1736,86
P6 PERDESİ	Q221/221	24	330/155	3,40	417,39
P6 PERDESİ	Q221/221	12	265/215	3,40	232,46
P6 PERDESİ	Q221/221	4	265/215	3,40	77,49
P6 PERDESİ	Q221/221	4	330/155	3,40	69,56
P7 PERDESİ	Q257/257	56	330/215	3,96	1573,39
P7 PERDESİ	Q257/257	16	330/215	3,96	449,54
P7 PERDESİ	Q257/257	8	330/107,5	3,96	112,38
P7 PERDESİ	Q221/221	70	330/215	3,40	1688,61
P7 PERDESİ	Q221/221	20	330/215	3,40	482,46
P7 PERDESİ	Q221/221	10	330/107,5	3,40	120,62
P7 PERDESİ	Q221/221	8	265/215	3,40	154,97

Tablo 3.9' un devamı

P7 PERDESİ	Q221/221	4	265/215	3,40	77,49
P7 PERDESİ	Q221/221	6	330/215	3,40	144,74
P7 PERDESİ	Q221/221	2	330/107,5	3,40	24,12
P7 PERDESİ	Q221/221	4	330/215	3,40	96,49
P7 PERDESİ	Q221/221	2	330/107,5	3,40	24,12
P8 PERDESİ	Q257/257	48	330/215	3,96	1348,62
P8 PERDESİ	Q257/257	16	330/215	3,96	449,54
P8 PERDESİ	Q221/221	50	330/215	3,40	1351,50
P8 PERDESİ	Q221/221	20	330/215	3,40	482,46
P8 PERDESİ	Q221/221	6	330/215	3,40	144,74
P8 PERDESİ	Q221/221	2	330/215	3,40	48,25
P8 PERDESİ	Q221/221	6	265/215	3,40	116,23
P8 PERDESİ	Q221/221	2	265/215	3,40	38,74
P8 PERDESİ	Q221/221	4	265/215	3,40	77,49
P8 PERDESİ	Q221/221	2	265/215	3,40	38,74
P8 PERDESİ	Q221/221	2	330/155	3,40	34,78
P9 PERDESİ	Q257/257	1	245/135	3,96	13,09
P9 PERDESİ	Q257/257	3	245/215	3,96	39,29
P9 PERDESİ	Q257/257	6	330/215	3,96	168,58
P9 PERDESİ	Q257/257	6	330/77,5	3,96	60,77
P9 PERDESİ	Q257/257	1	265/215	3,96	22,56
P9 PERDESİ	Q257/257	1	265/77,5	3,96	8,13
P10 PERDESİ	Q257/257	8	330/215	3,96	224,77
P10 PERDESİ	Q257/257	8	330/77,5	3,96	81,02
P10 PERDESİ	Q257/257	1	290/215	3,96	24,69
P10 PERDESİ	Q257/257	1	290/77,5	3,96	8,90
CP1 PERDESİ	Q257/257	1	260/215	3,96	22,14
CP1 PERDESİ	Q257/257	1	260/107,5	3,96	11,07
CP2 PERDESİ	Q257/257	6	260,215	3,96	132,82
CP2 PERDESİ	Q257/257	4	260/107,5	3,96	44,27
CP3 PERDESİ	Q257/257	3	260/215	3,96	66,41
CP3 PERDESİ	Q257/257	2	260/107,5	3,96	22,14
CP4 PERDESİ	Q257/257	2	260/215	3,96	88,55
CP4 PERDESİ	Q257/257	2	260/72	3,96	14,83
CP5 PERDESİ	Q257/257	2	260/215	3,96	44,27
CP5 PERDESİ	Q257/257	1	260/72	3,96	7,41
CP6 PERDESİ	Q257/257	1	260/215	3,96	22,14
CP6 PERDESİ	Q257/257	1	260/107,5	3,96	11,07
CP7 PERDESİ	Q257/257	2	260/215	3,96	22,14
CP7 PERDESİ	Q257/257	1	260/107,5	3,96	11,07
CP8 PERDESİ	Q257/257	2	260/215	3,96	44,27
CP8 PERDESİ	Q257/257	1	260/72	3,96	7,41
CP9 PERDESİ	Q257/257	3	260/215	3,96	66,41
CP9 PERDESİ	Q257/257	3	260/107,5	3,96	33,21
CP10 PERDESİ	Q257/257	2	260/215	3,96	44,27
CP10 PERDESİ	Q257/257	2	260/155	3,96	31,92
CP11 PERDESİ	Q257/257	1	260/215	3,96	22,14
CP11 PERDESİ	Q257/257	1	260/155	3,96	15,96
CP12 PERDESİ	Q257/257	1	260/215	3,96	22,14
CP12 PERDESİ	Q257/257	1	260/107,5	3,96	11,07
Toplam					27129,48

Tablo 3.10. Tünel kalıp sistem döşeme hasır çelik hesabı

Mahal adı	Tip	Adet	Hasırın Boyutları	m/kg	Toplam (kg)
ALT DÖŞEME HASIRI 0.00 KOTU	R335	8	435/200	2,95	205,32
ALT DÖŞEME HASIRI 0.00 KOTU	R295	32	305/215	2,87	602,24
ALT DÖŞEME HASIRI 0.00 KOTU	R335	16	455/215	2,95	461,73
ALT DÖŞEME HASIRI 0.00 KOTU	R295	10	285/215	2,87	175,86
ALT DÖŞEME HASIRI 0.00 KOTU	R295	16	335/215	2,87	330,74
ALT DÖŞEME HASIRI 0.00 KOTU	R295	4	335/107,5	2,87	41,34
ÜST DÖŞEME HASIRI 0.00 KOTU	TR295	6	313/90	2,86	48,34
ÜST DÖŞEME HASIRI 0.00 KOTU	TR295	34	470/180	2,86	822,65
ÜST DÖŞEME HASIRI 0.00 KOTU	Q221	4	265/215	3,40	77,49
ÜST DÖŞEME HASIRI 0.00 KOTU	R295	6	235/180	2,86	72,57
ÜST DÖŞEME HASIRI 0.00 KOTU	R295	8	157/90	2,86	32,33
ÜST DÖŞEME HASIRI 0.00 KOTU	TR335	6	500/180	3,18	171,72
ÜST DÖŞEME HASIRI 0.00 KOTU	TR335	6	250/180	3,18	85,86
ÜST DÖŞEME HASIRI 0.00 KOTU	TR335	2	470/90	2,86	24,20
ALT DÖŞEME HASIRI 2.79 KOTU	R335	8	435/200	2,95	205,32
ALT DÖŞEME HASIRI 2.79 KOTU	R335	20	455/215	2,95	577,17
ALT DÖŞEME HASIRI 2.79 KOTU	R295	32	305/215	2,87	602,24
ALT DÖŞEME HASIRI 2.79 KOTU	R295	6	285/215	2,87	105,51
ALT DÖŞEME HASIRI 2.79 KOTU	R295	16	335/215	2,87	330,73
ALT DÖŞEME HASIRI 2.79 KOTU	R295	4	335/107,5	2,87	41,34
ÜST DÖŞEME HASIRI 2.79 KOTU	TR295	6	313/90	2,86	48,34
ÜST DÖŞEME HASIRI 2.79 KOTU	TR295	30	470/180	2,86	725,87
ÜST DÖŞEME HASIRI 2.79 KOTU	TR295	6	235/180	2,86	72,58
ÜST DÖŞEME HASIRI 2.79 KOTU	TR335	6	500/180	3,18	171,72
ÜST DÖŞEME HASIRI 2.79 KOTU	TR335	6	250/180	3,18	85,86
ÜST DÖŞEME HASIRI 2.79 KOTU	Q221	4	265/215	3,40	77,48
ÜST DÖŞEME HASIRI 2.79 KOTU	TR295	6	470/90	2,86	72,58
ÜST DÖŞEME HASIRI 2.79 KOTU	TR295	10	157/90	2,86	40,41
ALT DÖŞEME HASIRI 5.58 KOTU	R335	8	435/200	2,95	205,32
ALT DÖŞEME HASIRI 5.58 KOTU	R295	10	285/215	2,87	175,25
ALT DÖŞEME HASIRI 5.58 KOTU	R295	32	305/215	2,87	602,24
ALT DÖŞEME HASIRI 5.58 KOTU	R335	16	455/215	2,95	461,73
ALT DÖŞEME HASIRI 5.58 KOTU	R295	16	335/215	2,87	330,74
ALT DÖŞEME HASIRI 5.58 KOTU	R295	4	335/107,5	2,87	41,34
ÜST DÖŞEME HASIRI 5.58 KOTU	TR295	6	313/90	2,86	48,34
ÜST DÖŞEME HASIRI 5.58 KOTU	TR295	34	470/180	2,86	822,65
ÜST DÖŞEME HASIRI 5.58 KOTU	TR295	10	235/180	2,86	96,78
ÜST DÖŞEME HASIRI 5.58 KOTU	TR295	8	157/90	3,18	32,33
ÜST DÖŞEME HASIRI 5.58 KOTU	Q221	4	265/215	3,40	77,49
ÜST DÖŞEME HASIRI 5.58 KOTU	TR335	6	500/180	3,18	171,72
ÜST DÖŞEME HASIRI 5.58 KOTU	TR335	4	250/180	3,18	57,24
ÜST DÖŞEME HASIRI 5.58 KOTU	TR295	2	470/90	2,86	24,19
ALT DÖŞEME HASIRI 8.37-25.11 KOTU	R335	56	435/200	2,95	1437,24

Tablo 3.10' un devamı

ALT DÖŞEME HASIRI 8.37-25.11 KOTU	R295	42	285/215	2.87	738.61
ALT DÖŞEME HASIRI 8.37-25.11 KOTU	R295	224	305/215	2.86	4200.99
ALT DÖŞEME HASIRI 8.37-25.11 KOTU	R335	112	455/215	2.95	3232.14
ALT DÖŞEME HASIRI 8.37-25.11 KOTU	R295	112	335/215	2.87	2315.17
ALT DÖŞEME HASIRI 8.37-25.11 KOTU	TR295	28	335/107,5	2.87	290.74
ÜST DÖŞEME HASIRI 8.37-25.11 KOTU	TR295	196	470/180	2.86	4742.34
ÜST DÖŞEME HASIRI 8.37-25.11 KOTU	TR295	28	315/90	2.86	227.03
ÜST DÖŞEME HASIRI 8.37-25.11 KOTU	TR295	70	157/90	2.86	282.88
ÜST DÖŞEME HASIRI 8.37-25.11 KOTU	TR295	56	235/180	2.86	677.48
ÜST DÖŞEME HASIRI 8.37-25.11 KOTU	TR295	14	235/90	2.86	84.68
ÜST DÖŞEME HASIRI 8.37-25.11 KOTU	TR295	42	470/90	2.86	508.11
ÜST DÖŞEME HASIRI 8.37-25.11 KOTU	Q221	28	265/215	3.40	542.40
ÜST DÖŞEME HASIRI 8.37-25.11 KOTU	TR335	42	500/180	3.18	1202.04
ÜST DÖŞEME HASIRI 8.37-25.11 KOTU	TR335	28	250/180	3.18	400.68
ALT DÖŞEME HASIRI 27.90 KOTU	R335	8	435/200	2.95	205.32
ALT DÖŞEME HASIRI 27.90 KOTU	R335	4	435/100	2.95	51.33
ALT DÖŞEME HASIRI 27.90 KOTU	R295	9	285/215	2.87	158.27
ALT DÖŞEME HASIRI 27.90 KOTU	R295	32	305/215	2.87	602.24
ALT DÖŞEME HASIRI 27.90 KOTU	R335	16	455/215	2.95	461.73
ALT DÖŞEME HASIRI 27.90 KOTU	R335	4	455/107,5	2.95	57.72
ALT DÖŞEME HASIRI 27.90 KOTU	R295	20	335/215	2.87	413.42
ALT DÖŞEME HASIRI 27.90 KOTU	R295	4	470/90	2.86	48.56
ÜST DÖŞEME HASIRI 27.90 KOTU	TR295	36	470/180	2.86	871.04
ÜST DÖŞEME HASIRI 27.90 KOTU	TR295	18	157/90	2.86	72.74
ÜST DÖŞEME HASIRI 27.90 KOTU	TR295	6	235/180	2.86	72.59
ÜST DÖŞEME HASIRI 27.90 KOTU	TR295	6	313/90	2.86	48.34
ÜST DÖŞEME HASIRI 27.90 KOTU	TR295	12	235/90	2.86	72.59
ÜST DÖŞEME HASIRI 27.90 KOTU	TR295	4	470/90	2.86	48.39
ÜST DÖŞEME HASIRI 27.90 KOTU	TR335	10	500/180	3.17	285.30
ÜST DÖŞEME HASIRI 27.90 KOTU	TR335	4	250/180	2.87	57.06
ALT DÖŞEME HASIRI 31.25 KOTU	TR295	4	305/215	2.87	75.28
ALT DÖŞEME HASIRI 31.25 KOTU	TR295	2	305/107.5	2.87	18.82
ALT DÖŞEME HASIRI 31.25 KOTU	TR295	2	285/215	2.87	35.17
ALT DÖŞEME HASIRI 31.25 KOTU	TR295	1	285/107.5	2.87	8.79
ÜST DÖŞEME HASIRI 31.25 KOTU	TR295	2	455/180	2.87	47.01
ÜST DÖŞEME HASIRI 31.25 KOTU	TR295	4	235/90	2.87	24.28
ÜST DÖŞEME HASIRI 31.25 KOTU	TR295	2	157/90	2.87	8.11
ÜST DÖŞEME HASIRI 31.25 KOTU	TR295	2	313/90	2.87	16.17
Toplam Döşeme Hasırı (kg)					34087.25

Tablo 3.11. Tünel kalıp sistem toplam hasır çelik miktarı

Mahal	Ton
Toplam Perde Duvar Hasır	27129.48
Toplam Döşeme Hasır Kg	34087.25
Toplam Hasır Çelik Miktarı	61216.73

Tablo 3.12. Tünel kalıp sistem demir hesabı

Kullanım Yeri	8	10	12	14	16	18
Bodrum Kat Perde	0	2.551	234	54	1.239	4.480
Bodrum Kat Döşeme	767	5	270	610	988	0
Zemin Kat Perde	0	2.157	65	0	1.197	4.288
Zemin Kat Döşeme	360	0	270	610	655	0
1.Kat Perde	0	2.145	60	0	4.485	256
1. Kat Döşeme	360	39	270	610	655	0
2.3.4.5.6.7.8.Kat Perde	0	17.768	1.641	379	8.671	31.584
2.3.4.5.6.7.8.Kat Döşeme	2.518	54	1.889	4.267	4.815	0
9.Kat Perde	0	2.208	67	0	3.844	0
9. Kat Döşeme	360	24	280	610	737	0
10.Kat Perde	0	273	0	0	212	0
10. Kat Döşeme	0	59	39	0	76	0
TOPLAM	4.364	27.284	5086	7139	27572	40608
	112,05					

3.7.2. Geleneksel kalıp sistem demir hesabı

Tablo 3.13. Geleneksel kalıp sistem demir hesabı

Kullanım yeri	Birim ağırlık (m /kg)	Toplam ağırlık (kg)
Bodrum Döşeme Demiri Ø 8	0,394	4546,49
Bodrum Kiriş Demiri Ø 8	0,394	796,35
Bodrum Kolon Demiri Ø 8	0,394	5514,21
Zemin Kat Döşeme Demiri Ø 8	0,394	4815,95
Zemin Kat Kiriş Demiri Ø 8	0,394	1922,47
Zemin Kat Kolon Demiri Ø 8	0,394	2919,25
1. Kat Döşeme Demiri Ø 8	0,394	4623,32
1. Kat Kiriş Demiri Ø 8	0,394	1739,60
1. Kat Kolon Demiri Ø 8	0,394	2693,89
2. Kat Döşeme Demiri Ø 8	0,394	4623,32
2. Kat Kiriş Demiri Ø 8	0,394	1739,60
2. Kat Kolon Demiri Ø 8	0,394	2693,89
3. Kat Döşeme Demiri Ø 8	0,394	4623,32
3. Kat Kiriş Demiri Ø 8	0,394	1739,60
3. Kat Kolon Demiri Ø 8	0,394	2693,89
4. Kat Döşeme Demiri Ø 8	0,394	4623,32
4. Kat Kiriş Demiri Ø 8	0,394	1739,60
4. Kat Kolon Demiri Ø 8	0,394	2693,89
5. Kat Döşeme Demiri Ø 8	0,394	4623,32
5. Kat Kiriş Demiri Ø 8	0,394	1739,60
5. Kat Kolon Demiri Ø 8	0,394	2693,89
6. Kat Döşeme Demiri Ø 8	0,394	4623,32
6. Kat Kiriş Demiri Ø 8	0,394	1739,60
6. Kat Kolon Demiri Ø 8	0,394	2693,89
7. Kat Döşeme Demiri Ø 8	0,394	4623,32
7. Kat Kiriş Demiri Ø 8	0,394	1739,60
7. Kat Kolon Demiri Ø 8	0,394	2693,89
8. Kat Döşeme Demiri Ø 8	0,394	4623,32
8. Kat Kiriş Demiri Ø 8	0,394	1739,60
8. Kat Kolon Demiri Ø 8	0,394	2693,89
9. Kat Döşeme Demiri Ø 8	0,394	4623,32
9. Kat Kiriş Demiri Ø 8	0,394	1539,27
9. Kat Kolon Demiri Ø 8	0,394	2647,96
Ø 8 Demiri Toplam	0,394	101789,80
Bodrum Kat Döşeme Demiri Ø 12	0,886	37,76
Bodrum Kat Kiriş Demiri Ø 12	0,886	45,40
Bodrum Kat Kolon Demiri Ø 12	0,886	4013,86
Zemin Kat Döşeme Demiri Ø 12	0,886	37,76
Zemin Kat Kiriş Demiri Ø 12	0,886	90,80
Zemin Kat Kolon Demiri Ø 12	0,886	205,09
1. Kat Döşeme Demiri Ø 12	0,886	37,76
1. Kat Kiriş Demiri Ø 12	0,886	105,94
1. Kat Kolon Demiri Ø 12	0,886	267,23
2. Kat Döşeme Demiri Ø 12	0,886	37,76

Tablo 3.13' ün devamı

2. Kat Kiriş Demiri Ø 12	0,886	105,94
2. Kat Kolon Demiri Ø 12	0,886	267,23
3. Kat Döşeme Demiri Ø 12	0,886	37,76
3. Kat Kiriş Demiri Ø 12	0,886	90,80
3. Kat Kolon Demiri Ø 12	0,886	267,23
4. Kat Döşeme Demiri Ø 12	0,886	37,76
4. Kat Kiriş Demiri Ø 12	0,886	90,80
4. Kat Kolon Demiri Ø 12	0,886	267,23
5. Kat Döşeme Demiri Ø 12	0,886	37,76
5. Kat Kiriş Demiri Ø 12	0,886	75,67
5. Kat Kolon Demiri Ø 12	0,886	267,23
6. Kat Döşeme Demiri Ø 12	0,886	37,76
6. Kat Kiriş Demiri Ø 12	0,886	75,67
6. Kat Kolon Demiri Ø 12	0,886	267,23
7. Kat Döşeme Demiri Ø 12	0,886	37,76
7. Kat Kiriş Demiri Ø 12	0,886	60,54
7. Kat Kolon Demiri Ø 12	0,886	267,23
8. Kat Döşeme Demiri Ø 12	0,886	37,76
8. Kat Kiriş Demiri Ø 12	0,886	75,67
8. Kat Kolon Demiri Ø 12	0,886	267,23
9. Kat Döşeme Demiri Ø 12	0,886	37,76
9. Kat Kiriş Demiri Ø 12	0,886	60,54
9. Kat Kolon Demiri Ø 12	0,886	219,89
Ø 12 Demiri Toplam	0,886	7869,81
Bodrum Kat Döşeme Demiri Ø 14	1,180	-
Bodrum Kat Kiriş Demiri Ø 14	1,180	2034,83
Bodrum Kat Kolon Demiri Ø 14	1,180	592,73
Zemin Kat Döşeme Demiri Ø 14	1,180	0
Zemin Kat Kiriş Demiri Ø 14	1,180	4474,06
Zemin Kat Kolon Demiri Ø 14	1,180	391,53
1. Kat Döşeme Demiri Ø 14	0,00	0
1. Kat Kiriş Demiri Ø 14	1,180	4864,60
1. Kat Kolon Demiri Ø 14	1,180	200,11
2. Kat Döşeme Demiri Ø 14	1,180	0
2. Kat Kiriş Demiri Ø 14	1,180	4982,75
2. Kat Kolon Demiri Ø 14	1,180	200,11
3. Kat Döşeme Demiri Ø 14	1,180	0
3. Kat Kiriş Demiri Ø 14	1,180	4897,83
3. Kat Kolon Demiri Ø 14	1,180	200,11
4. Kat Döşeme Demiri Ø 14	1,180	0
4. Kat Kiriş Demiri Ø 14	1,180	4773,43
4. Kat Kolon Demiri Ø 14	1,180	200,11
5. Kat Döşeme Demiri Ø 14	1,180	0
5. Kat Kiriş Demiri Ø 14	1,180	4531,81
5. Kat Kolon Demiri Ø 14	1,180	200,11
6. Kat Döşeme Demiri Ø 14	1,180	0
6. Kat Kiriş Demiri Ø 14	1,180	4248,99
6. Kat Kolon Demiri Ø 14	1,180	200,11
7. Kat Döşeme Demiri Ø 14	1,180	0

Tablo 3.13'ün devamı

7. Kat Kiriş Demiri Ø 14	1,180	3878,73
7. Kat Kolon Demiri Ø 14	1,180	200,11
8. Kat Döşeme Demiri Ø 14	1,180	0
8. Kat Kiriş Demiri Ø 14	1,180	3613,44
8. Kat Kolon Demiri Ø 14	1,180	200,11
9. Kat Döşeme Demiri Ø 14	1,180	0
9. Kat Kiriş Demiri Ø 14	1,180	3244,74
9. Kat Kolon Demiri Ø 14	1,180	160,09
Ø 14 Demiri Toplam	1,180	48290,44
Bodrum Kat Döşeme Demiri Ø 16	1,406	0
Bodrum Kat Kiriş Demiri Ø 16	1,406	0
Bodrum Kat Kolon Demiri Ø 16	1,406	5279,22
Zemin Kat Döşeme Demiri Ø 16	1,406	0
Zemin Kat Kiriş Demiri Ø 16	1,406	0
Zemin Kat Kolon Demiri Ø 16	1,406	3340,39
1. Kat Döşeme Demiri Ø 16	1,406	0
1. Kat Kiriş Demiri Ø 16	1,406	0
1. Kat Kolon Demiri Ø 16	1,406	3223,59
2. Kat Döşeme Demiri Ø 16	1,406	0
2. Kat Kiriş Demiri Ø 16	1,406	0
2. Kat Kolon Demiri Ø 16	1,406	3223,59
3. Kat Döşeme Demiri Ø 16	1,406	0
3. Kat Kiriş Demiri Ø 16	1,406	0
3. Kat Kolon Demiri Ø 16	1,406	3223,59
4. Kat Döşeme Demiri Ø 16	1,406	0
4. Kat Kiriş Demiri Ø 16	1,406	0
4. Kat Kolon Demiri Ø 16	1,406	3223,59
5. Kat Döşeme Demiri Ø 16	1,406	0
5. Kat Kiriş Demiri Ø 16	1,406	0
5. Kat Kolon Demiri Ø 16	1,406	3223,59
6. Kat Döşeme Demiri Ø 16	1,406	0
6. Kat Kiriş Demiri Ø 16	1,406	0
6. Kat Kolon Demiri Ø 16	1,406	3223,59
7. Kat Döşeme Demiri Ø 16	1,406	0
7. Kat Kiriş Demiri Ø 16	1,406	0
7. Kat Kolon Demiri Ø 16	1,406	3223,59
8. Kat Döşeme Demiri Ø 16	1,406	0
8. Kat Kiriş Demiri Ø 16	1,406	0
8. Kat Kolon Demiri Ø 16	1,406	3223,59
9. Kat Döşeme Demiri Ø 16	1,406	0
9. Kat Kiriş Demiri Ø 16	1,406	0
9. Kat Kolon Demiri Ø 16	1,406	2803,22
Ø 16 Demiri Toplam	1,406	37211,55

Tablo 3.14. Geleneksel kalıp sistemde toplam demir miktarı

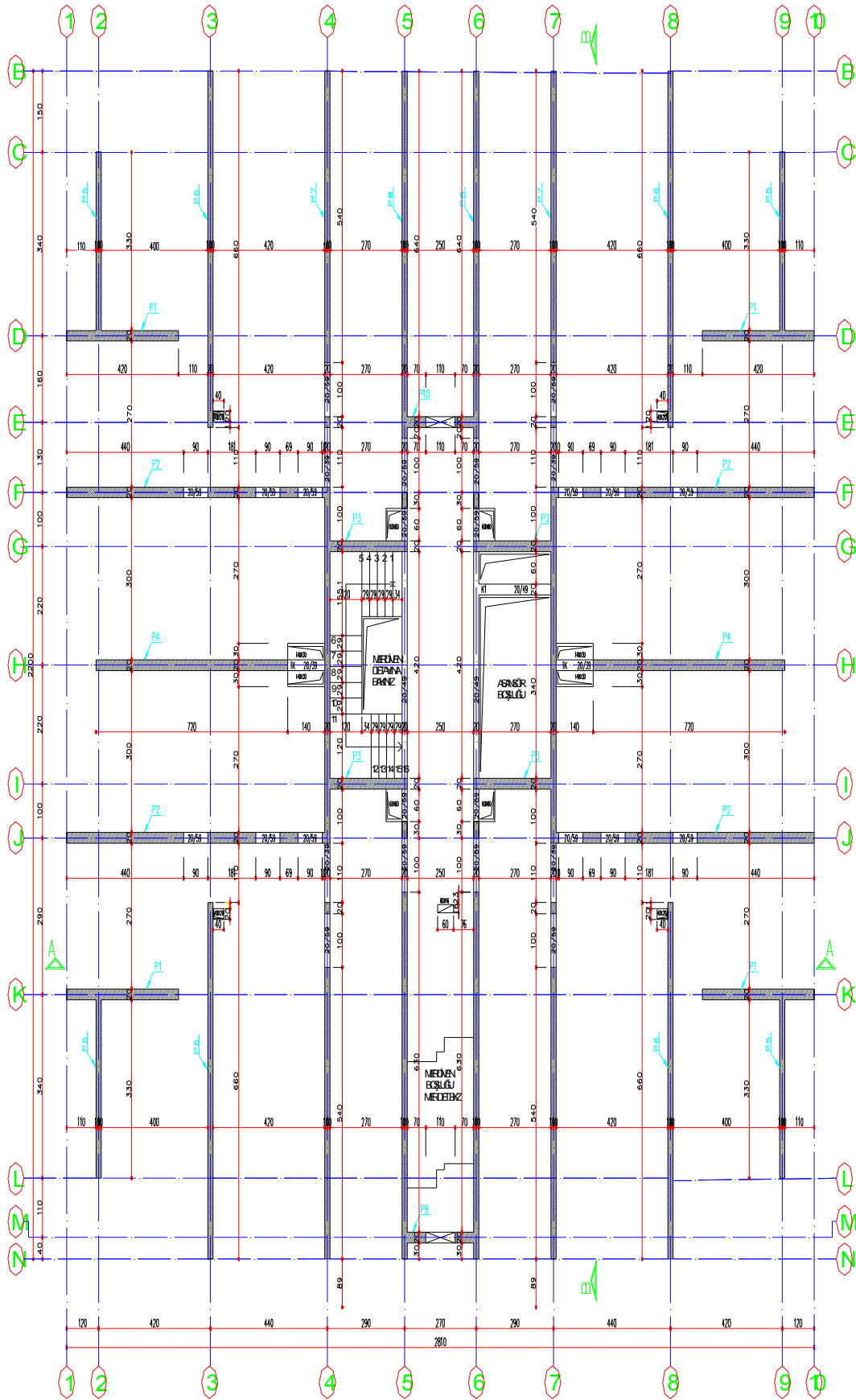
Mahal	Demir Çapı	Ton
Bina Toplamı	Ø 8 Demiri	101,79
Bina Toplamı	Ø 12 Demiri	7,87
Bina Toplamı	Ø 14 Demiri	48,29
Bina Toplamı	Ø 16 Demiri	37,21
Toplam Demir Miktarı		195,16

Tablo 3.15. Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin demir maliyeti açısından karşılaştırılması

Poz No	Yapım Sistemi	Hasır Çelik	Demir (ton)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Birim Fiyat (TL)
04.254	Tünel Kalıp	-	112,05	780	87399,00
04.305/2	Tünel Kalıp	61,213	-	1070	65497,91
01.019 İşçilik	Tünel Kalıp			4,82	9254,40
Tünel Kalıp Toplam maliyet					162151,31
04.254	Geleneksel	-	195,16	780	152224,80
SPF İşçilik	Geleneksel		195,16	350	68306,00
Geleneksel Toplam maliyet					220530,80

3.8. Beton Maliyeti

Her iki yapım sisteminde BS 25 betonu kullanılmıştır. (BS 25 betonu 30 (300) N/mm² (kg/cm²) eş değer küp dayanımı) Tablo 3.20.'de her iki yapım sisteminin beton maliyeti gösterilmiştir.



Şekil 3.26. Tünel kalıp taşıyıcı sistem planı

3.8.1. Tünel kalıp sistem beton hesabı

Tablo 3.16. Tünel kalıp taşıyıcı sistem beton hesabı

Perde Duvar No	Bodrum kat	Zemin kat	1.Kat	2,3,4,5,6,7,8. Kat	9.Kat	10.Kat	Boşluk	Beton miktarı (m ³)
P1	8.91	8.91	8.91	62.33	10.84			99.88
P2	14.84	14.84	14.84	103.88	16.77			165.17
P3	6.15	6.15	6.15	43.04	6.15	7.45	-0.14	74.93
P4	7.63	7.63	7.63	53.42	7.63		-0.88	83.07
P5	6.99	6.99	6.99	48.97	6.99			76.96
P6	13.99	13.99	13.99	97.94	15.93			155.85
P7	18.86	18.86	18.87	132.08	18.86	5.91	-0.07	213.36
P8	16.22	16.22	16.22	105.36	16.02			170.04
P9	1.33	1.33	1.33	9.27	1.33		-2.82	11.76
P10	-	1.33	1.33	9.28	1.33		-1.94	11.31
Toplam	93.65	96.01	96.52	662.19	101.37	13.36	-5.85	1057.23

Tablo 3.17. Tünel kalıp sistem döşeme betonu hesabı

Mahal	Beton miktarı (m ³)
Bodrum Kat Döşeme Betonu	78,33
Zemin Kat Döşeme Betonu	75,91
1. Kat Döşeme Betonu	78,48
2. Kat Döşeme Betonu	75,79
3. Kat Döşeme Betonu	75,79
4. Kat Döşeme Betonu	75,79
5. Kat Döşeme Betonu	75,79
6. Kat Döşeme Betonu	75,79
7. Kat Döşeme Betonu	75,79
8. Kat Döşeme Betonu	75,79
9. Kat Döşeme Betonu	87,28
10.Kat Döşeme Betonu	7,22
Tünel Kalıp Toplam Döşeme Betonu	857.75

Tablo 3.18. Tünel kalıp sistem beton hesabı (m³)

Tünel kalıp taşıyıcı perde betonu	1057.23
Tünel kalıp döşeme betonu	857.75
Toplam	1914.98

3.8.2. Geleneksel kalıp sistem beton hesabı

Tablo 3.19. Geleneksel kalıp sistem toplam beton miktarı (m³)

Bodrum Kat Döşeme, Nervür, Kiriş, Perde, Kolon betonu	175,62
Zemin kat Döşeme, Nervür, Kiriş, Perde, Kolon betonu	131,12
1. Kat Döşeme, Nervür, Kiriş, Perde, Kolon betonu	126,22
2. Kat Döşeme, Nervür, Kiriş, Perde, Kolon betonu	126,22
3. Kat Döşeme, Nervür, Kiriş, Perde, Kolon betonu	126,22
4. Kat Döşeme, Nervür, Kiriş, Perde, Kolon betonu	126,22
5. Kat Döşeme, Nervür, Kiriş, Perde, Kolon betonu	126,22
6. Kat Döşeme, Nervür, Kiriş, Perde, Kolon betonu	126,22
7. Kat Döşeme, Nervür, Kiriş, Perde, Kolon betonu	126,22
8. Kat Döşeme, Nervür, Kiriş, Perde, Kolon betonu	126,22
9. Kat Döşeme, Nervür, Kiriş, Perde, Kolon betonu	126,22
Toplam	1442,72

Tablo 3.20. Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin beton maliyeti açısından karşılaştırılması

Poz no	Yapım Sistemi	Birim	Birim Fiyat (TL)	Toplam Birim Fiyat (TL)
16.058/1-B	Tünel Kalıp	1914.98 m ³	113.57	217484.28
01.015 İşçilik	Tünel Kalıp		4.82	9254.40
TOPLAM				226738.68
16.058/1-B	Geleneksel	1442.72 m ³	113,57	163849.71
01.015 İşçilik	Geleneksel		4,82	37017,60
TOPLAM				200867,31

3.9. Duvar Maliyeti

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

Tablo 3.25.'de her iki sistem için duvar maliyeti gösterilmiştir.

3.9.1. Tünel kalıp sistem duvar hesabı

Tablo 3.21. Tünel kalıp sistem dış duvar hesabı

Mahal No	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Kapı ve Pencere Boşlukları	1 Kattaki Mahal Adedi	Kat Adedi	Toplam m ²
B10	3,00	2,65	2,00	1	1	5,95
B09	2,70	2,65	2,00	1	1	5,16
B08	4,00	2,65	2,00	1	1	8,60
B07	4,20	2,65	3,25	1	1	7,88
B06	2,70	2,65	2,00	1	1	5,16
B19	7,10	2,65		1	1	9,13
B19	6,60	2,65	0,36	1	1	17,13
B19	2,70	2,65		1	1	7,16
B20	5,00	2,65	0,36	1	1	12,89
B15	5,00	2,65	0,36	1	1	12,89
B16	2,70	2,65		1	1	7,16
B16	4,00	2,65		1	1	10,60
B16	4,20	2,65		1	1	11,13
B16	2,70	2,65		1	1	7,16
B17	2,50	2,65		1	1	6,63
B22	2,70	2,65		1	1	7,16
B22	4,20	2,65		1	1	11,13
B22	6,60	2,65		1	1	17,49
B22	2,70	2,65		1	1	7,16
B20	5,00	2,65	0,36	1	1	12,89
Z12	3,00	2,65	8,00	4	1	23,80
Z11	2,70	2,65	8,00	4	1	20,62
Z10	4,00	2,65	8,00	4	1	34,40
Z08	4,20	2,65	16,29	4	1	28,23
Z06	1,56	2,65		4	1	16,54

Tablo 3.21' in devamı

1.112	3,00	2,65	8,00	4	1	23,80
1.111	2,70	2,65	8,00	4	1	20,62
1.110	4,00	2,65	8	4	1	34,40
1.108	4,20	2,65	16,29	4	1	28,23
1.106	1,56	2,65		4	1	16,54
T12	3,00	2,65	64,00	4	8	190,35
T11	2,70	2,65	64,00	4	8	164,91
T10	4,00	2,65	64,00	4	8	275,20
T08	4,20	2,65	130,29	4	8	225,87
T07	1,56	2,65		4	8	132,29
Toplam Dış Duvar						1426,26

Tablo 3.22. Tünel kalıp sistem iç duvar hesabı

Mahal No	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Kapı ve Pencere Boşlukları	1 Kattaki Mahal Adedi	Kat Adedi	Toplam m ²
B10	3,00	2,65		1	1	7,95
B14	3,00	2,65	0,08	1	1	7,87
B14	1,36	2,65	2,06	2	1	1,54
B09	1,82	2,65		1	1	4,82
B12	4,20	2,65		1	1	11,13
B06	1,70	2,65		1	1	4,51
B03	1,27	2,65		1	1	3,37
B18	2,70	2,65	1,2	1	1	5,96
B18	1,10	2,65		1	1	2,92
B021	2,72	2,65	0,08	1	1	7,13
B15	4,6	2,65		1	1	12,19
B01	2,02	2,65		1	1	5,35
B01	1,64	2,65		2	1	8,69
B01	7,39	2,65		1	1	19,58
B01	1,64	2,65		2	1	8,69
B21	6,62	2,65	2,06	1	1	15,48
B18	6,3	2,65	4,4	1	1	12,30
B15	2,30	2,65		1	1	6,95
Z12	3,00	2,65		4	1	31,80
Z13	5,72	2,65	8,56	4	1	52,07
Z11	2,70	2,65	7,92	4	1	20,70
Z09	1,12	2,65	7,92	4	1	3,95
Z08	4,20	2,65		4	1	44,52
Z06	3,05	2,65	7,92	4	1	24,41
Z05	1,70	2,65		4	1	18,02
Z03	2,50	2,65	2,09	1	1	4,54
Z03	3,30	2,65		1	1	8,75
Z01	7,63	2,65		1	1	20,22

Tablo 3.22'nin devamı

1.112	3,00	2,65		4	1	31,80
1.113	5,72	2,65	8,56	4	1	52,07
1.111	2,70	2,65	7,92	4	1	20,70
1.109	1,12	2,65	7,92	4	1	3,95
1.108	4,20	2,65		4	1	44,52
1.106	3,05	2,65	7,92	4	1	24,41
1.105	1,34	2,65		4	1	14,20
1.103	2,50	2,65	2,09	1	1	4,54
1.103	3,30	2,65	2,09	1	1	6,66
1.101	7,63	2,65		1	1	20,22
T12	3,00	2,65		4	8	254,40
T13	5,72	2,65	68,48	4	8	416,56
T11	2,70	2,65	63,36	4	8	165,60
T09	1,12	2,65	63,36	4	8	31,62
T08	4,20	2,65		4	8	356,16
T06	3,05	2,65	63,36	4	8	195,28
T05	1,34	2,65		4	8	113,63
T03	2,50	2,65	16,72	1	8	36,28
T03	3,30	2,65	16,72	1	8	53,24
T01	7,63	2,65		1	8	161,76
Toplam İç Duvar						2368,81

3.9.2. Geleneksel kalıp sistem duvar hesabı

Tablo 3.23. Geleneksel kalıp sistem dış duvar hesabı

Adet	Genişlik	Yükseklik	m ²	Pen.-kapı boşlukları	Adet	m ²	Toplam m ²	
36	4,18	2,30	346,10	1,40	1,40	36	70,56	275,54
4	4,08	2,30	37,54	1,4	1,40	4	4,84	32,70
40	4,20	2,30	386,40	1,40	1,40	40	78,40	308,00
40	4,50	2,30	414,00	2,30	1,60	40	147,20	266,80
40	3,70	2,30	370,40	1,40	1,40	40	78,40	292,00
40	2,60	2,30	239,20	1,40	1,40	40	78,40	160,80
40	3,25	2,30	299,00	1,40	1,40	40	78,40	220,60
400	0,20	2,30	184,00					184,00
Toplam							1740,44	

Tablo 3.24. Geleneksel kalıp sistem iç duvar hesabı

Uzunluk	Yükseklik	Adet	m ²
5,15	2,65	4	54,59
3,60	2,65	8	76,32
4,50	2,65	4	47,70
3,55	2,65	2	18,82
1,50	2,65	2	7,95
2,05	2,65	4	21,73
4,84	2,65	1	12,83
3,95	2,65	1	10,47
3,53	2,65	1	9,35
5,95	2,65	1	15,77
0,88	2,65	2	4,66
4,38	2,65	1	11,61
4,44	2,65	2	23,53
1,70	2,65	1	4,51
9,44	2,65	1	25,02
6,33	2,65	1	16,77
5,95	2,65	1	15,77
6,02	2,65	1	15,95
5,28	2,65	1	13,99
1,43	2,65	2	7,58
1,50	2,65	40	159,00
1,72	2,65	10	45,58
1,17	2,65	30	135,15
1,30	2,65	19	103,35
1,05	2,65	31	86,26
1,26	2,65	3	10,02
0,55	2,65	21	30,61
1,75	2,65	12	55,65
0,45	2,65	30	35,78
1,85	2,65	37	181,39
1,04	2,65	10	27,56
1,40	2,65	19	70,49
1,58	2,65	1	4,19
1,43	2,65	20	75,79
1,20	2,65	20	63,60
1,25	2,65	10	33,13
0,88	2,65	11	25,65
1,00	2,65	9	23,85
1,15	2,65	9	27,43
0,85	2,65	18	40,55
1,45	2,65	20	76,85
0,95	2,65	18	45,32
0,65	2,65	18	31,01
1,79	2,65	18	85,38
2,05	2,65	39	211,87
2,90	2,65	60	461,10
2,62	2,65	10	69,43
2,75	2,65	10	72,88
2,15	2,65	20	113,95

Tablo 2.24'ün devamı

2,06	2,65	11	60,05
2,00	2,65	10	53,00
2,10	2,65	19	105,74
2,08	2,65	9	49,61
3,05	2,65	30	242,48
3,65	2,65	41	396,57
3,60	2,65	20	190,80
3,45	2,65	20	182,85
4,95	2,65	20	262,35
4,23	2,65	1	11,21
4,75	2,65	38	478,33
4,00	2,65	1	10,60
4,65	2,65	1	12,32
Toplam İç Duvar			4873,65

Tablo 3.25. Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin duvar maliyeti açısından karşılaştırılması

Poz No	Yapım Sistemi	Alan (m ²)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Fiyat (TL)
18.071/3	Tünel Kalıp Sistem dış duvar	1426,26	14,69	20951,76
18.081/2	Tünel Kalıp Sistem iç duvar	2368,81	13,76	32594,83
Tünel Kalıp Sistem Toplam Duvar Maliyeti				53546,59
18.071/3	Geleneksel Sistem dış duvar	1740,44	14,69	25567,06
18.081/2	Geleneksel Sistem iç duvar	4873,65	13,76	67061,42
Geleneksel Sistem Toplam Duvar Maliyeti				92628,48

3.10. Sıva Maliyeti

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

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

Alçı sıvalar, çabuk çözünürlüğü ve kolay işlenebilirliği nedeniyle en elverişli sıvadır [23,27]. Örnek alınan projede alçı sıva tünel kalıp sistemli yapının bütün iç duvarlarında uygulanmıştır.

Tablo 3.30.' da her iki yapım sistemi için sıva maliyeti hesabı gösterilmiştir.

3.10.1. Tünel kalıp sistem sıva hesabı

Tablo 3.26. Tünel kalıp sistem iç sıva hesabı

Mahal	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Adet	Kapı pencere boşluğu (m ²)	Sıva (m ²)
B19	6,22	2,70	1		16,79
	2,90	2,70	1	2,2	5,63
	5,20	2,70	2		28,08
	2,70	2,70	2		14,58
	4,20	2,70	2		22,68
	6,40	2,70	1		17,28
	4,90	2,70	1		13,23
	4,00	2,70	2		21,60
	3,10	2,70	2		16,20
	2,90	2,70	2		15,66
	4,40	2,70	1	1,98	9,90
	3,00	2,70	2	0,36	15,84
	1,20	2,70	4		12,96
	1,36	2,70	4	5,94	8,75
B15	4,70	2,70	1		12,69
	5,90	2,70	1		15,93
	3,00	2,70	1		8,10
	7,40	2,70	1		19,98
B16	7,40	2,70	1		19,98
	2,70	2,70	2		14,58
	4,00	2,70	3		10,80
	2,90	2,70	1		7,83
	3,10	2,70	1		8,37
	4,90	2,70	1		13,23
	6,40	2,70	1		17,28
	4,20	2,70	1		11,34
	5,20	2,70	1		14,04
	6,30	2,70	2		17,01
	7,76	2,70	1	2,20	18,75
B17	7,30	2,70	2		39,42
	2,50	2,70	2	2,2	13,50
B22	6,22	2,70	1		16,79
	2,70	2,70	1	2,20	19,67
	5,20	2,70	2		28,08
	4,20	2,70	2		22,68
	6,40	2,70	1		17,28
	4,90	2,70	1		13,23
	4,00	2,70	2		21,60
	3,10	2,70	1		8,37
	2,90	2,70	1		7,83
	1,85	2,70	1		4,99
	4,40	2,70	1	1,98	9,90
	1,30	2,70	1		3,51
B20	3,10	2,70	1		8,37
	3,00	2,70	1		16,20

Tablo 3.26'nin devamı

	6,90	2,70	1		18,63
	2,90	2,70	1		7,83
B21	1,36	2,70	4	5,94	6,03
	1,20	2,70	2		6,48
	1,22	2,70	2		6,59
T12	4,88	2,70	82	81,18	999,25
	3,00	2,70	82	82,07	582,13
T11	4,20	2,70	41		464,94
	3,88	2,70	41		429,52
	2,70	2,70	82	163,25	434,53
T10	2,90	2,70	41		321,03
	3,10	2,70	41		343,17
	4,00	2,70	41	82,07	360,73
	4,90	2,70	41		542,43
	1,12	2,70	41	81,18	132,84
T08	6,07	2,70	41		671,95
	4,20	2,70	41	133,36	331,58
	6,30	2,70	41	49,20	648,21
	3,80	2,70	41		420,66
T06	4,30	2,70	41		476,01
	2,70	2,70	82	163,25	434,53
	4,10	2,70	41		453,87
T05	2,70	2,70	41	81,18	217,71
	2,66	2,70	41	49,20	245,26
	0,74	2,70	82		163,84
	1,36	2,70	41		150,55
	1,00	2,70	41		110,70
	1,20	2,70	41	90,20	42,64
T09	5,50	2,70	41	243,54	365,31
	4,60	2,70	41		509,22
	2,70	2,70	41	81,18	217,71
	1,12	2,70	41	81,18	42,80
Toplam sıva					10839,19

Tablo 3.27. Tünel kalıp sistem dış sıva hesabı

Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Adet	Bina dış yüzey alanı m ²
3.00	30,55	4	366.60
2.70	30,55	4	329.94
4.00	30,55	4	488.80
4.20	30,55	4	513.24
2.70	30,55	4	329.94
1.10	30,55	1	33.61
Toplam bina dış yüzey alanı			2062.13

Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Adet	Pencere boşlukları m ²
1.44	1.39	124	248.20
2.34	1.74	40	162.86
2.34	1.39	1	3.25
1.10	1.10	10	12.10
1.14	2.22	40	101,23
0.90	2.20	1	1.98
Toplam pencere boşluğu			529.62

Toplam dış sıva alanı $2062.13 - 529.62 = 1532.51 \text{ m}^2$

3.10.2. Geleneksel kalıp sistem sıva hesabı

Tablo 3.28. Geleneksel kalıp sistem iç sıva hesabı

Mahal	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Adet	Kapı pencere boşluğu (m ²)	Sıva (m ²)
B01	3,95	2,70	2		21,33
	4,28	2,70	2	6,06	17,05
B02	4,95	2,70	2	2,07	24,66
	4,35	2,70	2	1,92	21,57
B03	4,85	2,70	2	4,22	21,97
	3,75	2,70	2		20,25
B04	2,60	2,70	2	4,22	9,82
	3,27	2,70	2		17,66
B5	3,50	2,70	2	1,92	16,98
	4,85	2,70	2	2,30	23,89
B10	1,40	2,70	2	2,30	5,76
	1,20	2,70	1	2,07	1,17
	2,60	2,70	1	2,30	4,72
	7,86	2,70	1	2,30	18,92
	9,26	2,70	1	9,89	15,11
B13	4,85	2,70	2		26,19
	3,35	2,70	1		9,05
	3,50	2,70	5		47,25
	3,45	2,70	2		18,63
	2,60	2,70	1		7,02
	3,30	2,70	2		17,82

Tablo 3.28'in devamı

	1,50	2,70	1		4,05
	1,65	2,70	1		4,46
	3,55	2,70	5		47,93
	3,00	2,70	1		8,10
	3,40	2,70	4		36,72
	4,33	2,70	1		11,69
	4,50	2,70	1		12,15
	4,65	2,70	1		12,56
	4,37	2,70	1		11,80
	1,60	2,70	1		4,32
	1,28	2,70	2		6,91
	1,03	2,70	2		5,56
	2,18	2,70	1		5,89
	3,48	2,70	1		9,40
	0,89	2,70	1		2,40
	2,10	2,70	1		5,67
	2,54	2,70	1		6,86
	1,32	2,70	1		3,56
	4,28	2,70	1		11,56
	4,40	2,70	1		11,88
	3,02	2,70	1		8,15
	1,95	2,70	1		5,27
	1,20	2,70	1		3,24
	1,48	2,70	1		3,40
B12	3,25	2,70	2		17,55
	3,95	2,70	2		21,33
	3,55	2,70	4		38,34
	5,75	2,70	1		15,53
	6,50	2,70	1		17,55
	4,85	2,70	2	1,92	24,27
	3,40	2,70	2		9,18
	7,15	2,70	1		19,31
	3,95	2,70	2		21,33
	4,35	2,70	2		23,49
	4,50	2,70	2		24,30
	4,75	2,70	2		25,65
	3,37	2,70	4		36,40
	2,92	2,70	1		7,88
	2,77	2,70	1		7,48
	3,40	2,70	2		18,36
	2,90	2,70	1		7,83
	3,08	2,70	1		8,32
	4,23	2,70	2		22,84
	3,37	2,70	2		18,20
	3,50	2,70	4		37,80
	4,95	2,70	1		13,37
	4,10	2,70	1		11,07
	2,56	2,70	1		6,90
	5,50	2,70	1		14,85
Z01	4,05	2,70	4		10,94
	4,28	2,70	4	12,20	34,02
	2,53	2,70	2	6,10	7,56
	3,50	2,70	4		37,80
	4,28	2,70	2	6,10	17,01
Z02	5,05	2,70	4	4,14	50,40

Tablo 3.28'in devamı

	4,35	2,70	8	7,84	86,12
	4,50	2,70	4	1,96	46,64
Z03	4,95	2,70	8	19,32	87,60
	3,85	2,70	4	3,92	37,66
	3,10	2,70	4	3,92	29,56
Z04	2,60	2,70	8	7,04	49,12
	3,40	2,70	8		73,44
Z05	3,25	2,70	8	7,84	62,36
	4,95	2,70	8	9,02	97,90
Z06	3,40	2,70	8	1,00	72,44
	2,48	2,70	8	8,28	45,29
Z07	2,10	2,70	8	17,48	27,88
	1,75	2,70	8		37,80
Z08	1,55	2,70	8	1,00	32,48
	1,80	2,70	8	8,28	30,60
Z10	1,40	2,70	6	8,28	14,40
	9,26	2,70	4	35,88	64,13
	2,60	2,70	4	9,20	18,88
	1,40	2,70	6	9,20	13,48
	1,20	2,70	4	4,14	8,82
	7,86	2,70	3	6,90	56,77
	4,65	2,70	1		12,56
	3,65	2,70	2		19,71
	1,60	2,70	1		4,32
T01	4,28	2,70	80	244,00	680,48
	5,05	2,70	40		545,40
	4,50	2,70	40		486,00
T02	5,05	2,70	40	41,40	504,00
	4,35	2,70	80	48,40	891,20
	4,50	2,70	40	41,40	444,60
T03	3,85	2,70	40	39,20	376,60
	4,95	2,70	80	239,20	830,00
	3,10	2,70	40	39,20	295,60
T04	2,60	2,70	80	170,40	391,20
	3,40	2,70	80		734,40
T05	3,25	2,70	80	78,40	623,60
	4,95	2,70	80	92,00	977,20
T06	3,40	2,70	80	10,00	724,40
	2,48	2,70	80	82,80	452,88
T07	1,75	2,70	80		378,00
	2,10	2,70	80	174,80	278,80
T08	1,55	2,70	80		334,80
	1,80	2,70	80	92,80	296,00
T10	1,40	2,70	80	174,80	127,60
	2,60	2,70	40	92	278,80
	1,20	2,70	40	82,80	46,80
	7,86	2,70	40	92,00	756,88
	9,26	2,70	40	266,80	733,28
Toplam					14064,49

Tablo 3.29. Geleneksel kalıp sistem dış sıva hesabı

Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Adet	Bina dış yüzey alanı m ²
28,61	30,55	2	1748,07
20,30	30,55	2	1240,33
Toplam bina dış yüzey alanı			2988,40

Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Adet	Pencere boşlukları m ²
1,40	1,40	220	431,20
2,30	1,60	44	161,92
2,34	1,39	1	3,25
1,60	1,20	7	13,44
0,80	2,30	1	1,84
Toplam pencere boşluğu			611,65
Toplam dış sıva alanı 2988,40-611,65=2376,75 m²			

Tablo 3.30. Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin sıva maliyeti açısından karşılaştırılması

Poz No	Yapım Sistemi	Toplam alan (m ²)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Birim Fiyat (TL)
27.525	Tünel Kalıp	10839,19	11,33	122808.02
27.560/3 Dış Sıva	Tünel Kalıp	1532.51	6,49	9945.99
Tünel Kalıp Sistem Sıva Maliyeti				132754.01
27.532 İç Sıva	Geleneksel Sistem	14064,49	9,74	136988,13
27.560/3 Dış Sıva	Geleneksel Sistem	2376,75	6,49	15425,11
Geleneksel Sistem Sıva Maliyeti				152413,24

3.11. Isı ve Ses Yalıtım Maliyeti

Örnek olarak alınan projede ısı ve ses yalıtımı için XPS yalıtım malzemesi kullanılmıştır. XPS taş yünü esaslı bir malzemedir. 3 cm'lik malzemenin ısı geçirgenlik direnci 0,75 m²K/W' dır. Projede binanın dış yüzeyine gelen duvarlara uygulanmıştır. Tablo 3.33.' de her iki sistem için yalıtım maliyet hesabı verilmiştir.

3.11.1. Tünel kalıp sistem ısı ve ses yalıtım hesabı

Tablo 3.31. Tünel kalıp sistemde ısı ve ses yalıtım hesabı

Mahal No	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Kapı ve Pencere Boşlukları	1 Kattaki Mahal Adedi	Kat Adedi	Toplam m ²
B10	3,10	2,65		1	1	8,25
B10	2,09	2,65	2,00	1	1	3,54
B09	1,10	2,65		2	1	5,83
B09	3,26	2,65	2,00	1	1	6,64
B08	3,30	2,65		1	1	8,75
B08	4,20	2,65	2,00	1	1	9,13
B07	1,50	2,65		1	1	3,98
B07	4,76	2,65	3,25	1	1	9,36
B07	0,90	2,65		1	1	2,39
B06	2,54	2,65	2,00	1	1	4,73
B03	0,90	2,65		1	1	2,39
B03	0,74	2,65		1	1	1,96
B03	5,82	2,65		2	1	30,85
B03	1,37	2,65		1	1	3,63
Z12	3,02	2,65	8,00	4	1	24,01
Z11	1,10	2,65		8	1	23,32
Z11	3,26	2,65	8,00	4	1	26,56
Z10	3,30	2,65		4	1	34,98
Z10	4,20	2,65	8,00	4	1	36,52
Z08	1,5	2,65		4	1	15,90
Z08	4,76	2,65	16,29	4	1	34,17
Z07	3,91	2,65		2	1	20,72
Z07	4,57	2,65		2	1	24,22
Z03	5,82	2,65		2	1	30,85
Z03	1,37	2,65		1	1	3,63
Z16	3,80	2,65		2	1	20,14
1.112	3,02	2,65	8,00	4	1	24,01
1.111	1.10	2,65		8	1	23,32
1.111	3,26	2,65	8	4	1	26,56
1.110	3,30	2,65		4	1	34,98
1.110	4,20	2,65	8,00	4	1	36,52
1.108	1,50	2,65		4	1	15,90
1.108	4,76	2,65	16,29	4	1	34,17
1.107	3,83	2,65		2	1	20,30
1.107	5,01	2,65		2	1	26,55
1.103	5,82	2,65		2	1	30,85
1.103	1,37	2,65		1	1	3,63
1.16	5,93	2,65		2	1	31,43
T12	3,02	2,65	64	4	8	192,09
T11	1.10	2,65		8	8	186,56
T11	3,26	2,65	64	4	8	212,45
T10	3,30	2,65		4	8	279,84
T10	4,20	2,65	64	4	8	292,16

Tablo 3.31' in devamı

T08	1,50	2,65		4	8	127,20
T08	4,76	2,65	130,29	4	8	273,36
T07	3,83	2,65		4	8	324,78
T07	3,91	2,65		2	8	165,78
T03	5,82	2,65		2	8	246,77
T03	1,37	2,65		1	8	29,04
T16	7,38	2,65		2	8	312,91
TOPLAM XPS (MANTOLAMA) YALITIM						3347,61

3.11.2. Geleneksel kalıp sistem ısı ve ses yalıtım hesabı

Tablo 3.32. Geleneksel kalıp sistem ısı ve ses yalıtım hesabı

Mahal No	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Kapı ve Pencere Boşlukları	1 Kattaki Mahal Adedi	Kat Adedi	Toplam m ²
B01	4,26	2,70	1,92	1	1	9,58
B02	4,45	2,70	1,92	1	1	10,09
B02	1,00	2,70		1	1	2,70
B03	5,40	2,70	1,92	1	1	12,66
B03	4,00	2,70		1	1	10,80
B04	2,75	2,70	1,92	1	1	5,51
B05	6,90	2,70	1,92	1	1	16,71
Z01	4,26	2,70		1	1	11,50
Z02	4,26	2,70	7,84	4	1	43,57
Z03	1,00	2,70		4	1	10,80
Z03	4,45	2,70	7,84	4	1	40,22
Z04	5,40	2,70	14,72	4	1	43,60
Z04	4,07	2,70	7,84	4	1	36,12
Z05	2,71	2,70	7,84	4	1	21,43
Z06	3,59	2,70	7,84	4	1	30,93
T01	4,26	2,70	70,56	4	9	343,51
T02	4,45	2,70	70,56	4	9	361,98
T03	5,40	2,70	132,48	4	9	392,40
T03	4,11	2,70	70,56	4	9	328,93
T04	2,67	2,70	70,56	4	9	188,96
T05	3,59	2,70	70,56	4	9	278,39
TOPLAM XPS (MANTOLAMA) YALITIM						2200,39

Tablo 3.33. Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin ısı ve ses yalıtım maliyeti açısından karşılaştırılması

Poz No	Yapım Sistemi	Alan (m ²)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Birim Fiyat (TL)
04.734/B16A	Tünel Kalıp Sistem	3347,61	11,22	37553,34
04.734/B16A	Geleneksel Sistem	2200,39	11,22	24688,38

3.12. Bodrum Kat Su Yalıtım Maliyeti

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

Örnek olarak projede uygulanmıştır. Su yalıtım malzemesi olarak membran kullanılmıştır. Bu malzeme toprak altında olan yerlere uygulanır. Her iki sistemde de su yalıtım maliyeti ayrı ayrı hesaplanmıştır. Tablo 3.36.'da su yalıtım maliyeti verilmiştir.

Tablo 3.34. Tünel kalıp sistem bodrum kat su yalıtım hesabı

Genişlik	Uzunluk	Adet	Toplam m2
23,10	28.10	1	649,11
23.10	2,42	2	111,80
28.10	2.42	2	136,00
Toplam Su Yalıtımı			896,91

Tablo 3.35. Geleneksel sistem bodrum kat su yalıtım hesabı

Genişlik	Uzunluk	Adet	Toplam m2
21,95	30,05	1	659,60
21,95	2,42	2	106,24
30,05	2,42	2	145,44
Toplam Su Yalıtımı			911,28

Tablo 3.36. Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin bodrum kat su yalıtım maliyeti

Poz No	Yapım Sistemi	Yapılan İş	Toplam alan (m ²)	Birim Fiyat (TL)	İşçilik (m2)	Toplam Fiyat (TL)
SPF.	Tünel Kalıp	Bodrum Kat Su Yalıtımı	896,91	7	4	9866,01
	Geleneksel kalıp	Bodrum Kat Su Yalıtımı	911,28	7	4	10024,08

3.13. Tünel Kalıp Sistem ile Geleneksel Kalıp Sistemin Maliyet Karşılaştırması

Yapılan hesaplar sonucunda iki yapım sistemi arasında, birim fiyatlara göre karşılaştırma yapılmıştır. (tablo 3.37)

Tablo. 3.37. Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin maliyet açısından karşılaştırılması

TÜNEL KALIP SİSTEM MALİYETİ		GELENEKSEL KALIP SİSTEM MALİYETİ	
YAPILAN İŞİN CİNSİ	TUTAR (TL)	YAPILAN İŞİN CİNSİ	TUTAR (TL)
KAZI VE DOLGU MALİYETİ	26380,17	KAZI VE DOLGU MALİYETİ	17953,22
TEMEL İNŞAATI	169318,40	TEMEL İNŞAATI	162553,90
KALIP	600754,40	KALIP	38545,37
HASIR ÇELİK, DEMİR	162151,31	DEMİR	220530,80
BETON	226738,68	BETON	200867,31
DUVAR	53546,59	DUVAR	92628,48
SIVA	132754,01	SIVA	152413,24
ISI VE SES YALITIMI	37553,34	ISI VE SES YALITIMI	24688,38
BODRUM KAT SU YALITIMI	9866,01	BODRUM KAT SU YALITIMI	10024,08
TOPLAM MALİYET	1419062,91	TOPLAM MALİYET	920204,78
FARK			498858,13

Tablo 3.37.' de verilen maliyetler, her iki sistem arasındaki kıyası göstermektedir bina sayısı arttıkça bu maliyet arasındaki farkın azalacağını söyleyebiliriz. Yapılan bu çalışma Ankara' da toki prestij konutları Eskişehir yolu üzeri 17. km de bulunmaktadır.

Bina sayısı arttıkça tünel kalıp sistemin maliyetinin düşeceği, geleneksel sistemdede değişmeyeceğini söyleyebiliriz. Tünel kalıp sistemindeki kalıpların yüzlerce defa kullanıldığı düşünüldüğünde toplu konut uygulamalarında tünel kalıp sistemi kullanılmasının avantajı ortaya çıkmaktadır. Eğer tünel kalıp sistemdeki kalıpları satın almayıp taşeron firmaya yaptırırsak ilk maliyetin düştüğünü tablo 3.38’de görebiliriz

Tablo. 3.38. Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin maliyet açısından karşılaştırılması

TÜNEL KALIP SİSTEM MALİYETİ		GELENEKSEL KALIP SİSTEM MALİYETİ	
YAPILAN İŞİN CİNSİ	TUTAR (TL)	YAPILAN İŞİN CİNSİ	TUTAR (TL)
KAZI VE DOLGU MALİYETİ	26380,17	KAZI VE DOLGU MALİYETİ	17953,22
TEMEL İNŞAATI	169318,40	TEMEL İNŞAATI	162553,90
KALIP	202339,70	KALIP	38545,37
HASIR ÇELİK, DEMİR	162151,31	DEMİR	220530,80
BETON	226738,68	BETON	200867,31
DUVAR	53546,59	DUVAR	92628,48
SIVA	132754,01	SIVA	152413,24
ISI VE SES YALITIMI	37553,34	ISI VE SES YALITIMI	24688,38
BODRUM KAT SU YALITIMI	9866,01	BODRUM KAT SU YALITIMI	10024,08
TOPLAM MALİYET	1020648,21	TOPLAM MALİYET	920204,78
FARK			100443,43

3.14. Tünel Kalıp Sistem ile Geleneksel Kalıp Sistemin İnşaat Süresi Açısından Karşılaştırılması

İki sistem arasında zaman açısından genel olarak bir karşılaştırma yapıldığında tablo 3,38 deki sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Tabloda görülen %80 zaman tasarrufunun ayrıca kaba inşaatın maliyetinin de düşmesinde büyük bir faktör olduğu unutulmamalıdır. Son zamanlarda hızla artan nüfus sayısının acilen üretilmesi gereken konutlarla karşılanması gerektiğini düşünürsek zamanın ne kadar önemli olduğunu daha iyi anlamamızı sağlar.

Tablo 3.39. Tünel kalıp sistem ile geleneksel kalıp sistemin inşaat süresi açısından karşılaştırılması

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

Görüldüğü gibi hem zaman açısından hem kalite açısından çok tekrarlı işlerde de maliyet açısından avantajlı görülen sistem olarak kabul edeceğimiz tünel kalıp sistemin gün geçtikçe yaygınlaştığını ve her yerde karşımıza çıktığını görmekteyiz.

BÖLÜM 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında tünel kalıp sistemler hakkında genel bilgi verilmiş, kullanılan malzeme ve elemanların genel özelliklerinden bahsedilmiş, geliştirilmiş uygulama yöntemleri ve günlük döküm işlemleri anlatılmıştır. Tünel kalıp sistemi ile geleneksel kalıp sistem arasında mukayese yapılarak gerekli veriler elde edilmiştir.

Günümüzde hızlı nüfus artışı ve buna bağlı olarak en temel ihtiyaçlardan biri olan barınma ihtiyacının karşılanması amacı bir sorun olarak ortaya çıkmış mevcut yapım sistemleri yetersiz kaldığı için konut üretiminde farklı arayışlara yönelmiş tünel kalıp sisteminin önemi artmıştır.

Tünel kalıp sistemin taşıyıcı duvarları ve döşemelerinin bütün halinde ve tek bir işlemle dökülmesiyle monolitik bir yapı elde edilmekte ve kullanılan temiz ve pürüzsüz kalıplar sayesinde düzgün beton yüzeyleri meydana gelmektedir. Buda boya kaplama sıva işlemleri sırasında süreden ve paradan ekonomi sağlamaktadır.

Yapılacak olan konutlarda tünel kalıp sistem mi yoksa geleneksel kalıp sistem mi yapılmasına karar verilmesinde göz önünde bulundurulması gereken şartlar vardır bu şartları inceleyip yapım yöntemine karar verilmesi gerekmektedir.

Tünel kalıp sistemlerin pahalı ön yatırımlar gerektirdiği fakat uzun vadede bu kalıpların defalarca kullanılma avantajı maliyeti ve inşaat süresini düşürmektedir. Tünel kalıp sistemler her yerde rahatça kullanılmaması dezavantajdır. Çünkü tünel kalıp sistemlerin kullanılması için kule vinçlere ihtiyaç vardır kule vinçlerin kurulma ve çalışma sahasında geniş yer kapladığı için her yerde rahat bir şekilde kullanılamaz.

Yapılan çalışmanın sayısal verilerine bakıldığında tünel kalıp sisteminde geleneksel kalıp sisteminde avantajlarını ve dezavantajlarını ayrı ayrı görebiliriz. Ama bu verilerde en büyük farkın kalıp maliyetini oluşturduğunu görmekteyiz buda bir sefere mahsus olduğu için tekrarında bizi o maliyetten kurtarır. Yani tünel kalıp sistemde kalıbı satın alırsak bir defaya mahsus var olan maliyeti, minimum 500 defa kullanabildiğimiz için karımızı yükseltecektir, eğer satın almayı kiralayarak yaptırırsak, tünel kalıp sistemin maliyetinin düştüğünü ama geleneksel kalıp sistemine oranla yine yüksek olduğunu görürüz. O yüzden tünel kalıp sistemlerde tekrar eden ve sürekliliği olan işlerde satın almak daha avantajlıdır.

Ayrıca inşaat süresinide göz önünde bulunduracak olursak anaparanın uzun süre bağlı kalmasını önlemiş ve acele yetiştirilmesi gereken işlerinde zamanında bitirilmesini sağlamış olduğumuz için büyük avantaj elde ederiz. Yani sürekli konut üreten şirketlerin tünel kalıpla karlarını yükselteceğini, kaliteli binalar elde edeceklerini söyleyebiliriz.

KAYNAKLAR

- [1] YURTSEVEN, E., "Toplu Konut Olayı ve Beşiktaş, Şişli, Sarıyer' de 1980 Sonrası Uygulamalar", Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1990.
- [2] KÜRKLÜ, G., AKBULUT, H., "Tüm Yönleriyle Beton ve Betonarme Kalıpları", Teknik Yayınevi, ISBN: 975-523-026-2, s. 136-172, Eylül, 2003.
- [3] KILCAL, T., "Tünel Kalıpla İnşa Edilen Yapıların Tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, İstanbul, 2006.
- [4] ALTAN, M., Betonarme elemanlarda kalıp (1. baskı). İstanbul: İ.T.Ü. İnşaat fakültesi matbaası. 1992.
- [5] KÜRKLÜ, G., ve AKBULUT, H., Tüm yönleriyle beton ve betonarme kalıpları (1.baskı). Ankara: Teknik Yayınevi. 2004.
- [6] BALKABAK, İ., "Seri Kalıp Teknolojisinde Tünel Kalıp Sistemler ve Genel Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 1998.
- [7] ŞİMŞEK, H., "Çok Katlı Yapılarda Tünel Kalıp Uygulaması Ve Bu Yapıların Projelendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2001.
- [8] ESER, L., Yerinde Yapım Endüstrileşmiş Yapı 3, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1981.
- [9] PAÇACI, O., Konut Üretiminde Tünel Kalıp Teknolojisi, Yapı Endüstri Merkezi Sayı 51, 1985.
- [10] ERBİL, Y., Toplu Konutlarda Tünel Kalıp Uygulamaları, Dünya İnşaat Dergisi Sayı 2, 2005.
- [11] ÇELEBİOĞLU, M.C., Tünel Kalıp Sistemine Göre Tasarlanan Perdeli Yapılar ve Perdeli Yapıların Farklı Modelleme Yöntemleriyle Çözülmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2004.

- [12] BULGU, N.N., “Tünel Kalıpla İnşa Edilen Binaların Deprem Yükleri Etkisindeki Davranışının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
- [13] GÜLTEK, M., “Türkiye’de uygulanmakta olan toplu konutlardaki kalıp teknolojileri ve tünel kalıp”, Gazi Üniversitesi: Yüksek Lisans Tezi, 1989.
- [14] BENLİ, N., “Çok Katlı Yüksek Yapılarda Kullanılan Kalıp Sistemlerinin İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2005.
- [15] CANBEK, F., “Tünel kalıp teknolojilerinde tasarım kısıtları”, Gazi Üniversitesi: Yüksek Lisans Tezi, 1996.
- [16] CELEP, Z. ve KUMBASAR, N., Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul, 2005.
- [17] ÖZDEN, K. ve KUMBASAR, N., Betonarme Yüksek Binalar, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul. 1993.
- [18] AKKUZU, Z., “Tünel kalıp yapım yöntemi ile üretilmiş toplu konutlarda kullanıcı gereksinimlerinin yerine getiriliş özelliklerinin incelenmesi”, İ.T.Ü: Yüksek Lisans Tezi, 1987.
- [19] Mesa İmalat, Tünel Kalıp, Firma Broşürleri
- [20] KORUR, S., “Tünel Kalıp Sistemi Uygulamalarında Karşılaşılan Teknik Sorunlar ve Üretilen Çözümlerin İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Anabilim Dalı, Selcuk Üniversitesi, Konya, 2004.
- [21] SÜMER, Y., “ Deprem Etkisindeki Tünel Kalıp Sistemli Yapılar İçin Karşılaştırmalı Sistem Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2003.
- [22] MEMİŞ, T. A., “Betonarme Yapılarda Kullanılan Klasik Ve Modern Kalıp Sistemleri Ve Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2004.
- [23] BALKABAK, İ., FIRAT, S., APAY, A., “Tünel Kalıp Sistemlerin Yapısal Özellikleri ve Toplu Konutlardaki Yapısal Sorunların İrdelenmesi”, 2000.
- [24] BOYACI, A., “Tünel Kalıp Sistemiyle Çok Katlı Toplu Konut Üretiminde Tasarım Kısıtlamaları Üzerine Bir Araştırma” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1990.

- [25] ŞAHİN, T., “Tünel Kalıp Teknolojisinin Konut Planlamasına Uyabilirligi Üzerine Bir Araştırma” Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1999.
- [26] KARTAL, A., “Proje Planlama ve Kontrol Tekniklerinin İnşaat Maliyet Muhasebesi İle Uyumlaştırılması”, Anadolu Üniversitesi Basımevi, ISBN: 975-492-285-3, Eskişehir, 1992.
- [27] AYDIN, E., “Konut Projelerindeki Tünel Kalıp Teknolojisinin Maliyet Açısından Geleneksel Yöntemlerle Karşılaştırılması” Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2005.

EKLER

EK A Kocaeli-Gebze'de 536 adet konut projesi

Kocaeli'nin Gebze ilçesinde Toki tarafından yapılan binaların, projesi ve resimleri gösterilmektedir. Yapımı devam eden proje toplam 14 Blok ve 536 adet daireden oluşmaktadır. Projede kat planları, kesitler ve görünüşler ayrı ayrı verilmiş, açıklamaları yazılmış ve yapımı devam eden projeye ilgili çeşitli resimler konulmuştur.

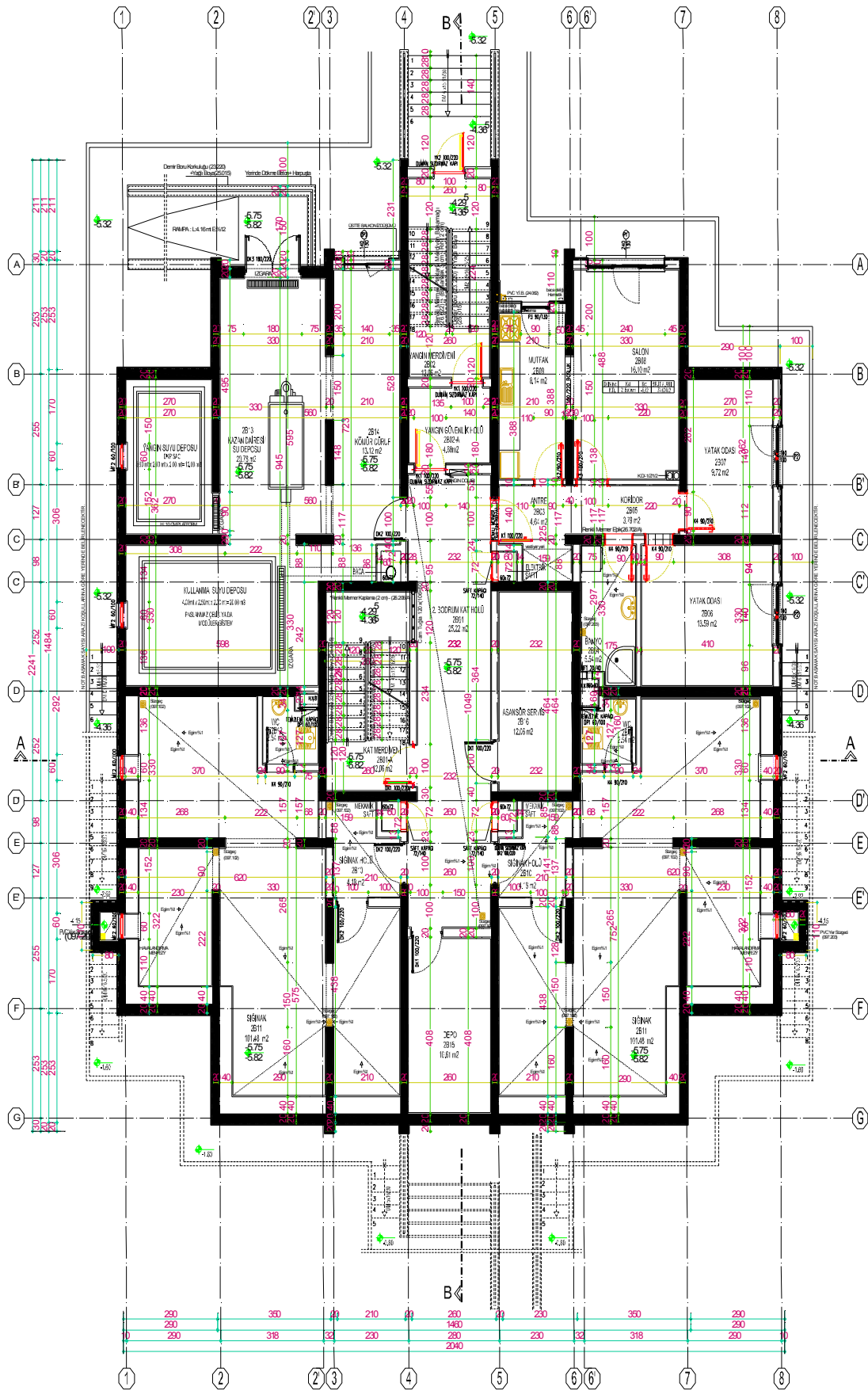


Şekil Ek A.1. Tünel kalıp sistem uygulaması

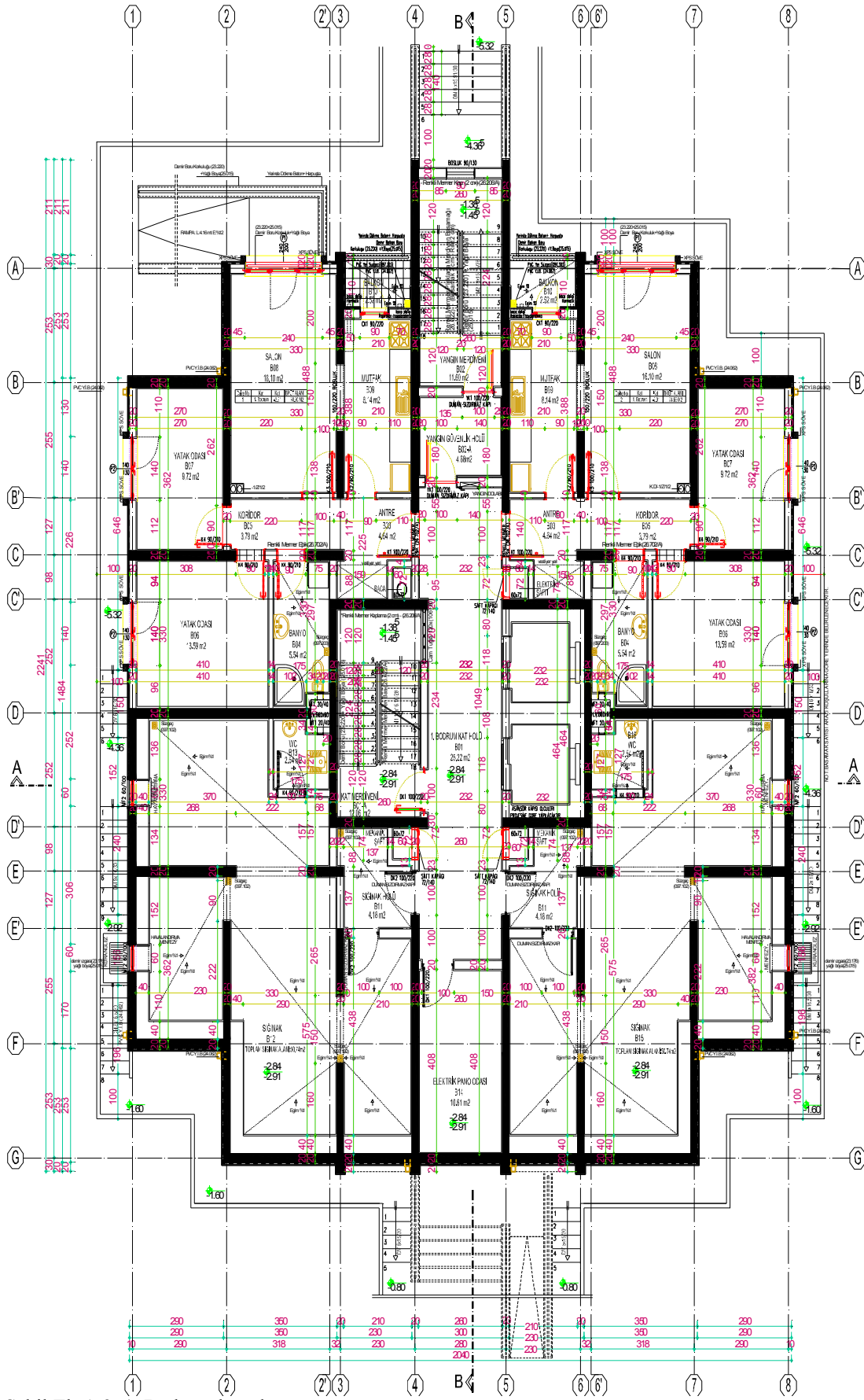
Şekil ek A. 2 (-5.82 kotu), şekil ek A. 3 (-2.91 kotu), şekil ek A. 4 (± 0.00 kotu), şekil ek A. 5 (+2.91 kotu), şekil ek A. 6 (+5.82 kotu), şekil ek A. 7, şekil ek A. 8 (+23.28 kotu), şekil ek A. 9 (+26.19 kotu), şekil ek A. 10' da görülen kat planları 1/50 ölçeğindedir. Kat planlarında mahallerin isimleri yazılıp alanları belirtilmiştir. Kat planlarında kapı pencere v.s elemanların ölçüleri ve yerleri belirtilip, taşıyıcı kısımların içleri koyu olarak gösterilmiştir. Mutfak, banyo, wc gibi hacimlerde bütün tezgâhlar, lavabo, eviye, banyo ve duş tekneleri, pisuvar ve wc taşları çizilmiştir. Tünel kalıpların çıkış yönleri belirlenmiş, taşıyıcı sistemin geleneksel sistemden farklı bir şekilde olduğu perde duvarlar görülmektedir.

Şekil ek A.11'de A-A kesiti ve şekil ek A. 12' de B-B kesiti olmak üzere 1/50 ölçeğinde iki kesit gösterilmiştir. Kesitin geçtiği yerdeki mahallerin kodları verilmiş, drenaj sistemi gösterilip malzeme açılımı yapılmıştır. Bodrum döşeme ve duvarlarında yalıtım belirtilmiştir. Geleneksel sistemde görülen ıslak zeminlerdeki düşük döşeme tünel kalıp sistemlerde görülmemektedir. Cephelerde yapılması gereken işlemler açıklamalı bir şekilde yazılmıştır. Çatı konstrüksiyonu gerçek şekil ve ölçüleri ile detaylarına uygun olarak çizilmiş, kullanılan bütün malzemelerin isim ve ölçüleri ile derelerin, mahyaların, asansör ve diğer çıkıntıların, bacaların kotları yazılmıştır.

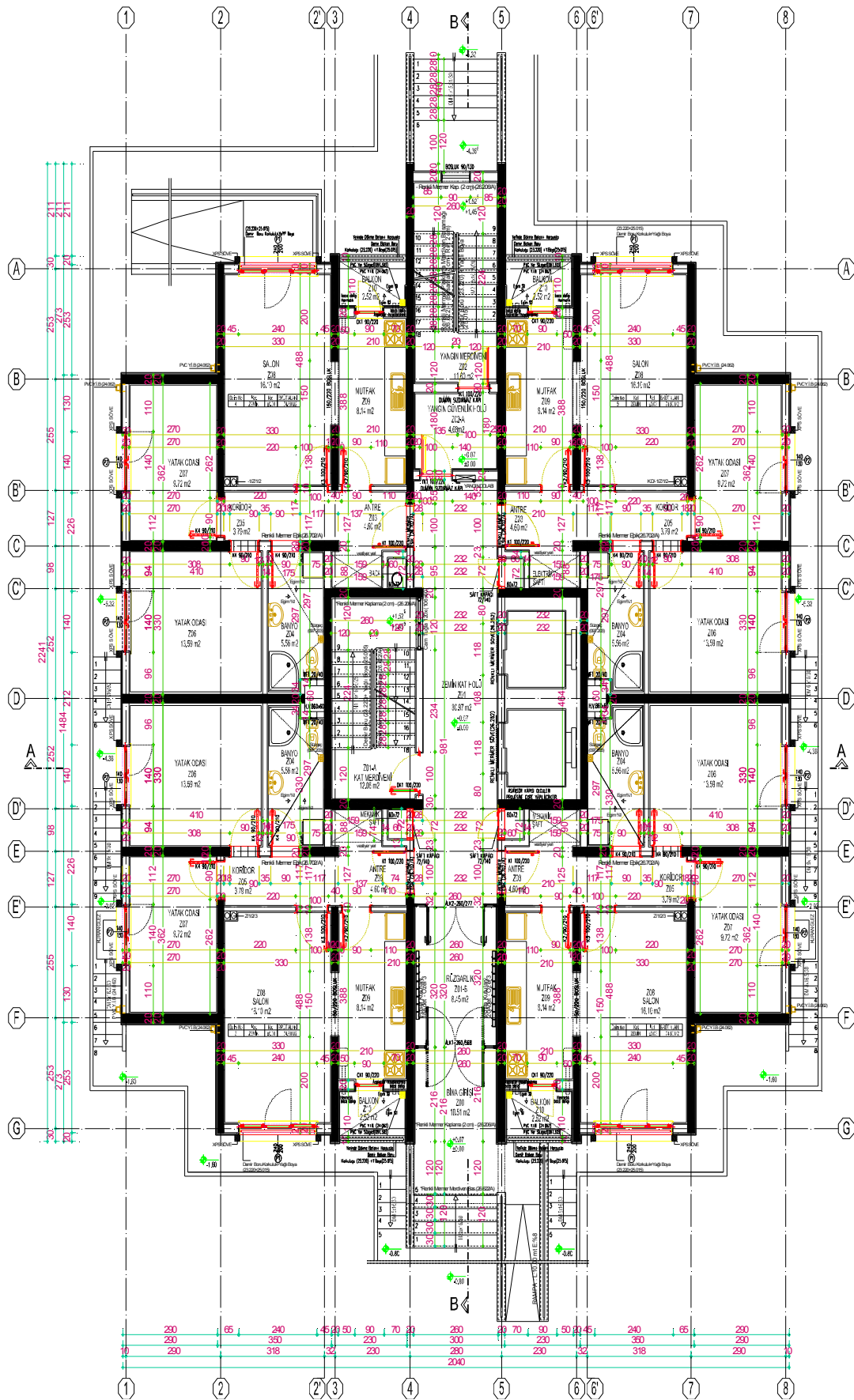
Şekil ek A.13, şekil ek A.14, şekil ek A.15, şekil ek A.16'da görülen görünüşler 1/50 ölçeğindedir. Cephe kaplama malzemesi yağmur olukları belirtilmiş, kapı ve pencere görünüşleri korkulukları çizilmiş açılan kanatlar işaretlenmiştir. Saçaklar, balkonlar, döşeme denizlik altı, lento altı, baca ve çıkıntılara kot verilmiş, plan ve kesitlerde gösterilmeyen ölçüler yazılmıştır.



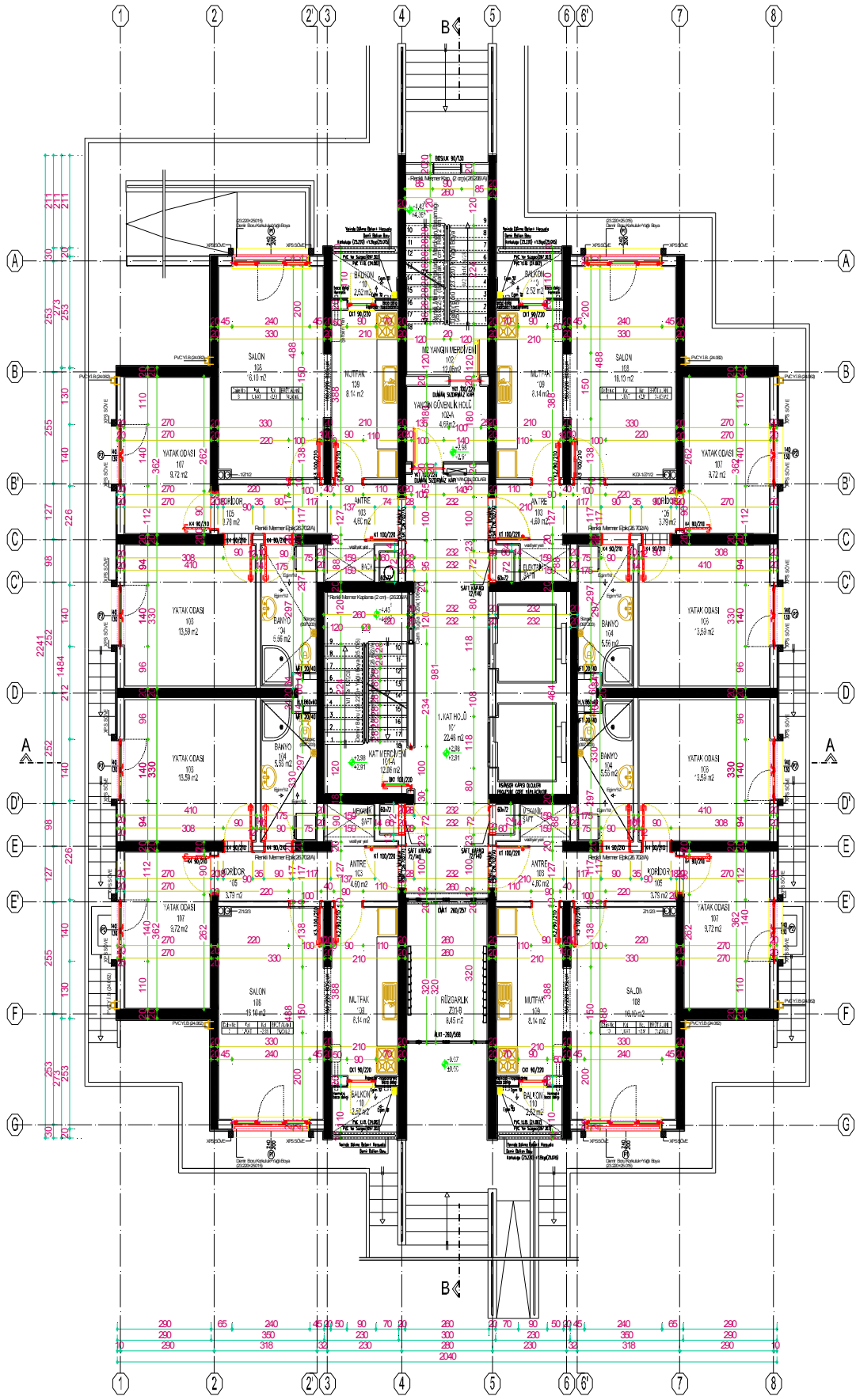
Şekil Ek A.2. 2. Bodrum kat planı



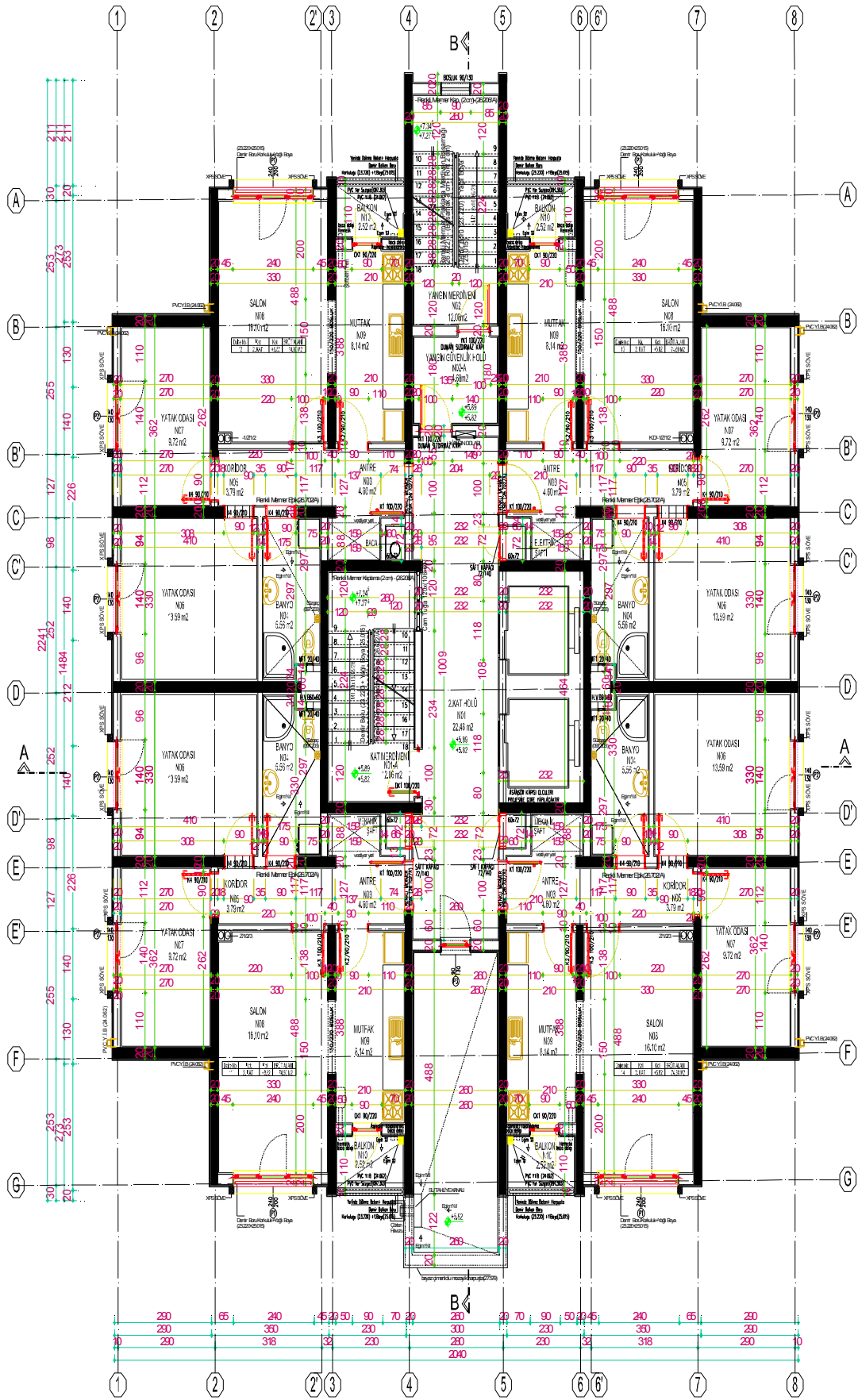
Şekil Ek A.3. 1. Bodrum kat planı



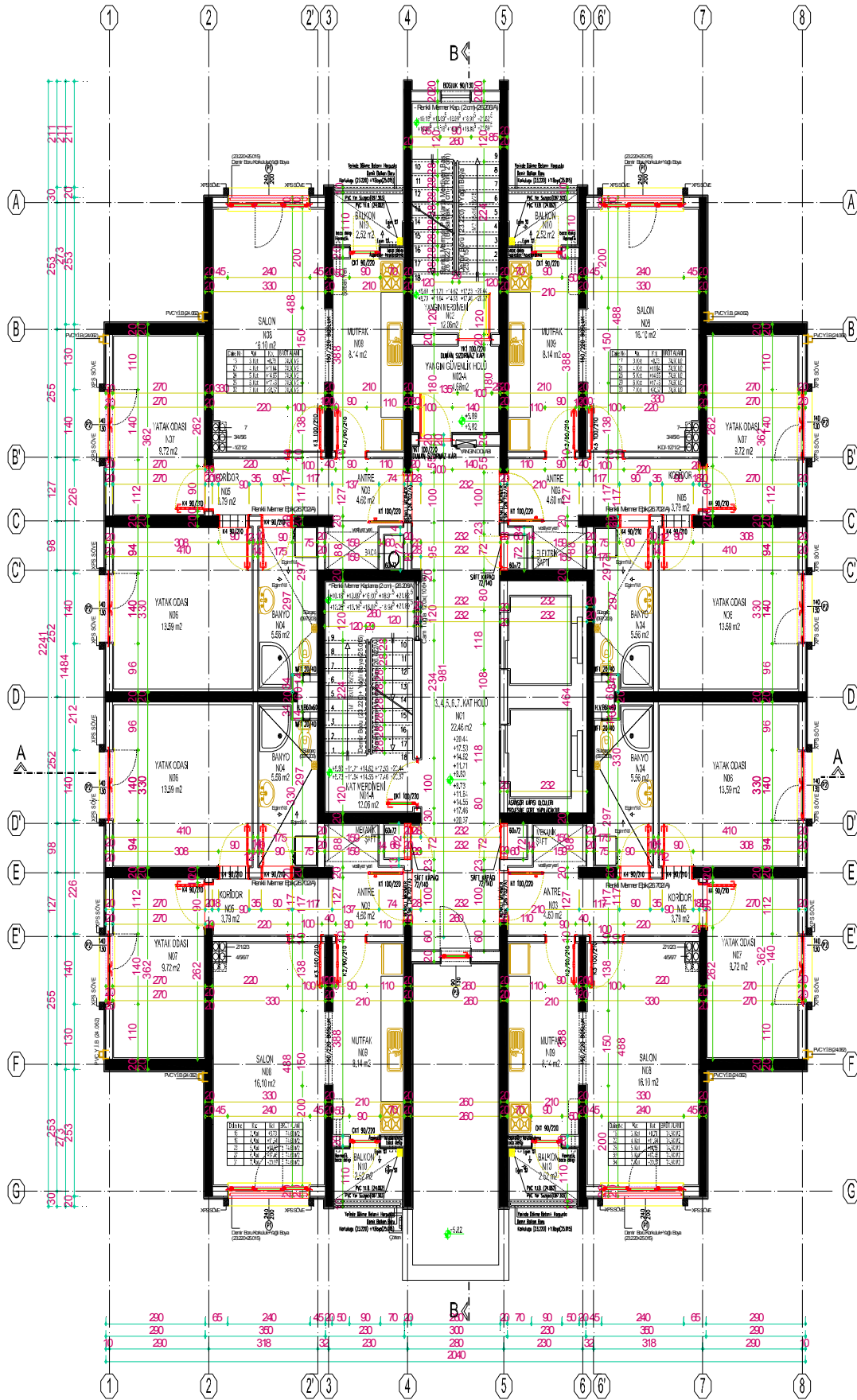
Şekil Ek A.4. Zemin kat planı



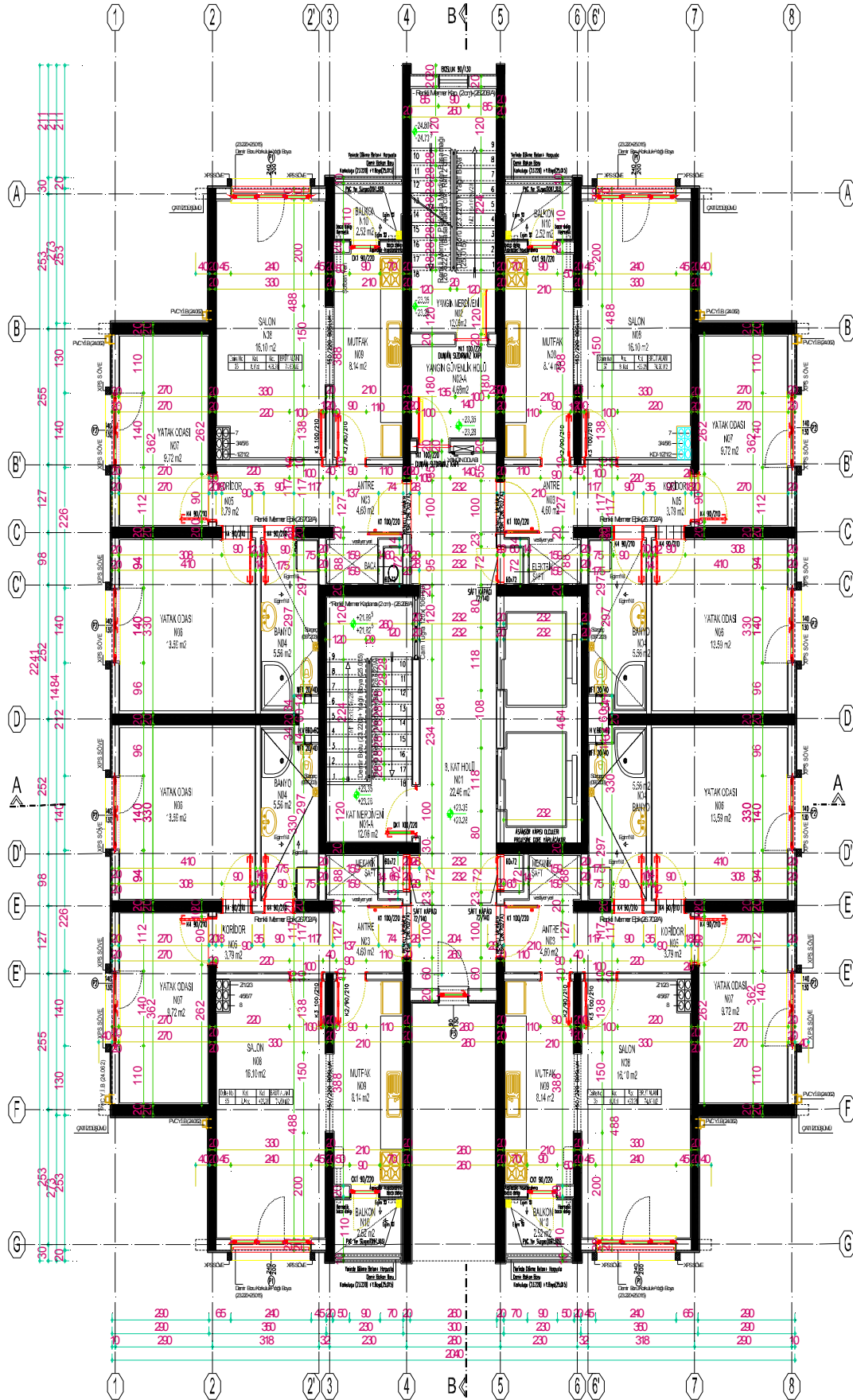
Şekil Ek A.5. 1. Kat planı



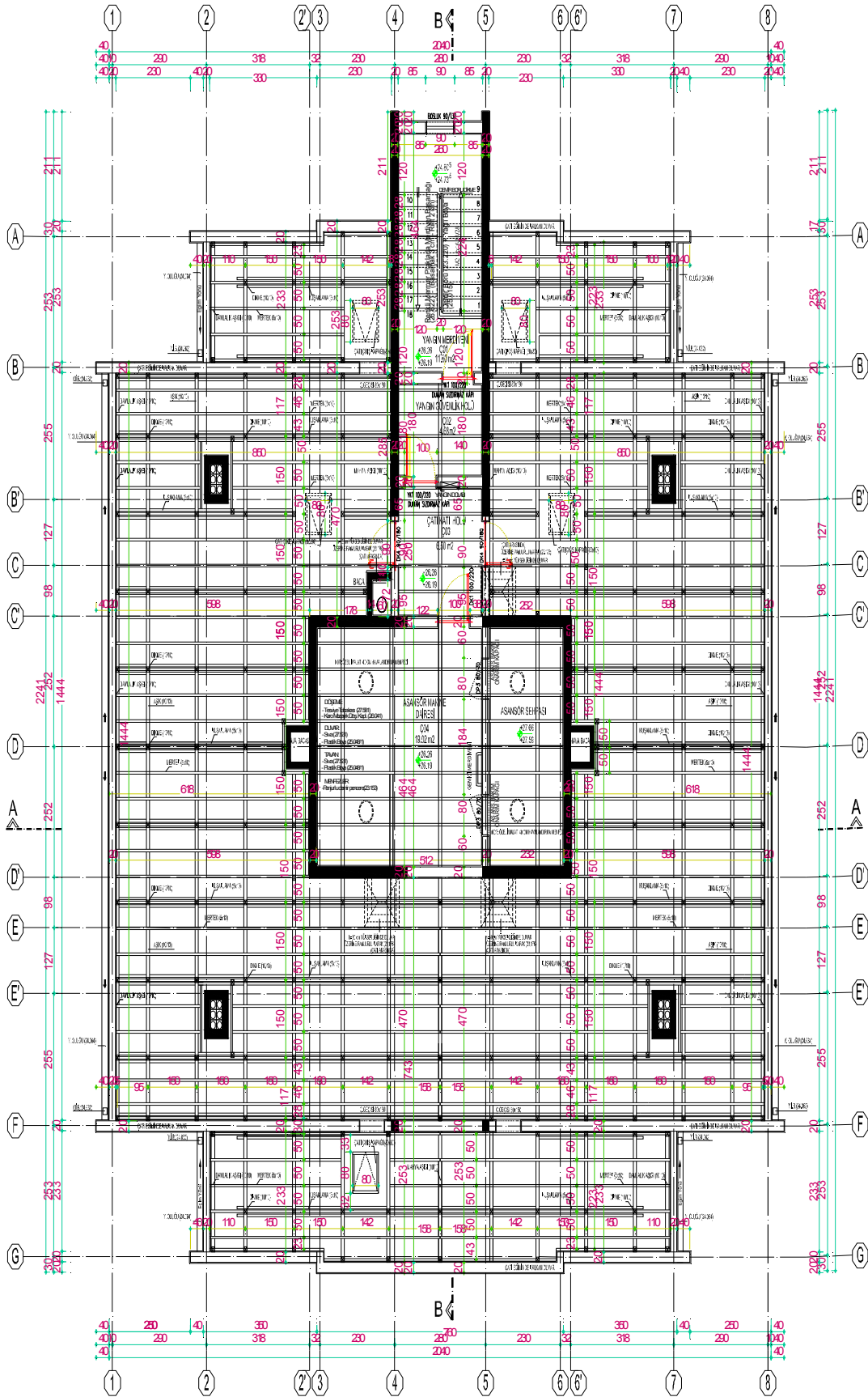
Şekil Ek A.6. 2. Kat planı



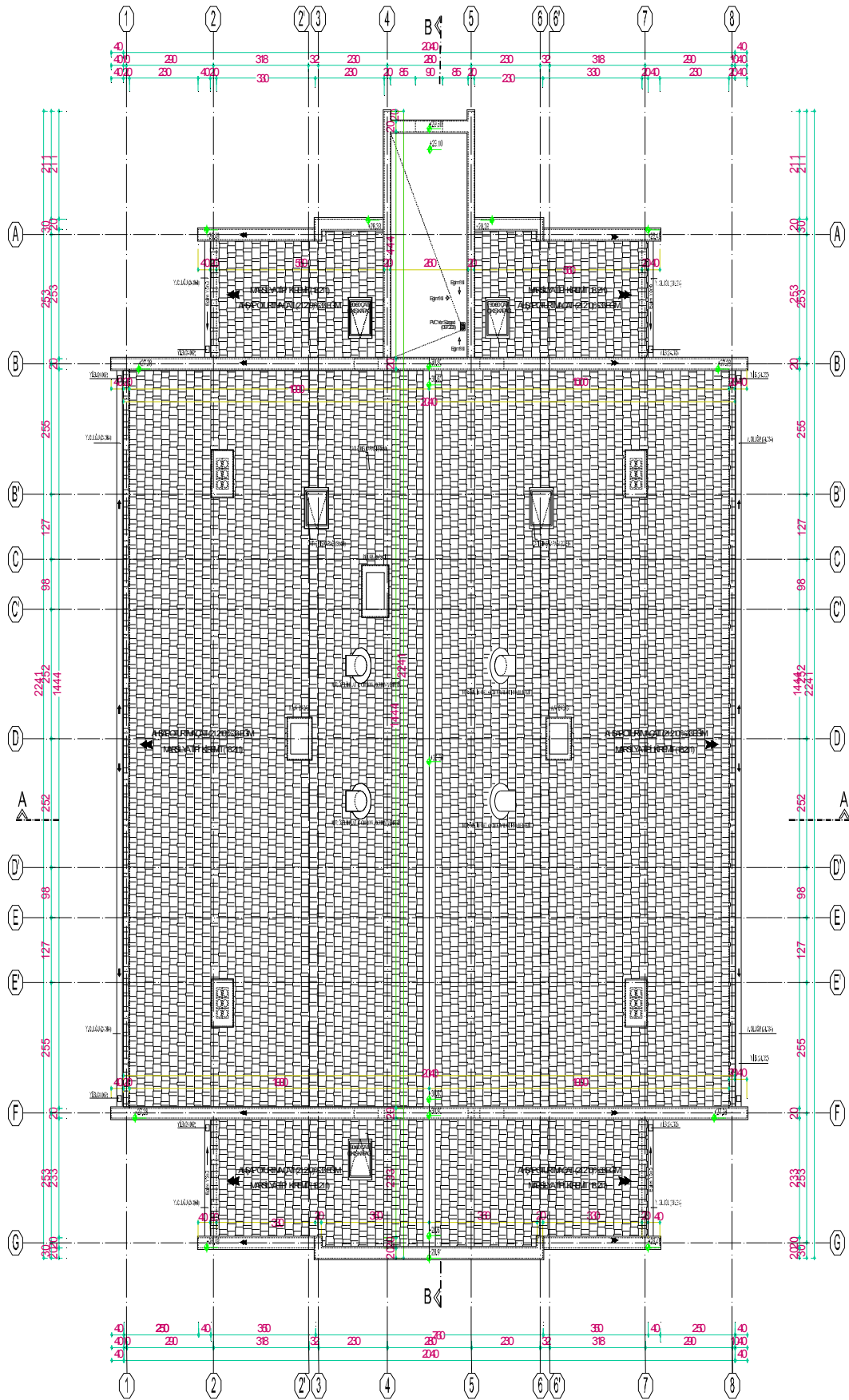
Şekil Ek A.7. 3-7. Kat planı



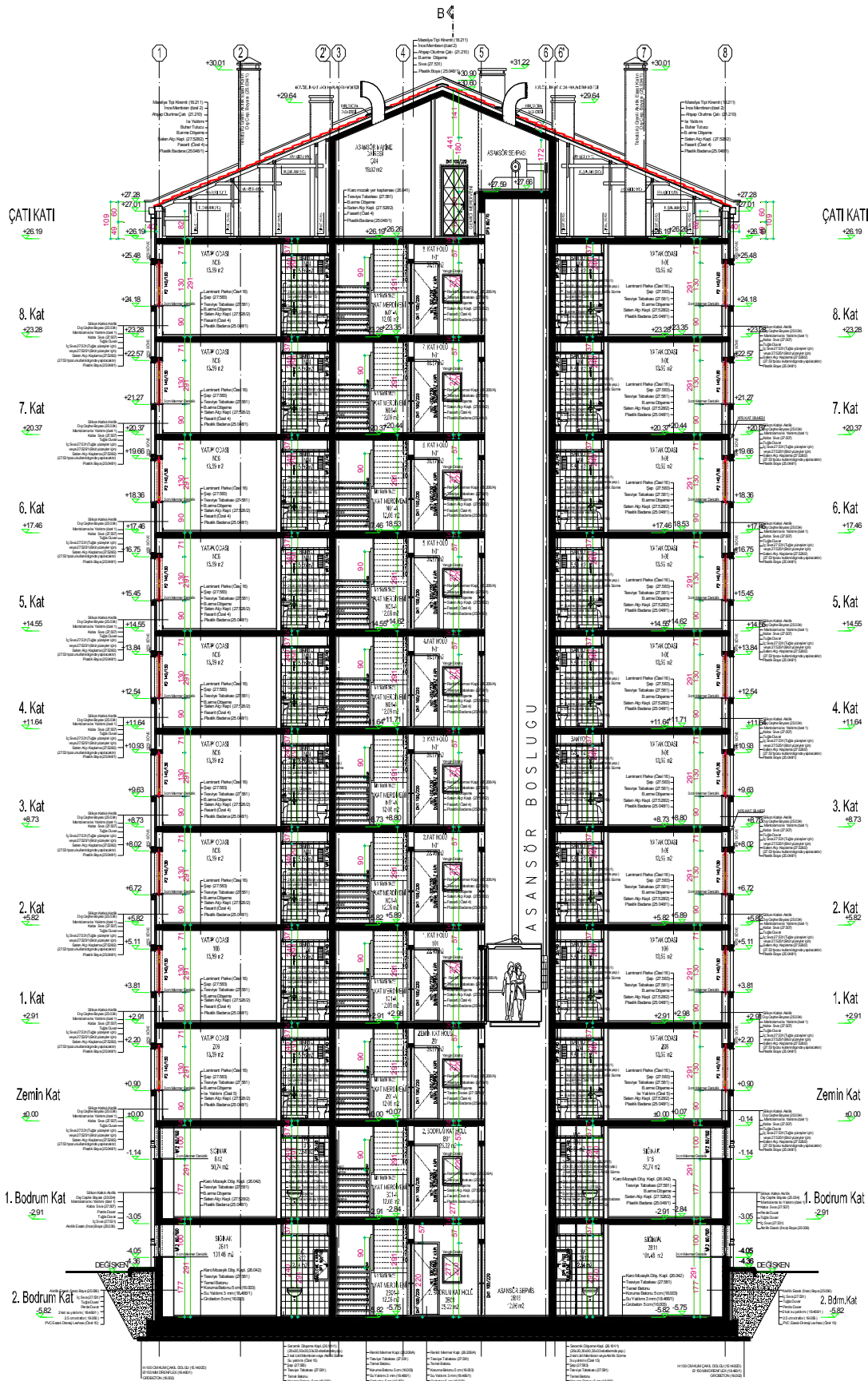
Şekil Ek A.8. 8. Kat planı



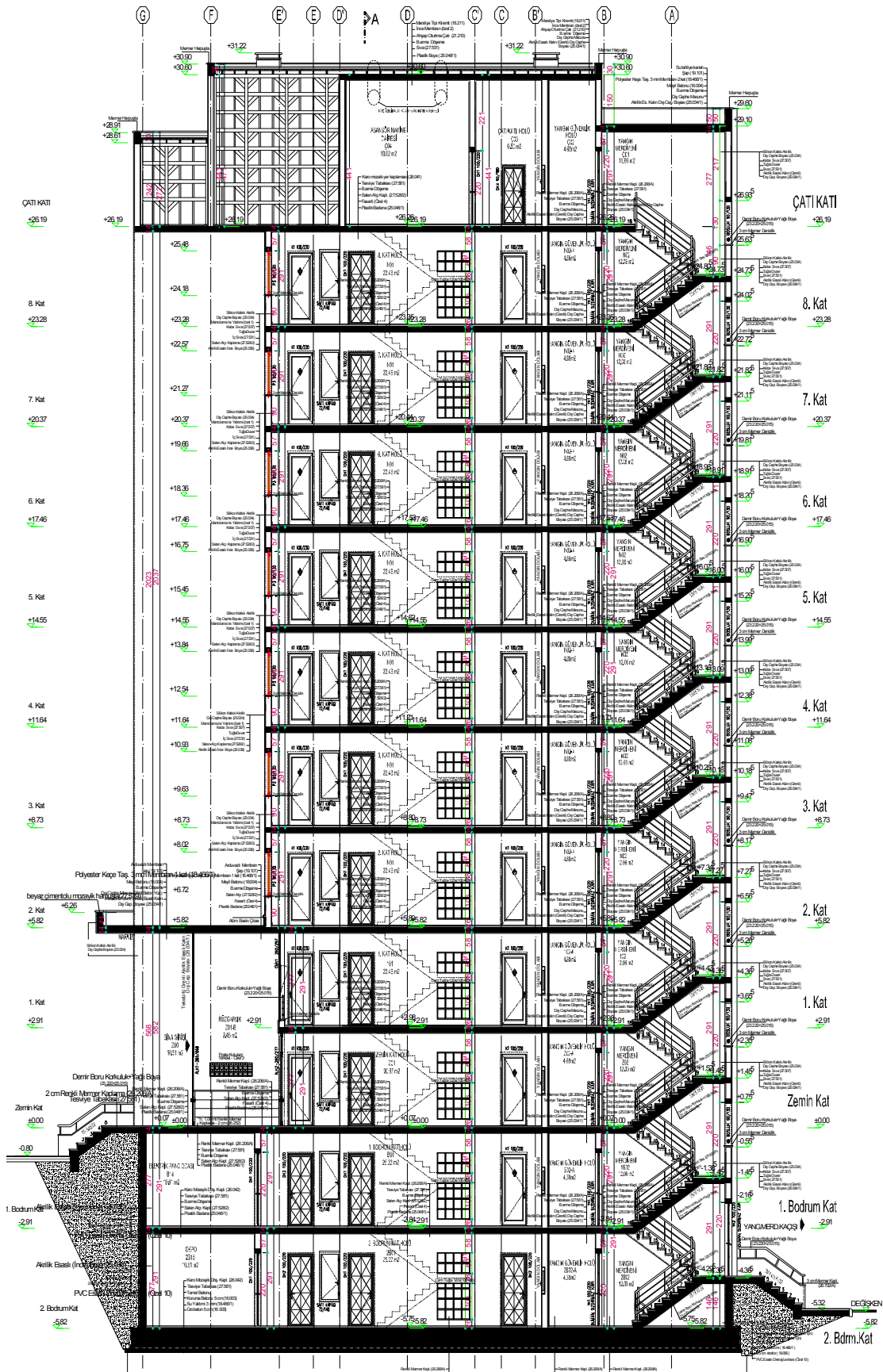
Şekil Ek A.9. Çatı kat planı



Şekil Ek A.10. Çatı kat planı



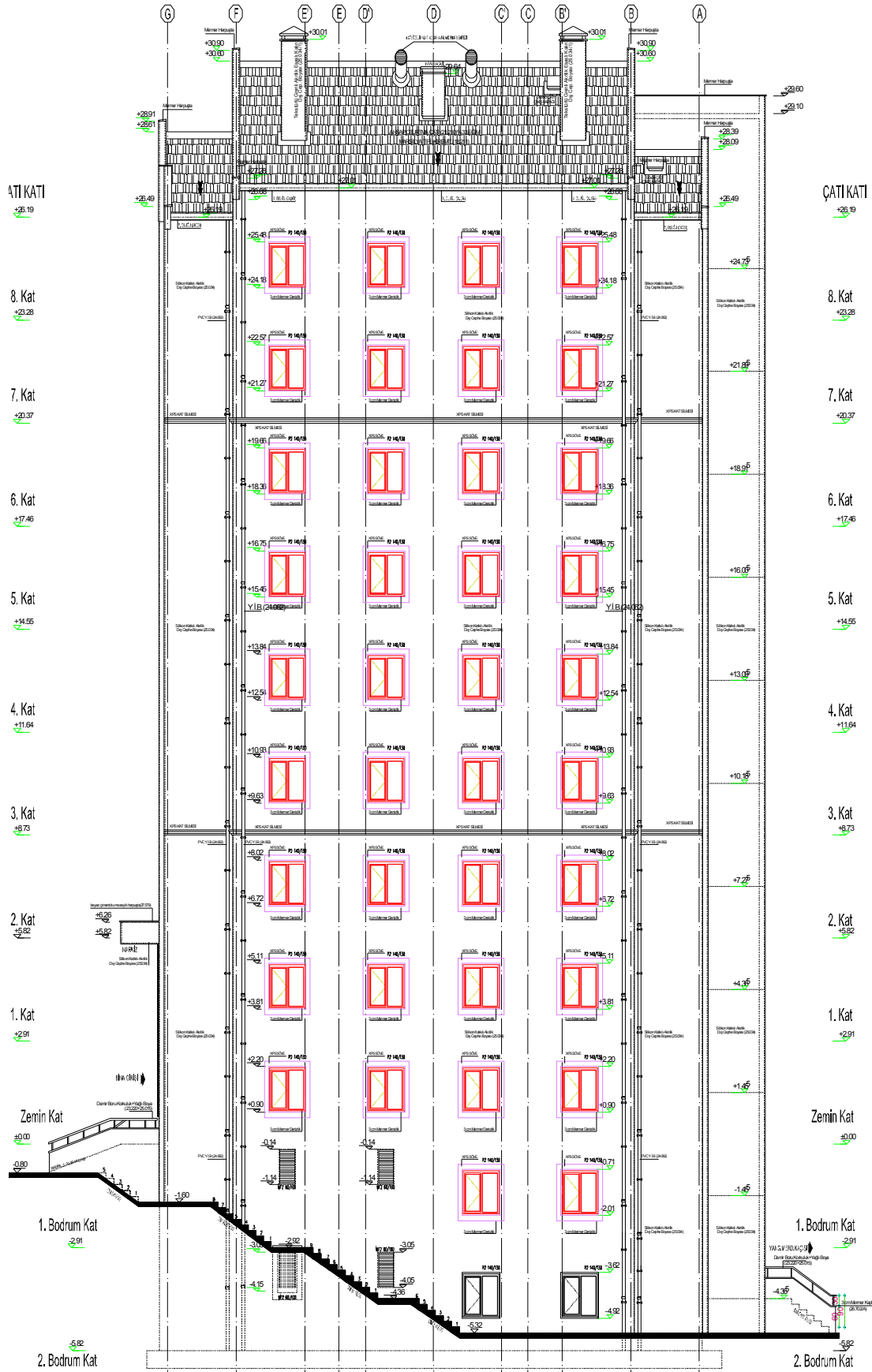
Şekil Ek A.11. A-A Kesiti



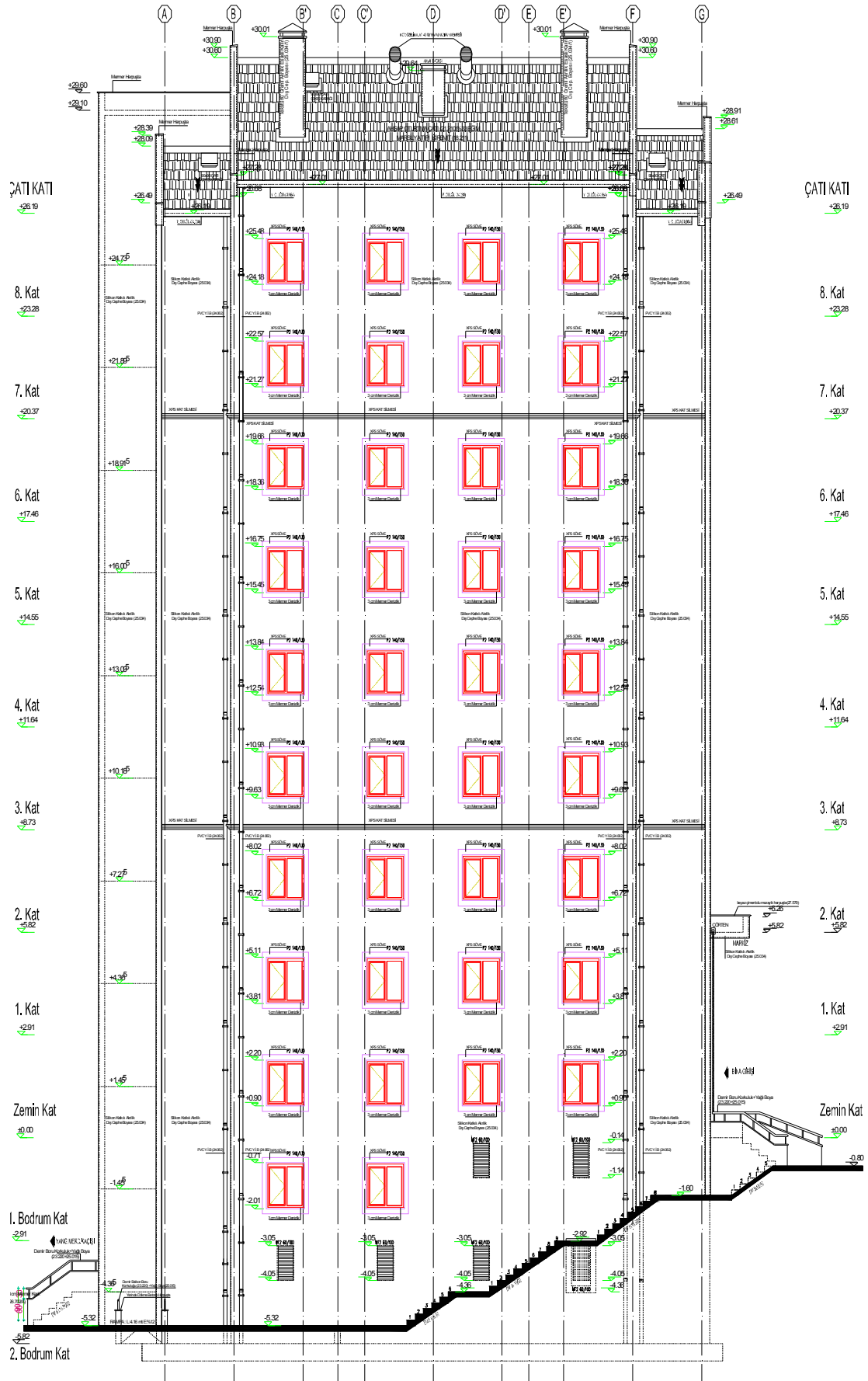
Şekil Ek A.12. B-B Kesiti



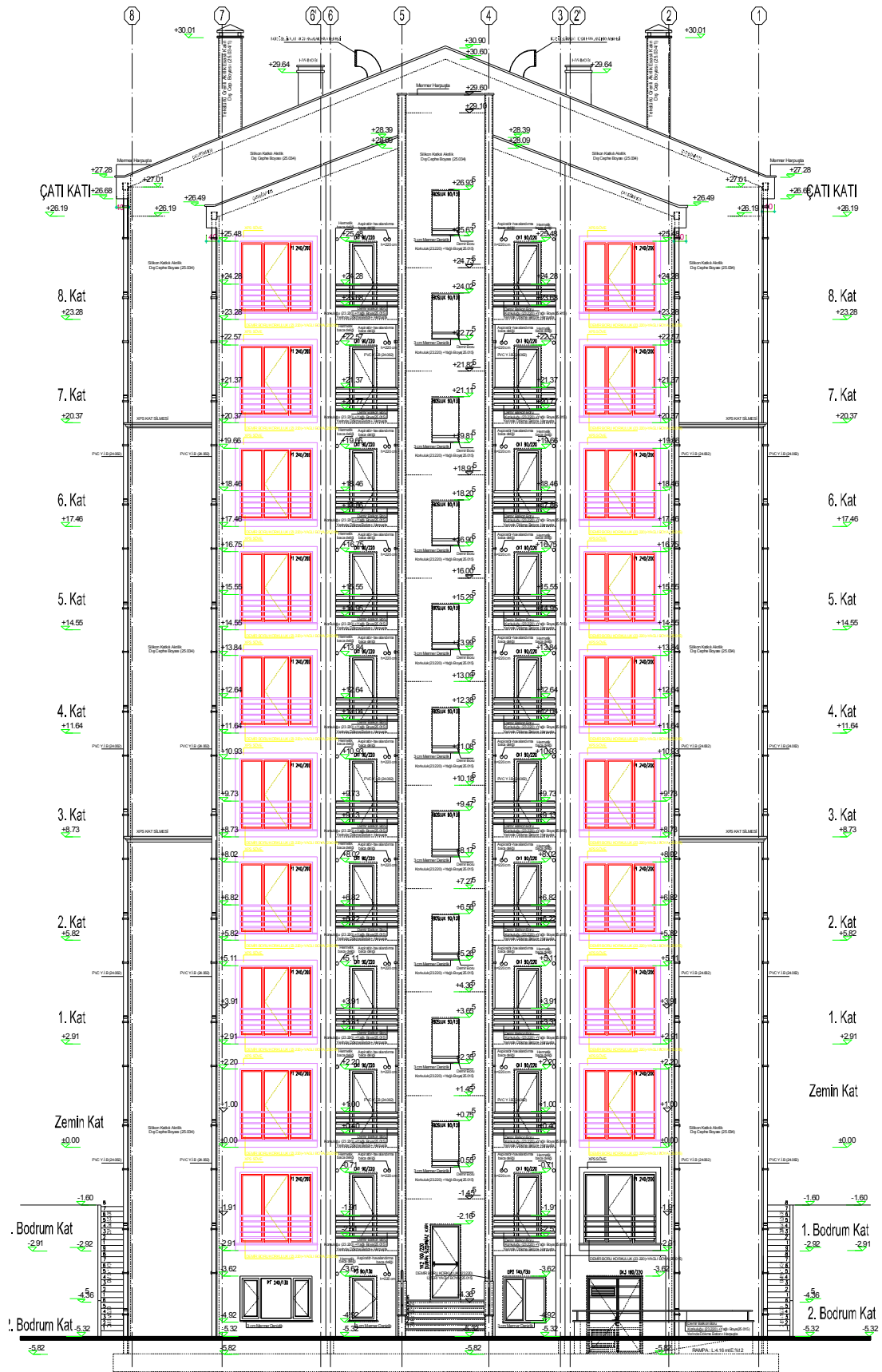
Şekil Ek A.13. Ön görünüş



Şekil Ek A.14. Sağ yan görünüş



Şekil Ek A.15. Sol yan görünüş



Şekil Ek A.16. Arka görünüş



Şekil Ek A.17. Tünel kalıp zemini



Şekil Ek A.18. Tünel kalıp tesisat yapımı



Şekil Ek A.19. Tünel kalıpların üst kata aktarımı



Şekil Ek A.20. Tünel kalıp sistem uygulaması



Şekil Ek A.21. Tünel kalıp sistem uygulaması



Şekil Ek A.22. Tünel kalıp sistem uygulaması

ÖZGEÇMİŞ

Sinan TEPEBAŞ 01 Temmuz 1982 de Kars' da doğdu. İlköğrenimini Kars'da, Orta ve lise öğrenimini Kocaeli'nin Darıca ilçesinde tamamladı. 2003 yılında başladığı Gazi Üniversitesi Yapı Öğretmenliğinden 2007 yılında mezun oldu. Aynı yıl askere giderek Trabzon'un Akçaabat ilçesinde kısa dönem jandarma çavuşu olarak teskere aldı. 2008 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Halen Sakarya Üniversitesinde öğrenimine devam etmektedir.