

**MİM 333**  
**Yapım Sistemleri**

**Tünel Kalıplar**  
(*Tunnel Formwork*)

**Prof. Dr. Hakan YAMAN**  
İstanbul Teknik Üniversitesi  
Mimarlık Fakültesi – Mimarlık Bölümü  
Taşköprü 205 A



**İçerik**


- **Konu**
  - Giriş
  - Tünel Kalıp Uygulama İlkeleri
  - Tünel Kalıpta Tasarlama İlkeleri
  - İş Hazırlığı ve Çalışma Biçimi
  - Çalışma Yöntemleri ve Süreci
  - Tünel Kalıp Kullanımında Ekonomik Sorunlar

12 Aralık 2019 Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi Slayt 2



**1**  
**Giriş**


12 Aralık 2019 Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi Slayt 3



**Giriş**

- Tünel kalıp sistemlerinin yaygın kullanım olanağı bulmasının başlıca nedeni, geleneksel monolitik beton sistemlere oranla üretim hızının yüksek olmasıdır.
- Endüstrileşme düzeyi daha yüksek olan prefabrike yapı üretim sistemlerinde şantiyede geçen üretim süresi çok daha kısa olmasına karşın, ilk yatırım maliyetinin yüksek olması, talebin kararsız ve üretim hacminin düşük olduğu durumlarda tünel kalıp sistemi tercih edilmektedir.
- Böylece, tünel kalıp sistemi yapımın endüstrileşmesinde ilk aşama olarak görülebilmektedir.


12 Aralık 2019 Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi Slayt 4



**Genel Bilgiler**

- Rasyonel bir kalıp sisteminin amacına uygun olarak çalışabilmesi için sağlanması gereken koşullar şunlardır:
  - Rasyonel bir kalıp sistemi, **uygulandığı mimari proje ile uyumlu** olmalıdır.
  - Beton dökülmesi sırasında oluşan **yükler, yapı elemanları arasında uygun bir şekilde paylaşılmalı ve zemine aktarılmalıdır.**
  - Kalıp elemanları taşıma sırasında oluşan **eğitmelere dayanıklı** olmalıdır.
  - ...


12 Aralık 2019 Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi Slayt 5



**Genel Bilgiler**

- ...
- Kalıp elemanları **pek çok kez kullanıma** olanak veren stabilitede olmalıdır.
- Kalıpların **boyutları değişkenliğe uygun ve olabildiğince esnek** olmalıdır.
- Kalıplar şantiyede gereken **işçilik miktarını minimuma** indirmelidir.
- Değişkenlik açısından sınırlı kalmalarına karşın, tünel kalıplar yukarıda sıralanan koşulları büyük oranda sağlamaktadır.

12 Aralık 2019 Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi Slayt 6



## Tünel Kalıplar – Tanıtım

- Tünel kalıp sistemi, yapıların **döşeme ve duvarlarının büyük kalıp elemanları ile bir kerede döküldüğü**, yerinde beton dökülmesine dayalı bir yapım sistemidir.
- Tünel kalıplar yardımıyla, yapının **taşyıcı elemanları betonarme** olarak üretilmekte, radye temeller, çatı ve bitirme işlemlerinin çoğunluğu geleneksel tekniklerle gerçekleştirilmektedir.
- İç ve dış bölme duvarları ise, çoğunlukla şantiyede üretilen hazır panolar yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Tünel kalıp sisteminde bir mekanın en çok **3 duvarı** dökülebilmektedir.

12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 7

## Tünel Kalıplar – Tanıtım

- Tünel kalıplar başlıca iki tiptir:
  - Tam tünel kalıplar,



- Yarım tünel kalıplar.



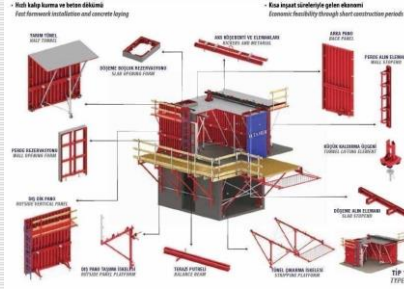
12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 8

## Tünel Kalıplar – Tanıtım

- Yarım Tünel Kalıp Örneği.



12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 9

## Tünel Kalıplar – Tanıtım

- Tünel kalıpların başlıca elemanları:

- Kalıp yüzeyleri:
  - 3-4 mm kalınlığında sacdan üretilmektedir. Ancak, sacın rijitliğinin sağlanması ve beton dökümü sırasında eğilme olmaması için, sacın iç yüzeyinde çelik nervürler bulunmaktadır.
- Ek kalıp parçaları:
  - Döşeme boşlukları, perde alınları, konsollar, döşeme alınları

Ek Kalıp Parçaları

Kalıp Yüzeyleri

Ek Kalıp Parçaları

12 Aralık 2019

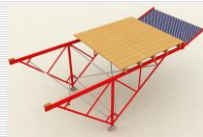
Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 10

## Tünel Kalıplar – Tanıtım

- Tünel kalıpların başlıca elemanları:

- ...
- Çalışma platformu,
  - Beton prizini yaptıktan sonra kalıpların sökülmesi için gereklidir. Kalıplar bu platformlar üzerinde çekilerek sökülür. (Kalıplar kaşık vinçle çekildiğinden platforma gerek yok) Standart platform boyutları 3.00 m.
- ...



12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

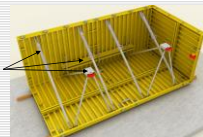
Slayt 11

## Tünel Kalıplar – Tanıtım

- Tünel kalıpların başlıca elemanları:

- ...
- Destek elemanları,
  - Tünel kalıbın kesimine beton dökümü ile gelecek yükü almak üzere konulan elemanlardır. Destek elemanlarının yanı sıra, kalıp elemanı içinde ayarlı çapraz, ayarlı dikme, krikö tekerlekler, kalıp yatay atkısı v.b. gibi elemanlar da bulunmaktadır.

Destek Elemanları



12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 12

### Tünel Kalıplar – Tanıtım

Ağırlık: 60 - 70 kg/m<sup>2</sup>  
Maksimum döşeme açıklığı: 5,50 ile 6,00 metre.

12 Aralık 2019 Prof. Dr. Hakan YAMAN MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi Slayt 13

## 2

### Tünel Kalıp Uygulama İlkeleri

12 Aralık 2019 Prof. Dr. Hakan YAMAN MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi Slayt 14

### Tünel Kalıplar – Uygulama İlkeleri

- Tünel kalıpların uygulama ilkeleri şunlardır:
  - Tünel kalıp dört yüzü kapalı bir kalıp birimidir. Mekanın beşinci yüzü, kalıbın üzerine oturtulduğu döşemedir. Altıncı yüzü ise, kalıbın biriminin çıkarılabilmesi için açık bırakılmaktadır.

12 Aralık 2019 Prof. Dr. Hakan YAMAN MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi Slayt 15

### Tünel Kalıplar – Uygulama İlkeleri

- ...
- Tünel kalıp sistemi kullanılarak elde edilen beton yüzeylerinin düz olması, ayrı bir sıva işlemini gerektirmemekte, duvar veya tavan üzerine küçük bir perdah (düzeltme) işlemi sonrasında doğrudan doğruya kaplama yapılabilmektedir.
- ...

12 Aralık 2019 Prof. Dr. Hakan YAMAN MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi Slayt 16

### Tünel Kalıplar – Uygulama İlkeleri

- ...
- Kalıp yüzeyleri genellikle 3-4 mm. kalınlığında çelik saç levhalardan üretilmektedir. Çelik saç levhalar kalıbın kullanımla süresini uzatmakta ve kürtleme sırasında betonun kolay ısıtılmasını sağlamaktadır.
- ...

12 Aralık 2019 Prof. Dr. Hakan YAMAN MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi Slayt 17

### Tünel Kalıplar – Uygulama İlkeleri

- ...
- Tünel kalıpların en büyük sakıncalarından biri ağırlıklıdır. Cephe elemanları gibi betonarme ön yapımlı (prefabrike) elemanların yerlerine yerleştirilmesi için de yatay ve düşey taşıma/kaldırma işlemi söz konusu olduğundan, tek bir vinçle tüm kaldırma işlemleri yapılabilmektedir.
- ...

12 Aralık 2019 Prof. Dr. Hakan YAMAN MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi Slayt 18

### Tünel Kalıplar – Uygulama İlkeleri

- ...
- Döşeme ve duvarları oluşturan büyük kalıp birimleri bir tek işlemle yerlerine yerleştirilebilmekte veya çıkarılabilmektedir.
- Beton döküm işlemleri, bir günlük ritmik çalışma içinde tekrarlanan işlemler biçiminde gerçekleştirilebilmektedir.
- ...



12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 19

### Tünel Kalıplar – Uygulama İlkeleri

- ...
- Tünel kalıp sistemlerinde bir duvar elemanı iki tünelin yan yana gelmesiyle üretilmektedir.
- Dış kabuğu oluşturan duvarlar için tünel kalıpla birlikte özel bir kalıp kullanılmaktadır. Söz konusu kalıpların da tünel kalıp birimleri ile her açıdan uyum sağlaması gerekmektedir.



12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 20

## 3 Tünel Kalıpta Tasarlama İlkeleri

12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 21

### Tünel Kalıplar – Tasarlama İlkeleri

- Tünel kalıp sistemi ile üretilmesi düşünülen bir yapıdan beklenen yararların elde edilebilmesi için tasarım sırasında uyulması gereken ilkeler:
  - Mekan organizasyonu kalıp boyutlarına uygun olarak düşünülmelidir.
  - Tünel kalıp sistemi ile üretilmesi düşünülen yapının ana taşıyıcı duvarlarının eşit açıklıklarla yerleştirilmesi sağlanmalıdır. Böylece, çalışma ritmi düzenli bir şekilde yürümekte ve kalıp tipi sayısının azaltılabilmektedir.
  - Taşıyıcı duvarların arasının en azından bir yönde açık olması zorunludur.
- ...

12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 22

### Tünel Kalıplar – Tasarlama İlkeleri

- ...
- Tünel kalıp sistemi ile üretilcek yapılarda, taşıyıcı duvarların yapının dar kenarına paralel doğrultuda yerleştirilmesi uygun olmaktadır (Cross Wall Sistemi).
- Yüksek yapı bloklarında perde duvarlar her iki yönde birbirlerine dik olacak şekilde düzenlenmelidir. Bunun iki nedeni vardır.
  - Yapının tüm hareketi açısından rijitlik sağlanmakta ve yüklere karşı her iki doğrultuda yanıt verilmektedir.
  - Tek yönde perde duvarlar olması durumunda, yatay yükler nedeniyle donatı ve duvar kesitleri artmaktadır. Her iki doğrultuda olması durumunda kesitler ufalabilmekte, ayrıca donatı miktarı da azalmaktadır.
- ...

12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 23

### Tünel Kalıplar – Tasarlama İlkeleri

- ...
- Mekânların dik açılı olması tercih edilmektedir.
- Mekânlarda fazla girinti ve çıkıntı bulunmaması sistemin rasyonel kullanımına olanak sağlamaktadır.
- Tasarımda tünel kalıp birimlerinin ankraj aralıkları göz önüne alınmalıdır.
- En ekonomik döşeme açıklığı 5.50 ile 6.00 metreye kadardır.
  - Tünel kalıp kirişsiz bir sistem olduğu için, daha büyük açıklıklarda döşeme kalınlıkları artmakta, dolayısıyla sistem ekonomik olmamaya başlamaktadır. Ayrıca, döşeme kalınlığının artmasının yanı sıra, kalıp konstrüksiyonu da zorlanmakta ve ağırlaşmaktadır.
- ...

12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 24

## Tünel Kalıplar – Tasarlama İlkeleri

- ...
- Aynı kat içinde kat yüksekliği sabit olmalıdır.
- Aynı kat içinde farklı kat yüksekliklerinin bulunması durumunda, döşeme yükseklikleri gereksiz artmakta ve bazı durumlarda döşeme yüksekliği farkının çok olması nedeniyle üretim tamamen olanaksızlaşmaktadır.
- Islak hacimlerde düşük döşeme yapılması önerilmemektedir.
- Bodrum kat duvarlarının yapım tekniğini yapı çukurunun kesiti belirlemektedir.
- Eğer yapı çukuru kesiti, kalıp elemanlarının sökülmesini olanaklı kılacak şekilde ise, bodrum katların yapımında tünel kalıp kullanılabilir. Aksi takdirde, bodrum katların yapımı konvansiyonel sistemlerle gerçekleştirilmektedir.
- ...

12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 25

## Tünel Kalıplar – Tasarlama İlkeleri

- ...
- Kat adedi açısından alt sınır yoktur. Üst sınır ise, vinç sorunu çözüldükten sonra arttırılabilir. Ancak, ülkemizde en akılcı uygulamanın 6 – 15 kat arasında olduğu bilinmektedir.
- Yapı bloklarının genel yerleşme planı açısından, özellikle çok katlı yapılar söz konusu olduğunda, vinç (boom) kolunun hareket çapı birinci derecede önem kazanmaktadır.
- ...

12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 26

## Tünel Kalıpların Çok Kez Kullanılması

- Özellikle büyük alanların yine büyük kalıplar aracılığıyla üretilmesinde en önemli ekonomik etken, kalıpların pek çok kez kullanılmasıdır.
- Tünel kalıpların sınırlı esnekliği ve ilk yatırım maliyetinin yüksek olması bu sorunu daha önemli kılmaktadır.
- ...

12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 27

## Tünel Kalıpların Çok Kez Kullanılması

- ...
- Kalıpların pek çok kez kullanılmasında başlıca faktör, üretilmesi gereken ürün sayısının yüksek olmasıdır.
- Eşit mekân boyutları ve yükseklikleri, sisteme uygun bir tasarım ve şantiye içinde yapıların birbirine olan uzaklığı ekonomiklik açısından önemli faktörlerdir.
- Bir şantiyede benzer çok sayıda yapı üretilmesi ve söz konusu yapılarda aynı kalıpların çok kez kullanılmasının sağlanması, ekonomik sonuçlar doğurmaktadır.

12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 28

## 4 İş Hazırlığı ve Çalışma Biçimi

12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 29

## İş Hazırlığı ve Çalışma Biçimi

- Tünel kalıpların üretim açısından yararlı olabilmesi için, yapının tasarımında tünel kalıpların özellikleri göz önüne alınmalıdır.
- Yapının biçimi kalıp biçiminden etkileneceğinden, uygun bir tasarım, üretimin ekonomik bir ritim içinde gerçekleşmesini sağlamaktadır.
- Bu uyumu sağlayabilmek için mimar, mühendis, yüklenici ve üretici firmanın tasarımın başından itibaren bir ekip halinde çalışması gerekmektedir.

12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 30

**5**  
**Çalışma Yöntemleri ve Süreç**

12 Aralık 2019 Prof. Dr. Hakan YAMAN MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi Slayt 31

**Çalışma Yöntemleri ve Süreç**

- **İlk Kalıp Montajı**
  - Çelik tünel kalıplar üst üste konarak, ufak parçalar ise paketlenerek taşınmaktadır.
  - Taşıma sırasındaki bozulmaları engellemek amacıyla kalıplar birbirine monte edilmeden taşınmaktadır.
  - Uzman bir montör gereklidir.
    - Çünkü, ekonomik bir üretim, elemanlar ve montaj sürecine ilişkin beceriye bağlıdır.
  - Üretici firma uzmanı ilk uygulamada olmalıdır.
  - Montajdan sonra yapılması gereken düzeltmelerin de uzmanlarca yapılması zorunludur.
  - İlk montaj sürecinin ayrıntıları her sistem için farklılık gösterdiğinden genel bir şema sunma olasılığı yoktur.

12 Aralık 2019 Prof. Dr. Hakan YAMAN MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi Slayt 32

**Çalışma Yöntemleri ve Süreç**

- **Kalıpların Sökülüp Takılması Süreci**
  - Ülkemizde de kullanılan bir tünel kalıp sistemi olan, Outinord yarım tünel sisteminin takılıp sökülmesine ilişkin iş programı aşağıda anlatılmaktadır.
  - Bir kalıp takımının kullanım periyodu normal olarak 24 saattir.
  - Ancak, Türkiye'deki bazı uygulamalarda bu süre 36 – 48 saati bulmaktadır.
  - Aşağıda ele alınan yapım süreci 200 m<sup>2</sup> brüt alan içindir ve ülkemizdeki bir uygulamada gözlemlenmiştir.
  - ...

12 Aralık 2019 Prof. Dr. Hakan YAMAN MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi Slayt 33

**Çalışma Yöntemleri ve Süreç**

- **KALIP SÖKÜLMESİ:** 3 işçi, 1,5 saatte kalıbın tüm bulonlarını sökmektedir. 3 işçiden biri, sadece rezervasyon vidalarını sökmektedir. 3 kişilik ekiple toplam 5 saat içinde kalıp sökülebilmektedir. Kalıbın yeniden kurulacağı yere çalışma iskelelerini 5 kişilik bir ekip 1,5 saatte takabilmektedir.
- **KALIP MONTAJI:** Kalıbın yeniden kurulması 4 kişilik bir ekiple 12 saat sürmektedir. Aynı süre içinde, 2'şer kişilik ekiplerle donatı ve elektrik tesisatı döşeme işleri de bitirilmektedir.
- **BETON DÖKÜLMESİ:** Kalıbı kurulan 200 m<sup>2</sup>'lik alana 6 – 7 saat arası bir sürede beton dökülebilmektedir. Ancak, bu süre, yapı bloğunun 40 metre yüksekliğe kadar olması durumunda geçerlidir. 40 metreden daha yüksek yapı bloklarında ise, söz konusu süre 13 – 14 saati bulmaktadır.

12 Aralık 2019 Prof. Dr. Hakan YAMAN MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi Slayt 34

**6**  
**Tünel Kalıp Kullanımında Ekonomik Sorunlar**

12 Aralık 2019 Prof. Dr. Hakan YAMAN MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi Slayt 35

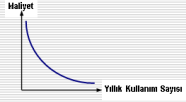
**Tünel Kalıp Kullanımında Ekonomik Sorunlar**

- Tünel kalıplarla ilgili ekonomik analizler, farklı yapı üretim sistemlerinin karşılaştırılmasında ve seçiminde büyük önem kazanmaktadır.
  - Mimari projenin seçilen kalıplara uyumlu olup olmaması,
  - Kalıp sökme ve takma yöntemleri,
  - Kalıpların tam veya yarım tünel olması,
  - Kalıp montaj araçları, amortizasyon ve faiz hesapları ekonomik analizlerde temel öğeler olarak karşımıza çıkmaktadır.
  - ...

12 Aralık 2019 Prof. Dr. Hakan YAMAN MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi Slayt 36

### Tünel Kalıp Kullanımında Ekonomik Sorunlar

- Kalıp alanı  $m^2$  si başına düşen amortizasyon ve faiz maliyetleri ile, bir yılda kalıp kullanım sayısı arasında genelde aşağıdaki grafikteki gibi bir ilişki vardır:



12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 37

### Tünel Kalıp Kullanımında Ekonomik Sorunlar

- Bir sistemi ekonomik yönden etkileyen öğeler:
  - Plan biçimi,
  - Tünel kalıpların sökülüp takılmasına uygun olarak önceki ve sonraki işlemlerin çalışma yöntemine uyum sağlaması,
  - Yapım sürecini eşit parçalara bölme,
  - Optimum kalıp söküp takma yönteminin seçimi,
  - Bir yapı bölümünün bir günlük ritimde bitirilebilmesi,
  - Tekrarlanacak eşit bölümlerin sayısı,
  - ...

12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 38

### Tünel Kalıp Kullanımında Ekonomik Sorunlar

- ...
- İş programının önceden yapılabilmesi,
- Optimum ekip büyüklüğü ve ekip elemanlarının niteliği,
- Ekip elemanları arasında uygun iş bölümü olması,
- Büyük boyutlu demir donatıların hazırlanması,
- Yeterli hazır betonun bulundurulması ve hazır betonun en kısa zamanda döküm yerine getirilmesi,
- Yeterli sayıda ve kapasitede kaldırma aracının bulundurulması,
- Isıtma sisteminin ucuz, ancak, çok etkili olması.

12 Aralık 2019

Prof. Dr. Hakan YAMAN  
MİM 333 Yapım Sistemleri Dersi

Slayt 39