

## TOPLU KONUT ÜRETİMİNDE TÜNEL KALIP SİSTEMİ UYGULAMALARI VE KARŞILAŞILAN SORUNLAR

**Ercan H. OĞUZALP, Saim KORUR**

Selçuk Ün., Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Kampus, KONYA  
E-posta: eoguzalp@selcuk.edu.tr, skorur@selcuk.edu.tr

**Makalenin Geliş Tarihi:** 18.05.2005

**ÖZET:** Bu çalışma, her geçen gün daha da çok artan konut ihtiyacının karşılanmasında yaygın olarak kullanılan tünel kalıp sisteminin uygulama ve kullanımında karşılaşılan sorunlarla ilgilidir. Ülkemiz ve üretim adına kazandırdıklarının yanında üretici firmaların maliyeti düşünerek uygulayamadıkları detaylar sonucunda halen çözülemeyen sorunlarının bulunması sistem açısından dezavantaj oluşturmaktadır. Çalışmanın oluşmasında, endüstrileşmiş yapım teknikleri ve tünel kalıp üretim sistemiyle ilgili olan çeşitli kitaplar, tezler, makaleler, web siteleri, inşaat firmalarının katalogları taranmış ve bu materyaller tarama-betimleme yöntemi kullanılarak bulguların elde edilmesine katkı sağlamıştır. Sorunların tespitinin yapılması aşamasında çalışma alanı olarak Konya'da tünel kalıp sistemiyle üretilen toplu konut uygulamaları seçilerek, bu uygulamalara ait araştırma-gözleme sonucu elde edilen görsel verilerden yararlanılmıştır. Üretici firmaların ekonomik kaygıları sebebiyle yanlış uygulamalarından dolayı karşılaşılan sorunlara yönelik bir an önce çözüm yolları aranmaz ise sistemin avantajlı durumunun zaman içerisinde tersine döneceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tünel kalıp sistemi, prefabrikasyon, yapımda endüstrileşme, toplu konut, ön yapım.

### **Applications of Tunnel Formwork System in Housing Estate Constructions and Encountered Problems**

**Abstract:** This study is about the problems faced in the application and the utilization of tunnel formwork system that is commonly used to meet the residence need increasing every passing day. Having some problems that could not be solved because of the details not applied by the manufacturers thought of production costs, constitutes disadvantages beside its benefits to our country and manufacture in terms of system. In the formation of the study, various books, thesis, articles, web sites about the industrialized construction techniques and tunnel formwork production system and the catalogues of construction firms are scanned and these materials contributed to obtain the findings by the use of scan-describe method. During the stage of determining the problems, the housing estate applications built with tunnel formwork system in Konya are chosen as the work area and the visual data – obtained by research-observation – belonging to these applications are utilized. As a result it can be said that if solution ways directed at the encountered problems depending on the wrong applications of production firms because of their economical worries are not searched, this system will no longer be advantageous.

**Key Words:** Tunnel formwork system, prefabrication, industrialization in construction, housing estate, preconstruction.

## GİRİŞ

Günümüzde hızla artan nüfus, gelişen teknoloji, sınırlı yatırım kaynaklarımızın en rasyonel şekilde kullanılma zorunluluğu ve kentsel alanların azalması, konut üretiminde farklı anlayışları ortaya çıkarmıştır. Konut ihtiyacındaki bu artış hızlı, ekonomik ve kaliteli konut üretimi ihtiyacını doğurmuş ve bu ihtiyaç endüstrileşmiş yapım sistemleriyle karşılanmaya çalışılmıştır.

Ülkemizde emeğin bol, sermayenin ise kıt kaynak olduğu gerçeği göz önünde bulundurularak ön yatırım maliyeti yüksek endüstrileşmiş yapım yöntemleri yerine, her geçen gün daha da çok artan konut açığının önüne geçilebilmesi için kullanılan teknolojiler arasında Tünel kalıp teknolojisi yaygın bir şekilde tercih edilmeye başlanmıştır. Son zamanlarda en rasyonel çözüm olarak kabul edilen bu sistem, sanayileşme ve nüfus artışının doğal sonucu olarak büyüyen kentlerimizin yanında, düşey büyümelerinde kaçınılmaz olduğu şehir merkezlerinde sürat ve ekonomikliğinin yanı sıra dayanım, kalite ve estetiği de bünyesinde taşıyan ileri yapım teknolojilerinden biri olarak görülmektedir (Korur, 2003).

Tünel kalıp sistemde, taşıyıcı duvarlar ve döşemelerin bütün halinde ve tek bir işlemle dökülmesiyle monolitik bir yapı elde edilmekte, depreme ve yangına karşı dayanım artırılmaktadır. Bu sistemde kullanılan temiz ve pürüzsüz kalıplar sayesinde çıkan beton yüzeylerin düzgün olması sebebiyle sıva gerektirmemekte, bu da boya işlemleri sırasında yüzey düzgünlüğü ve temizliğinden dolayı zamandan ve ekonomik açıdan tasarruf sağlamaktadır.

Geleneksel yapım sistemlerinde betonun yeterli dayanım kazanma süresi normal koşullarda 21 gün olduğu halde, tünel kalıp sisteminde bu süre kürleme ile yeterli dayanıma 24 saat gibi kısa bir zamanda ulaşabilmektedir. Betonun kısa sürede prizini alması ve sistemin uygulanması esnasında prekast yapı elemanlarından faydalanılması da üretime ayrı bir hız getirmektedir (Gönençen, 1991).

Sektöre girmesiyle birlikte konut üretimine farklı bir yön veren Tünel Kalıp sistemi büyük

yerleşim yerleri (Ankara, İstanbul, vb.) dışında uzun zamandır Konya'da da çeşitli firmalar tarafından uygulanmış ve halen uygulanmaktadır. Yapılan çalışmada Konya'da ki uygulama örnekleri incelenmiş ancak; uygulamaya ilişkin yer ve firma isimleri araştırmacı tarafından saklı tutulmuştur. Sistem, çeşitli avantajlarının yanı sıra birtakım uygulama ve kullanım sorunlarını da beraberinde getirdiği gözlenmiştir. Bodrum kat yapımı, perde duvar ve prekast cephe elemanlarının birleşim yerlerinde oluşan yalıtım sorunu, ısı ve ses yalıtımı ve estetik kaygılar sistemde oluşabilecek olan sorunların başlıcalarıdır.

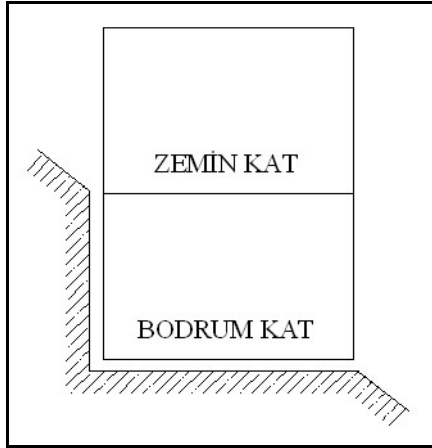
### Bodrum Kat Yapımı Uygulaması

Tünel kalıp sistemin uygulamasında hata yapılmaması için dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biri bodrum kat yapımıdır. Tünel kalıp kararı temel kazısı yapılmadan önce verilmeli ve planlama buna göre yapılmalıdır. Eğer karar daha önceden verilmediyse bodrum katların yapım tekniğini binanın oturacağı alandaki arazi kesiti belirler (Şekil 1, 2). Eğer kesit, kalıp elemanlarının sökülmesine olanak sağlayacak şekilde ise tünel kalıp elemanları kullanılabilir (Boyacı, 1990). Kalıp elemanlarının sökülmesi, arazi kesitinin eğimli yada kazının şevli yapılabilmesiyle mümkündür.

Bodrum katlar genelde normal kat yüksekliklerinden daha fazla yapılır (örneğin 4.00 m). Kat yüksekliğinin fazla olmasından dolayı bodrum kat iki şekilde üretilir. Birincisi, tünel kalıp elemanlarını kurarak belirli bir kota kadar (2.00 m) perdeler dökülür daha sonra kalıplar sökülüp tünel kalıp elemanını iskeleye (ahşap veya çelik iskele) alarak kaldırmak suretiyle kalıplar tekrar kurulur, geriye kalan yükseklik farkı dökülür ve böylece toplam bodrum yüksekliğine ulaşılır. İkinci olarak ise, standart tünel kalıp yüksekliğine kadar geleneksel yöntemle perde duvarlar dökülüp daha sonrasında zemin katta aks betonu dökülerek tünel kalıp sistem uygulamasıyla yapıma devam edilebilir (Kutay, 2004).

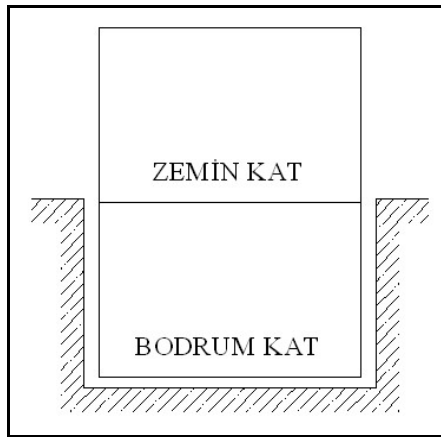
Bodrum kat geleneksel sistemle çözülerek zemin katta tünel kalıp yapımına başlandığı takdirde, sorun yaşanmaktadır. Geleneksel

sistemle yapılan subasman üzerine tünel kalıp uygulaması hassas olmadığı zaman iki sistem arasında uyum problemleri yaşanmakta ve yer yer derz açıklıkları oluşmaktadır (Şekil 3). Çelik kalıbın düzenlenmesi geleneksel kalıp yöntemine göre çok daha hassas ve kolaydır.



Şekil 1. Tünel kalıpla yapılabilecek bodrum kat tipi (Boyacı, 1990).

Figure 1. Basement type possible to be built with tunnel formwork (Boyacı, 1990).



Şekil 2. Tünel kalıpla yapılabilemeyen bodrum kat tipi (Boyacı, 1990).

Figure 2. Basement type impossible to be built with tunnel formwork (Boyacı, 1990).

Bodrum kat yapımında böyle bir sorunla karşılaşmamak için en doğru çözüm, arazi kesiti düşünüldükten sonra bodrum katın tünel kalıp sistemi ile çözülmesi, ilk aks beton kalıbının burada yerleştirilmesi ve sistemin diğer katlarda da aynı şekilde devam ettirilmesidir.



Şekil 3. Geleneksel sistemle üretilen bodrum kat uygulamasındaki derz açıklığı.

Figure 3. The joint opening in traditionally built basement application.

### Perde Duvarlarda Oluşan Betonla İlgili Sorunlar

Tünel kalıp sistemiyle üretilen konutların özellikle zemin katında görülen betonun kusması, aşırı vibrasyon ve yanlış kür uygulamaları nedeni ile betonda kılcal çatlaklar oluşmaktadır. Bu kılcal çatlakların yapıya önemli bir zararı olmadığı gibi ince sıvayla kapatılmaktadır (Kumcu, 1997). Hazır betonun pompalanarak kullanıldığı zamanlarda, bina genişlik ve yüksekliğine bağlı olmaksızın, gereğinden çok yada az vibrasyon uygulanmasından kaynaklanan petekleme denilen çatlaklar görülmektedir (Şekil 4). Bu çatlaklar, beton içerisindeki ağır maddelerin dibe çöküp, hafif maddelerin yüzeyde kalması sonucu meydana gelir ve özellikle yüksek yapılarda titiz işçilik sağlanması, iyi ve nitelikli vibrasyon uygulanması suretiyle bu çatlaklar giderilebilir.

10 kattan fazla yükseklikteki yapılarda, betonun daha rahat pompalanması için çok fazla çimento şerbeti kullanılması veya küçük aralıklara vibrasyon uygulanmamasından dolayı, kalıplar söküldükten sonra betonda kum şeklinde dökülmeler görülür (Şekil 5). Karışımın tam sağlanması ve malzeme oranlarının düzenlenmesi ile sorun giderilir veya dökülen yerlere sıva ile yoklama çekilerek bu sorun ortadan kaldırılır.



**Şekil 4.** Perde betonun iç yüzeyinde meydana gelen dökülmeler.

*Figure 4.* The spillings on the interior surface of the shear wall.



**Şekil 5.** Betonda meydana gelen dökülmeler ve sıva ile onarımı.

*Figure 5.* The spillings on the concrete and its repair with plaster.

Bunların yanında, aşırı soğuk ya da aşırı sıcaklık nedeniyle döşeme betonunda pul pul dökülmeler gözlenmektedir. Beton döküm zamanının ve günlerinin (soğuk ve sıcaklığa göre) daha iyi ayarlanması ile bu sorun giderilebilir (Kumcu, 1997).

#### Prekast Cephe Elemanları Birleşimi

Prekast elemanlar, tünel kalıp sistemin avantajlarından biri olarak gösterilen süratliliğe en fazla katkıda bulunan yapı bileşenleridir.

- Strüktürel yeterliliği,
- Yapı kabuğu açısından,
  - Isıl özellikleri,
  - Gürültü kontrolü sağlaması,

- Yangın dayanımı,
- Dayanıklılık ve kullanılabilirlik süresi,
- Bakım ve onarım kolaylığı,
- Yapıya görsellik kazandırması,
- Üretim ölçeği açısından,
  - Üretime getirdiği hız dolayısıyla, zamandan tasarruf sağlaması,
  - İş gücünden tasarruf (Freedman and Kenney, 1989) gibi özellikleri ile tünel kalıp sisteme sağladığı katkıların yanı sıra, cepheye montajı esnasında bağlantı biçimi ve perde duvarla arasında meydana gelen boşluklar ile sorun oluşturmaktadır. Bağlantı biçimi seçiminde “bulon-dübel” ağırlıklı birleşimler yerine, daha fazla tolerans payı sağlayan kaynaklı birleşimler tercih edilmektedir. Bunun nedeni, cephe panelinin üretimi ve yerine montajı sırasında iş gücünün yeterli kalitede olmaması sonucu ortaya çıkabilecek hataların geniş tolerans payı sayesinde kapatılması yoluna gidilebilmesi ve aynı zamanda kaynaklı bağlantıların “bulon-dübel” ağırlıklı bağlantılara göre daha kolay ve ucuz olmasıdır. Statik açıdan bu tür bağlantılar sakıncalı olmamakla birlikte yapı dış kabuğunda ısı köprülerine neden olarak yoğunlaşma oluşturmaktadır (Utkutug ve Özmen 1991). Prekast yapı elemanı ve perde duvar arasında oluşan boşluklardan rüzgar ve yağmur suyu girmesiyle birlikte dış duvarların iç yüzeylerinde küflenmeler oluşmakta ve aynı zamanda mekanların ısı kaybına neden olmaktadır (Şekil 6).

Tünel kalıbın ilk uygulamalarında bu boşluklar kapalı derz tekniği kullanılarak sıva harcı ile doldurulmaya çalışılmış, fakat zamanla harcın sıcaklık değişikliklerine bağlı hareketlere uyum gösterebilecek esnekliğe sahip olmadığı görülmüştür. Ayrıca, aderans yeteneği düşük olduğundan ve zamanla üzerinde oluşan çatlaklardan dolayı harç yapının dışına dökülerek izolasyon görevini yerine getirememiş, hacmin içerisine rüzgar ve yağmur suyu girmesine engel olunamamıştır. Bu sebeplerle kapalı derz tekniği uygulamasında izolasyon malzemesi olarak harç kullanılmamalıdır.



**Şekil 6.** Prekast balkon parapeti ve balkon duvarı arasındaki boşluk.

*Figure 6.* The opening between the precast balcony parapet and the balcony wall.

Günümüzdeki uygulamalarda ise dışarıdan açıklık miktarının bir boy büyüğü ebadında daire kesitli poliüretan fitil sıkıştırılarak üzerine akrilik esaslı mastik macun uygulaması, prekast cephe elemanının yerleştirildiği mekanın iç tarafından ise poliüretan köpük sıkılmak suretiyle boşluklar kapatılmaktadır. Yapı elemanları arası derzler doldurulurken önce dış cephe izolasyonu, sonra ise iç cephe izolasyonu yapılmaktadır (Korur, 2003), (Şekil 7).



**Şekil 7.** Balkon prekastı ile duvar arası boşluğa yapılan uygulama.

*Figure 7.* The application performed to the opening between the balcony precast and the wall.

Yapılan bu uygulamada sızdırmazlık malzemesi (fitil) seçimi ve kesiti (geometri) çok

önemlidir. Boşluğa yerleştirilen derz sızdırmazlık malzemesinin derinliği genişliğinin yarısı olarak tasarlanabilmekle beraber çeşitli genişliklerdeki derzlerin doldurma derinliği üzerine çeşitli formüller geliştirilmiştir (BS 6093, 1981). Mastiklerin görevlerini etkin bir biçimde yerine getirebilmeleri için derzdeki toplam hareket miktarı; macunun uygulandığı andaki minimum derz genişliğinin %3'ünü geçmeyecek şekilde olmalıdır. Sızdırmazlık malzemesinin boşluğa fazla sokulması ve üzerine birebir ölçüde mastik yapılması halinde, mastik karşılıklı iki kenarı yakalaması gerekirken, komşu iki kenarı yakalayarak üçüncü kenarı bırakmakta ve açıklık istenilen ölçüde kapanmamaktadır. Böylece uygulama doğru sonuçlanmamakta ve zamanla açıklıktan su ve rüzgar mekan içine girerek kullanıcıya sorun çıkarmaktadır (Kutay, 2004).

Derz izolasyonunun istenilen sonucu vermesi sızdırmazlık malzemesinin uygulanma zamanına da bağlıdır. Uygulama için en uygun zaman, ısının yıllık ortalamaya en yakın olduğu günlerdir. Özellikle büyük kesitli ve sıkıştırılarak uygulanan sızdırmazlık malzemeleri için en uygun zaman soğuk günlerdir. Uygun ortam ve uygun yüzey ısılarında yapılmayan uygulamalarda çeşitli sorunlar yaşanabilir ve yerinde uygulanan sızdırmazlık malzemeleri üzerinde ek gerginlikler oluşabilir. Yüksek ısılarda genleşme nedeniyle daralan yapı derzlerine fitil sıkıştırılması sırasında malzeme zarar görebileceği gibi, donun oluşturacağı sorunlarda dikkate alınmalıdır (MESA Teknik Şartname, 1998). Bütün bunların yanı sıra izolasyon uygulanacak yüzeyin ısısı da dikkate alınmalı ve sağlıklı bir derz yalıtımı için panellerin derz yüzeylerinin düzgün olması gerekmektedir. Fitiller kapalı derzlerde derz dolgu malzemesi olarak kullanılmaya uygun değildirler. Bunun nedeni, fitiller üzerinde panellerin yeterli ölçüde baskı yapmalarındır. Oysa kaynaklı birleşimlerden doğan daha geniş toleranslara sahip derz yapısında böyle bir basıncı sağlamak güç olmaktadır. İşte bu sebeple prekast panellerin derz yalıtımlarında çift durdurmalı kapalı derz izolasyon yönteminin veya açık derz izolasyon yöntemi uygulamasının daha uygun olacağı bilinmektedir (Utkuğ ve Özmen 1991).



Ülkemizde, panel üretiminde kalıplama ve kalıptan alma işlemlerinde hataların minimize edilmesi güç olmaktadır. Cephe panellerinin taşınması ve yerine yerleştirilmesi sırasında özellikle köşe noktalarında kırılmalar veya çatlamlar oluşmakta, bu hasarların yoklama sıvası çekilmek suretiyle doldurulması uygulayıcı firmaya ayrıca mali yük doğurarak fazladan işçilik gerektirmektedir.

### Isı Yalıtımı Uygulaması

Tünel kalıp sistemde uygulamadan kaynaklanan en büyük sorunlarından biri de ısı yalıtımıdır. Üç türlü ısı yalıtımı uygulanabilmektedir. Isı yalıtım malzemesinin kalıp elemanı içerisine yerleştirilmesiyle, perde duvara içeriden uygulanmak suretiyle ve binaya dışarıdan uygulanarak (mantolama) gerçekleştirilebilir. Bu uygulamalar arasında en iyi sonuç vereni dışarıdan uygulanan ısı yalıtımıdır. Konya'da ki firmalar özellikle perde duvarın içinden yapılan ısı yalıtım detayını uygulamaktadırlar. Çünkü yapıya dışarıdan uygulanacak olan ısı yalıtımının maliyetinin diğer uygulamaya göre daha fazla olduğu düşünülmektedir (Korur, 2003). Yapıya içten yalıtım yapıldığında yalıtım katmanının üzerine alçı pano yapılmaktadır. Maliyet mukayesesi yapıldığında içten yalıtım da kullanılan alçı pano uygulamasının, dıştan yalıtım esnasında kurulan (boru) iskeleye göre daha pahalı olduğu sonucuna varılmıştır (Kutay, 2004).

Konya'da yapılan ilk tünel kalıp uygulamalarında perde duvarın içeriden yalıtımı ile ısı yalıtımı sorunu çözülmeye çalışılmış fakat başarılı olunamamıştır. İzolasyonun sıcak yüzüne hava ve buhar kesici kullanılması gerektiği halde (polietilen film 0.15 mm) bu sorunu yüksek yoğunluklu (ekstrüde polistren) ısı yalıtım levhaları kullanarak, buhar kesiciye ihtiyaç duymadan çözmeye çalıştıkları için ısı köprüsü (terleme) sorunuyla karşılaşmıştır. Terlemeyle birlikte ilk yapılan uygulamaların iç duvarlarında yer yer küflenmeler ve bozulmalar, tavan döşeme ve zemin döşeme yüzeylerinde renk değişiklikleri olduğu, bunun da döşeme üzerindeki kaplamaları etkilediği gözlenmiştir (Şekil 8, 9).



**Şekil 8.** İçten yalıtımda buhar kesici koyulmaması sonucunda tavanda oluşan küflenme.

*Figure 8.* The mold occurred on the ceiling because of not placing any vapor cutter as interior isolation.



**Şekil 9.** İçten yalıtımda buhar kesici koyulmaması sonucunda tavanda oluşan küflenme.

*Figure 9.* The mold occurred on the ceiling because of not placing any vapor cutter as interior isolation.

Bunun üzerine uygulayıcı firmalar bu sorunun önüne geçebilmek için deneme-yanılma yolu ile çeşitli detaylar geliştirmişlerdir. Terleme sorununun giderilmesi için, yapının dışa bakan cephe yüzeylerinin üst döşemeyle birleştiği yerlerden itibaren içeriye doğru 50 cm genişliğinde ısı yalıtım levhası uygulanmaktadır. Bu detay ısı köprüsü görevi görmekte ve böylece terlemeyi aza indirmektedir. Fakat zamanla bu uygulamada ısı yalıtım malzemesinin kalınlığının kapatılması çeşitli sorunlara yol açınca, yalıtım malzemesi kalıbın içerisine gömülerek dökülen betonun içinde kalması sağlanmış veya alçı pano detaylarıyla farklılık ortadan kaldırılmaya

çalışılmıştır. Böylece terlemenin az da olsa önüne geçilebileceği düşünülmüş ve döşeme yüzeyinde kot farkı ortaya çıkmamıştır (Korur, 2003), (Şekil 10).



**Şekil 10.** Terlemeyi engellemek için yapılan eps katmanı uygulaması.

*Figure 10. The eps layer application performed to prevent sweating.*

Bazı uygulamalarda kullanılan yerden ısıtma sisteminin petek sisteminde olduğu gibi ısınan havanın yeteri ölçüde sirkülasyonunu sağlamadığı düşünülerek, ısı mühendisleriyle yapılan çalışmalar sonucu dışa bakan cephelerde ısının daha fazla olması sağlanacak şekilde buradaki ısıtma borularının sayısı artırılmak suretiyle petek sistemi oluşturulmaya çalışılmış ve terlemenin engellenmesi amaçlanmıştır (Şekil 11).



**Şekil 11.** Terlemeyi engellemek için yapılan ısıtma sistemi.

*Figure 11. The heating system performed to prevent sweating.*

Bütün bunlar göz önüne alınarak, uygulanan bu detayların yoğunlaşma sorununu çözmeyip sadece öteleyeceği üretici firmalar tarafından anlaşılmıştır. Bu zamana kadar yapılan uygulamaların ısı izolasyonu açısından yeterli olmadığı görülmüş olup yeni yapılmakta olan uygulamalarda, dışarıdan ısı izolasyonu uygulamasına geçilmiştir.

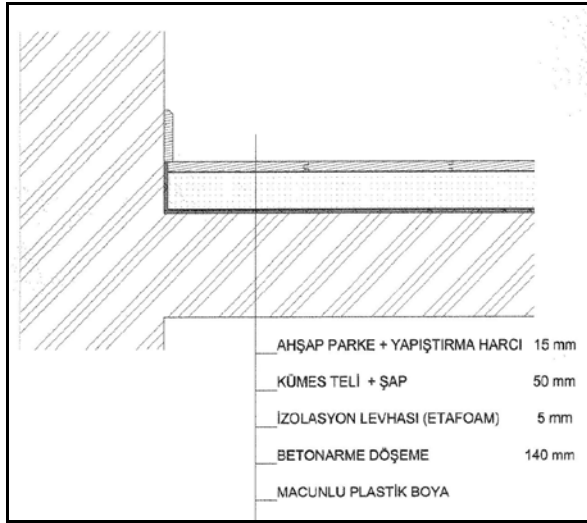
### Ses Yalıtımı Uygulaması

Tünel kalıp sistemle üretilen konutlar, monolitik bir yapı sistemini ile yapıldıkları için rijitlikleri son derece yüksektir. Dolayısı ile sesin yayılma hızı oldukça fazladır. Tünel kalıp sistemli konutlarda hava sesi ve darbe sesi olarak iki tip ses duyulmaktadır (İnalpolat, 1996).

Konya'da ki tünel kalıp uygulaması kullanıcıları özellikle adım seslerinden ve tesisattan gelen titreşimlerden şikayetçi olmaktadır. Komşu duvarlardan gelen seslerin, aşırı gürültü olmadığı zamanlarda önemsenmeyecek derecede az olduğunu belirtmekle birlikte, özellikle ısı merkezinin üzerindeki mekanlarda yaşayan kişiler kazan dairesinden gelen seslerden rahatsızlık duyduklarını vurgulamaktadırlar. Uygulayıcı firmalar bunun üzerine yapmış oldukları zeminden ısıtma sistemleri sorunu çözmeye çalışmış ısıtma sistemindeki tesisatın ve altına yerleştirilen yalıtım malzemesinin sesi az da olsa keseceği düşünülmüş fakat bir sonuç alınmamıştır. Ayrıca boru ve armatürler elastikiyetlik kazandıracak malzemelerle sarılarak istenmeyen gürültüler önlenmeye çalışılmıştır.

Yapılan bu uygulamaların yanı sıra, özellikle maliyet düşünülerek (kullanıcı konforu düşünülmeden) yapılmayan bir çok ses yalıtımı detayı bulunmaktadır. Öncelikle, darbe sesi sorunu, doğru uygulanması koşulu ile yüzer şap döşeme uygulaması ile engellenebilmekte, aynı zamanda yüzer şap uygulamasında kullanılan izolasyon malzemesi (etafoam vb.) sayesinde döşemeden gelebilecek olan herhangi bir darbe sesinin perde duvara iletilmemesi sağlanmaktadır (Şekil 12). Hava sesi için, arasında cam yünü bulunan sandviç duvarlar kullanılmalı veya bölücü olarak gaz betonu

örülerek üzeri mineral yün içerikli yalıtım malzemeleri ile kaplanmalıdır (Akdağ, 2001). Kalorifer kazanı ve hidroforun çalışması esnasında oluşabilecek istenmeyen sesleri engelleyebilmek için bu tarz cihazların oturacağı alana yüzer kaideler yapılmalı ve cihazların ayaklarına kauçuk esaslı takozlar koyularak titreşimden kaynaklanan sesler önlenmelidir (Kutay, 2004). Ayrıca temiz su borularının duvar ve döşemeden geçtiği yerlerde polietilen fitil, boruların duvar ve döşemeye tespitini sağlayan kelepçelerde ise esnek conta ve kauçuk kullanılmalıdır. Ses köprüsü ve borulardaki gerilimi azaltmak için ise vanaların cihaz tarafına kauçuk genişleme parçaları yerleştirilmelidir. Havada yayılan ses içinde ısı merkezinin tavan, döşeme ve duvarlarında izolasyon yapılmalıdır (Schaffer, 1988).



**Şekil 12.** Darbe sesi yutucu membranlarla yapılan yüzer şap uygulama detayı.

**Figure 12.** The detail of floating screed floor covering application performed with impact noise absorbing membranes.

Bu uygulamaların yanı sıra, tünel kalıp sistemiyle üretimi gerçekleştirilecek konutların tasarımı aşamasında ıslak hacimler üst üste getirilmeye özen gösterilerek, ıslak hacimler arasında temiz ve pis su tesisatlarının içerisinde yer aldığı tesisat duvarı oluşturulmalıdır. Oluşturulan tesisat duvarı doğrudan kaba döşeme üzerine oturtulmamalı ve arada ses yutucu malzeme mesnet olarak kullanılmalıdır.

Kazan dairelerinin duvarları sesi absorbe edecek şekilde uygulanmalı, brülöre ise susturucu takılmalıdır. Tesisat borularının askıları kauçuk malzemeyle monte edilmeli ve titreşime duyarlı (yaylı) hale getirilmelidir (Demirel ve Utkuğu, 1999).

### Estetik Sorunlar

Tünel kalıp sistemin Konya uygulamalarında karşılaşılan bir başka sorun ise tek düzeliktir. Monolitik bir sistem oluşturulması ve modüler bir yapı olarak kalıp kullanım kolaylığı sağlamasıyla birlikte tünel kalıp sistemle üretilen konutlarda monoton bir görüntü elde edilmektedir. Bu da kullanıcı ve şehrin genel görüntüsü açısından tek düze yapıların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Şekil 13).



**Şekil 13.** Tünel kalıpla üretilen konutlarda monotonluk.

**Figure 13.** The monotony in the residences built with tunnel formwork system.

Son zamanlarda bu monotonluk belirli yerlerde yapılan girinti ve çıkıntılar veya cephe elemanlarında (cephe prekastı, balkon prekastı gibi) kullanılan renk, doku ve çizgilerle yok edilip, belli bir estetiğin yakalanmaya çalışıldığı görülmektedir. Özellikle, betonun kolay şekil almasından yararlanılarak elde edilen tekstürlü ve motifli panel elemanlar ile sağlanan dekoratif cephelerin yapıya büyük canlılık getirdiği gözlenmektedir (Korur, 2003), (Şekil 14).





**Şekil 14.** Tekstür desenli prekast cephe elamanının monotonluğa etkisi.

*Figure 14.* The effect of tekstur figured precast facade member to the monotony.

Tünel kalıp sistemin kullanıldığı diğer büyük kentlerde ise böyle bir monotonlukla karşılaşılmayıp aksine simetrik planlamalar yerine antimetrik (çapraz simetrik) planlamalar göze çarpmaktadır. Yeterli finansman sağlandığı takdirde çok çeşitli uygulamaların yapılabileceğinin bilinmesi gerekmektedir ki, geleneksel sistemde uygulanan çıkma detayları ve farklı cephe hareketlerini Ankara'da MESA Mesken Sanayii A.Ş. tarafından yapılan tünel kalıp uygulamalarında görmek mümkündür (Şekil 15-17).



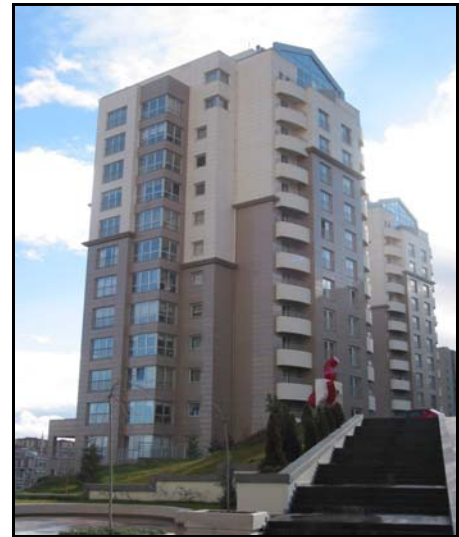
**Şekil 15.** Mesa uygulamaları – Konutkent 2 örneği.

*Figure 15.* Mesa applications – Konutkent 2 model.



**Şekil 16.** Mesa uygulamaları - Şafak sitesi örneği.

*Figure 16.* Mesa applications – Şafak housing estate model.



**Şekil 17.** Mesa uygulamaları – Koza plaza örneği.

*Figure 17.* Mesa applications – Koza plaza model.

## SONUÇ

Tünel kalıp sistemi, monolitik bir yapı olmasıyla birlikte depreme ve yangına karşı olan dayanıklılığıyla, dökülen betonun kullanılan yöntemler sayesinde çabuk dayanım kazanmasıyla, uygulamasında daha önceden üretilerek yerinde montajı sağlanan prekast yapı bileşenleri sayesinde hızlı bir üretim gerçekleşmesiyle, her ne kadar pahalı bir ön yatırım maliyeti varsa da, doğru planlama

yapıldığı takdirde kalıp elemanlarının yüzlerce defa kullanılabilir olmasıyla birlikte yatırım maliyetini önemli miktarda düşürmektedir.

Tünel kalıp sistemin üretime getirdiği ekonomiklik, hız, kalite, uygulama kolaylığı, depreme dayanıklılık vb. yararlarına karşın Konya'da gerçekleştirilen uygulamalarında halen teknik uygulama ve dolayısıyla kullanım sorunları bulunmaktadır.

- Uygulayıcı firmaların maliyeti ön plana çıkaran yaklaşımlar sergileyerek özellikle ısı ve ses yalıtımı sorunlarının giderilmesine ilişkin doğru detayları uygulamaması,
- Uygulanacak olan detayların daha önceden alınan kararlar doğrultusunda projelendirilmeyip, yapım esnasındaki müdahalelerle şekillenmesi,
- Yapı üretim sisteminin yeni olması sebebiyle, uygulayıcı firmalardaki işçilerin kalifiye olmaması ve konu ile ilgili bilgilendirme düzeyinin yetersizliği ve deneme yanılma yoluna gidilen uygulamaların çoğunlukla başarısızlıkla sonuçlanması,
- Özellikle yeni malzeme kullanımı ve konstrüksiyon teknikleri bağlamında, firmalar veya kurumlar bazında AR-GE çalışmalarına ağırlık verilmemesi,

- Üretici firmalar, yapı denetim şirketleri ve müşavir firmalar arasında örgütlenme sağlanamaması nedeniyle karşılaşılan koordinasyon eksikliği, bununla birlikte yapı denetim şirketlerinin üretilen yapıyı sadece strüktür ve zemin açısından denetlemesi ve yapılan bu denetimde genelde yapı kalitesi kavramının dışlanması,

- Üretici firmanın yapı üzerindeki sorumluluğu binanın satışı gerçekleştirildikten sonra bitmesi, anlaşmaya bağlı olarak belli bir süre teknik destek sağlanmaması,
- Denetim noksanlığı nedeniyle yanlış uygulamaların yaygınlık kazanması ve toplum bilinci oluşturulamayarak yanlış uygulama yapan firmalara fırsat verilmesi neticesinde parası olan insanların bile mağdur edilmesi sonucuyla karşılaşılmaktadır.

Gerekli tedbirler alınmadığı takdirde, erken yapı hasarlarının oluşmasıyla birlikte, yapı ve çevresinde kullanıcı için amaçlanan konfor ve görsellik kısa sürede kaybolabilecektir. Üretici firmalar tarafından sorunların bilinmesine rağmen maliyet ön planda tutularak yanlış çözümler üretilmeye ve uygulanmaya devam edilmesi halinde ise, sistemin deprem faktörü nedeniyle şu anda gözlenen avantajlı durumunun tersine döneceği bilinmelidir.

## KAYNAKLAR

- Akdağ, N.Y., 2001, Ses yalıtımı açısından iç duvarların değerlendirilmesi, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yalıtım Kongresi, 108-113, 23-25 Mart, Eskişehir.
- BS 6093, 1981, Code of Practice for Design of Joints and Jointing in Building Construction, British Standarts, 5-24.
- Boyacı, A., 1990, Tünel Kalıp Sistemiyle Çok Katlı Toplu Konut Üretiminde Tasarım Kısıtlamaları Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demirel, F. ve Utkutuğ, Z., 1999, Tünel kalıplarla üretilen konutlarda tesisattan kaynaklanan gürültü sorunu, Yapı 210, İstanbul, 97-104.
- Freedman, S. and Kenney A.R., 1989, Architectural Precast Concrete, Precast/Prestressed Concrete Institute, Chicago, USA.
- Gönençen, A., 1991, Gelişmiş yapı teknolojisinde tünel kalıp, İnşaat Dergisi, 18-20.
- İnalpolat, C., 1996, Tünel Kalıp Sistemler ve İzolasyon Problemleri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Korur, S., 2003, Tünel Kalıp Sistemi Uygulamasında Oluşan Kritik Noktalar Ve Uygulama Sorunları, Yüksek Lisans Semineri, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kumcu, E.M., 1997, Tünel Kalıp Kullanımının Bina Yüksekliği Üzerindeki Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Kutay, M.R., 2004, MESA Mesken Sanayii A.Ş. Genel Müdür Yardımcısı ve Yüksek İnşaat Mühendisi, 14.01.2004 tarihinde gerçekleştirilen kişisel görüşme.
- MESA Teknik Şartname, 1998, Birleşim Derzleri ve Sızdırmazlık Malzemeleri Seçim Uygulamaları Teknik Şartnamesi, MESA Araştırma Geliştirme Birimi, Ankara.
- Schaffer, M.E., 1988, HVAC Sistemleri İçin Ses ve Titreşim Kılavuzu, TTMD Teknik Yayınları.
- Utkutuğ, Z., ve Özmen F., 1991, Endüstriyel konut üretiminde cephe panellerinin taşıyıcı sisteme entegrasyonu ve birleşim yeri sorunları, Türkiye’de Son On Yılda Toplu Konut Uygulamaları Sempozyumu, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 213-220.

