

## TÜRK İNŞAAT SEKTÖRÜNDEKİ TÜNEL KALIP TEKNOLOJİSİ UYGULAMALARINDA PREKAST YAPI BİLEŞENLERİ PROJELENDİRME VE UYGULAMA SORUNLARININ NEDEN VE ÇÖZÜMLERİ\*

Saim KORUR, Ercan H. OĞUZALP, Süheyla BÜYÜKŞAHİN SIRAMKAYA  
Selçuk Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Kampüs/KONYA  
skorur@selcuk.edu.tr, eoguzalp@selcuk.edu.tr, buyuksahin@selcuk.edu.tr

**ÖZET:** Bu çalışmanın kapsamı içinde ele alınan araştırmanın konusu, tünel kalıp sistemle üretilen konutlarda kullanılan prekast yapı bileşenlerinin taşıyıcı sisteme entegrasyonu ve birleşim yeri sorunlarının belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda, tünel kalıp sistemin üretim hızını olumlu yönde etkileyen prefabrike yapı bileşenleri tanıtarak, özellikle prekast cephe panelleri ve merdivenlerde projelendirme ve uygulama hatalarından dolayı karşılaşılan problemler yerinde yapılan tespitler neticesinde irdelenmiştir. Sonuç bölümünde ise bu sorunların giderilmesi amacıyla çeşitli öneriler getirilerek, özellikle hafif yapı elemanlarından faydalanılması gerekliliği belirtilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Tünel kalıp, prekast bileşenler, ön yapı

### Reasons And Solutions of Design and Application Problems of Precast Building Components in Tunnel Formwork Technology Applications in Turk Construction Sector

**Abstract:** The subject of the research discussed in this study's scope is about the integration of the precast building components used in the houses built with tunnel formwork system to the structural system and determination of the joint problems. In the direction of this aim, prefabricated building components affecting the production speed of tunnel formwork system in a positive way are introduced, the problems faced especially in precast facade panels and stairs because of the design and application errors are examined with the determinations in site. In the conclusion part various proposals are brought and the necessity of making use of especially the light building components is indicated.

**Key Words:** Tunnel formwork, precast members, pre-construction

### GİRİŞ

Günümüzde hızla artan nüfus, gelişen teknoloji ve sınırlı yatırım kaynaklarımızın en rasyonel şekilde kullanılma zorunluluğu, konut üretiminde farklı anlayışları ortaya çıkarmıştır. Konut ihtiyacındaki artış, hızlı, ekonomik ve kaliteli konut üretimi ihtiyacını doğurmuş ve bu ihtiyaç endüstrileşmiş yapı sistemlerini ortaya çıkarmıştır (Şahin, 1999). Ülkemizde ön yatırım maliyeti yüksek endüstrileşmiş yapı yöntemleri yerine, tünel kalıp teknolojisi yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Son zamanlarda en ideal çözüm olarak kabul

edilerek, TOKİ uygulamalarıyla da gündemde olan bu sistem, sürat ve ekonomikliğin yanı sıra; dayanım, kalite ve estetiği de bünyesinde taşıyan yapı teknolojilerinden biri olarak uygulama alanı bulmaktadır (Korur, 2004).

Tünel kalıp sistemde, taşıyıcı duvarlar ve döşemelerin bütün halinde ve tek bir işlemle yerinde dökülmesiyle (in-situ) monolitik bir yapı elde edilmekte, bununla birlikte deprem bölgeleri için dayanıklı ve elverişli bir strüktür oluşturulmaktadır (Kumcu, 1997). Bu sistemde kullanılan temiz ve pürüzsüz kalıplar sayesinde beton yüzeyler düzgün olmakta, böylece boya işlemleri sırasında yüzey düzgünlüğü ve

\* Bu çalışma Yrd. Doç. Dr. Ercan H. OĞUZALP danışmanlığında, Mimar Saim KORUR' ca hazırlanan Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde 2004 yılında kabul edilen "Tünel Kalıp Sistemi Uygulamalarında Karşılaşılan Teknik Sorunlar ve Üretilen Çözümlerin İrdelenmesi" konulu Yüksek Lisans tezinden yararlanılarak yapılmıştır.

temizliğinden dolayı süreden ve paradan tasarruf sağlanmaktadır. Geleneksel yapım sistemlerinde olduğu gibi betonun yeterli dayanım kazanma süresi normal koşullarda 21 gün olduğu halde, tünel kalıp sistemde beton yeterli dayanıma ısıtma ile (kürleme) 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 sistem, İstanbul, Ankara, İzmir vb. illerimiz başta olmak üzere birçok ilimizde çeşitli firmalar tarafından uygulanmış ve halen uygulanmaktadır. Sistemin çeşitli avantajlarının yanı sıra, özellikle prekast yapı bileşenlerinin uygulama esnasında birtakım sorunları beraberinde getirmesiyle birlikte kullanıcılara belli noktalarda sıkıntı çıkardığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada, Ankara ve Konya'daki tünel kalıp sistemi uygulamalarında kullanılan prekast yapı bileşenlerinde karşılaşılan sorunlar ve uygulayıcı firmaların bu sorunlara yaklaşımları yerinde incelenmek suretiyle görsel materyaller elde edilmiştir. Çalışmanın amacı, avantajlarının yanı sıra prekast yapı bileşenlerinin birleşim detaylarından kaynaklanan birtakım kullanım sorunlarının bulunduğunu ortaya koyarak, bu sorunlara dair doğru detaylar üretilmek veya hafif yapı elemanlarından yararlanılmak suretiyle bu teknolojinin daha bilinçli kullanımını sağlamaktır.

## TÜNEL KALIP SİSTEMDE KULLANILAN PREKAST YAPI BİLEŞENLERİ

Toplu konut uygulamalarında tünel kalıp teknolojisinin en önemli tercih sebebi sistemin üretime getirdiği sürattir. Kalıp teknolojisi kullanılarak üretim yapılmasından dolayı kazanılan hız faktörü, özellikle ön yapımlı elemanların montajı ile fazlasıyla desteklenmektedir. Tünel kalıp sistemde prefabrike yapı bileşenleri kullanımıyla, seri üretimin sadece taşıyıcı sistemde değil aynı zamanda strüktüre entegre olan yapı bileşenlerinde de olabileceği ortaya konulmaktadır. Prefabrike elemanlar taşıyıcı,

kendini taşıyan ve taşınan sistemler olarak üçe ayrılırlar. Tünel kalıp sistemde kullanılan ön yapımlı elemanlar, kendini taşıyan ve taşınan guruptandır (Barka-Zorbozan,1995). Üretimlerinde genellikle beton, hafif beton ve çelik yapı malzemeleri kullanılan prefabrike yapı elemanları, fabrikalarda üretilebilecekleri gibi şantiye sahasındaki atölyelerde de üretilbilirler (Resim 1-2)

Üretimi tamamlanan yapı elemanları, betonarme perdelerde ve döşemelerde kendileri için daha önceden boş bırakılan yerlere ankre edilmektedirler. Tünel kalıp sistem uygulamalarında kullanılan prekast yapı bileşenleri; cephe prekastları yada sandviç paneller, bölme duvarlar, merdivenler, ara sahanlıklar, balkon parapetleri ve bacalardan oluşmaktadır (İnalpolat, 1996).



**Resim 1.** Prekast yapı elemanı üretim yeri.

*Photo 1. Production area of precast building components.*



**Resim 2.** Şantiyede kurulan prekast eleman döküm atölyesi.

*Photo 2. Precast components casting atelier in building site.*

### Prekast Cephe Panelleri

Tünel kalıp tekniği ile üretilen konutlarda kullanılan cephe panelleri uygulama esnasında üretime hız kazandıran yapı elemanlarının başında gelmektedir. Prekast panel kullanımı ile yapı bütününde hız kazanmanın yanı sıra, tasarım esnekliği, renk, doku, masiflik, estetik ve ekonomi gibi yönlerden de avantajlar sağlanmaktadır (Freedman-Kenney, 1989). Günümüzde istenilen renkte ve dokuda üretilebilen prekast cephe elemanı yüzeyi, düz (textürsüz) imal edilmesinin yanı sıra isteğe bağlı olarak tekstürlü de üretilebilmektedir. Üretim esnasında yüzeye işlenen desenler sayesinde fazladan hiçbir işçilik gerektirmeyerek boyanmaya hazır halde olan cephe panelleri, tekrarlanan bir sistem olan tünel kalıbın tekdüzeliğini büyük ölçüde azaltmaktadır (Resim 3).



**Resim 3.** Prekast cephe panellerinin cepheye kazandırdığı hareketlilik.

*Photo 3. The vivacity which the precast facade panels made facade to gain.*

Prekast cephe panelleri kendileri için hazırlanan vibrasyonlu masalar üzerinde üretilirler. Masa içerisine projeye uygun olarak yerleştirilmiş olan donatılar üzerine katkı betonun dökülmesiyle birlikte vibrasyona tabii tutulurlar (Resim 4). Vibrasyon sayesinde betonun donatılar arasına yeteri kadar girerek homojen şekilde dağılması sağlanır. Daha sonra

üst perdesi kapatılarak kürlenme işlemine bırakılan beton yeterli mukavemete ulaştıktan sonra kalıptan sökülür.



**Resim 4.** Vibrasyonlu masada prekast cephe paneli üretimi.

*Photo 4. Precast facade panel production on the vibrated table.*

Şantiye veya fabrikada üretilebilen cephe panelleri vinçler aracılığıyla taşınarak montajının gerçekleştirileceği kat seviyesine çıkartılır (Resim 5). Cephe prekastlarına önceden yerleştirilen elemanlara karşılık, döşeme plağında ve perde duvarda aynı aksı yakalayacak lamalar ve profiller bulunmaktadır. Cephe prekastının perde duvardaki profile bağlantısı yapıldıktan sonra aynı işlem tüm katlarda uygulanır ve alt döşemeden ayarlamaları yapıp bütün prekastlar şakulüne getirildikten sonra döşeme üzerinde bulunan lamalara kaynatılırlar (İnalpolat, 1996).



**Resim 5.** Prekast cephe panelinin vinç vasıtasıyla yerine taşınması.

*Photo 5. Carrying the precast facade panel to its place by the means of a crane.*



**Resim 6.** Arasında ısı yalıtımı katmanı bulunan sandviç paneller.

*Photo 6. The sandwich panels which have heat insulation layer in between.*

Tek katmanlı prekast cephe panellerinin yanı sıra, dıştan yalıtım (mantolama) işleminin gerçekleşmesinin zor olacağı ortamlarda (yüksek yapılar, soğuk iklimler) sandviç panel elemanlar kullanılarak çözüme gidilebilmektedir. Sandviç paneller, iki beton yüzey arasına ısı yalıtımı malzemesinin yerleştirilmesiyle üretilmektedir. Dıştaki panel yalıtımı ve estetiği sağlarken, içteki panel ise perde duvara ve döşemeye montajı gerçekleştirerek taşıyıcı görevi üstlenmektedir (Resim 6).



**Resim 7.** Sandviç cephe panelleri uygulaması.  
*Photo 7. The application of sandwich facade panels.*

Tünel kalıp elemanı üretimi yapan bir şirket tarafından Rusya'da (Schaikowka)

gerçekleştirilen 1056 konutluk tünel kalıp uygulaması sırasında uygunsuz hava şartları nedeniyle mantolama işlemi yapılamayacağından dolayı 6 cm.lik dış panel, 8 cm.lik ısı yalıtım malzemesi ve tekrar 8 cm.lik iç panel olmak suretiyle toplam 22 cm.lik sandviç paneller kullanılmıştır. Panel elemanlara dişler yapılarak perde alınları kapatılmış ve böylece yalıtım malzemesinin sürekliliği sağlanarak ısı yalıtımı gerçekleştirilmiştir (Kutay,2004 Resim7).

### Merdivenler ve Ara Sahanlıklar

Tünel kalıp uygulamalarında merdivenler, genellikle şantiyede veya prekast atölyelerinde üretilirler. Atölyede üretilen merdivenler stok edilirler ve ihtiyaç duyulduğu zaman şantiye ortamına getirilirler. Uygulama sırasında ilk olarak dökümü tamamlanmış olan merdiven sahanlığı lamaların kaynatılması işlemi ile yerine ankrajlanır ve daha sonra merdiven dökümü sırasında içerisine gömülen kancalardan tutularak vinçler yardımı ile projede belirtilen yerine taşınır (Resim 8).



**Resim 8.** Prekast merdivenin yerine montajının gerçekleştirilmesi.

*Photo 8. The mounting of the precast stairs to its place.*

Burada dengeye alınan merdiven, döşeme ve sahanlığa bindirilerek daha önceden özel olarak hazırlanan lamaların birbirine kaynatılması işlemi gerçekleştirilir. Böylece perdeye ankrajlanan merdivenin montajı tamamlanmış olur. Merdiven evini çevreleyen üç duvarında taşıyıcı olması, merdiven kolunun rijitleştirilmesi yönünden kolaylık sağlar.

Merdivendeki kol sayısı projeye bağlı olarak değişebildiği gibi, merdivenin iki kollu çalışması halinde ara sahanlıklarda ön yapımlı olarak üretilmektedir. Ara sahanlıklar kendini taşıyan ve taşıyan konumdadır. Projeye uygun olarak demir donatısı yerleştirilen ara sahanlık kalıbının içerisine, üretim sonrası vinç yardımı ile yerine taşınması sırasında tutulabilmesi için çelik kancalar ağırlık merkezi göz önünde bulundurularak yerleştirilir. Merdiven kollarının sahanlığa oturacağı birleşim noktalarına ise profiller yerleştirilerek beton dükülür (Resim 9).



**Resim 9.** Prekast atölyesinde sahanlık üretiminin gerçekleştirilmesi.

*Photo 9. The landing production in precast atelier.*



**Resim 10.** Prefabriğe olarak üretilen ara sahanlığın yerinde montajı.

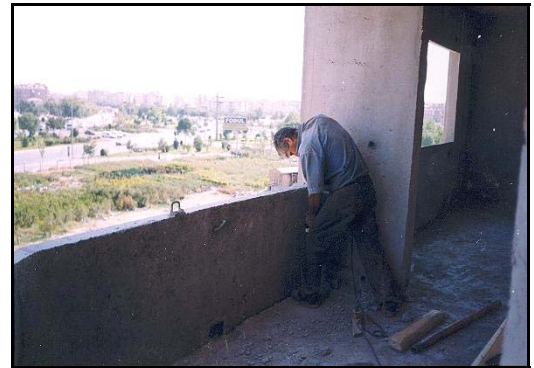
*Photo 10. The mounting of prefabricated intermediate landing in its place.*

Ara sahanlık elemanı tünelin açık cephesindeki karşılıklı iki perdeye asılırlar (Resim 10). Önceden perdeye yerleştirilen kutu profile karşılık gelecek şekilde ara sahanlık alt

yüzeyine yerleştirilen özel profil ya da lama köşebende oturtularak kaynak montajı yapılmaktadır. Ara sahanlıklar yan yüzlerdeki perdelerle iki noktadan bağlanmak suretiyle rijitlikleri artırılır, böylece merdiven kollarını da rahatlıkla taşıma imkanı bulurlar.

### Balkon parapetleri

Tünel kalıp sistemlerde balkon, cephe duvarlarının taşıyıcı olması nedeniyle genellikle kat döşemesi ile çıkılan konsollar üzerine prekast balkon parapetleri kullanılarak çözümlenmektedir. Ön yapımlı olarak üretilen balkon parapetleri vinçler vasıtasıyla taşınarak montajı yapılacak kat hizasına çıkartılır. Döşeme üzerine yerleştirilen prekast eleman, perde duvarlar ve döşeme betonu dikkate alınarak dengeye alınır. Daha sonra üretim esnasında perde duvara ve parapete yerleştirilen lamaların birbirine kaynatılması ile yerine montajı gerçekleştirilir (Resim 11).



**Resim 11.** Prekast balkon parapetinin yerinde montajı.

*Photo 11. The mounting of the precast balcony parapet in its place.*

### PREKAST YAPI BİLEŞENLERİ UYGULAMA SORUNLARI

Tünel kalıp sistemi uygulamalarında prekast yapı bileşenlerinden fazlasıyla faydalanılmaktadır. Sisteme kazandırdığı sürat, ekonomi, işçilikten tasarruf, estetik vb. özelliklerin yanı sıra, bu yapı elemanlarının montajı sırasında doğru uygulanmayan bazı detaylar ve ekonomik kaygılar sebebiyle

zamanla kullanıcıya yansıyan birtakım sorunlarla karşılaşmaktadır. Yapıların kullanımını esnasında ortaya çıkan bu sorunlar özellikle prekast cephe panelleri ve merdivenlerde meydana gelmektedir.

### Prekast cephe panelleri birleşim sorunları

Sistemin uygulaması esnasında kullanılan prekast cephe elemanları ile perde duvarlar ve döşemeler arasında boşluklar kalmaktadır. Bu boşluklar derz olarak adlandırılmakta ve derzler dış çevre ile ilişkisine göre kapalı ve açık derzler olarak sınıflandırılmaktadır. Gerek iş gücünün niteliği gerekse de ek yerlerinde kaliteli malzeme kullanımının maliyeti yükseltmesi sonucu, ülkemizde kapalı derzlerin kullanımına yönelinmektedir. Ancak kapalı derzlerin uygulanmasında seçilen derz dolgu malzemesinin kalitesi ve uygulama kriterleri önem kazanmaktadır. Tünel kalıbın uygulanmaya başlandığı ilk yıllarda bu boşluklar kapalı derz tekniği kullanılarak sıva harcı ile doldurulmaya çalışılmıştır. 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 olamayarak aşırı derecede ısı kaybına neden olmuştur. Bu sebeplerle kapalı derz tekniği uygulamasında izolasyon malzemesi olarak harç kullanılması doğru değildir. İleriki zamanlarda poliüretan fitil ithal edip uygulamaya başlayan uygulayıcı firmalar, boşluğa açıklık miktarının bir boy büyüğü ebadında daire kesitli fitilleri sıkıştırarak monte ederek üzerine akrilik esaslı mastik macun uygulaması yapmışlardır (Resim 12).

Dışarıdan bu uygulama yapılırken prekast cephe elemanının yerleştirildiği iç hacimdeki birleşim noktalarına ve kaynak yapılan bölgelere ise poliüretan köpük uygulanarak içeriden de izolasyon sağlanmaktaydı (Resim 13). Derzler doldurulurken önce dış sonra iç cephe izole edilmekteydi.



**Resim 12.** Prekast cephe elemanı ile duvar arası boşluğun dışarıdan izolasyonu.

**Photo 12.** The insulation of the cavity between the precast facade member and the wall from the outside.

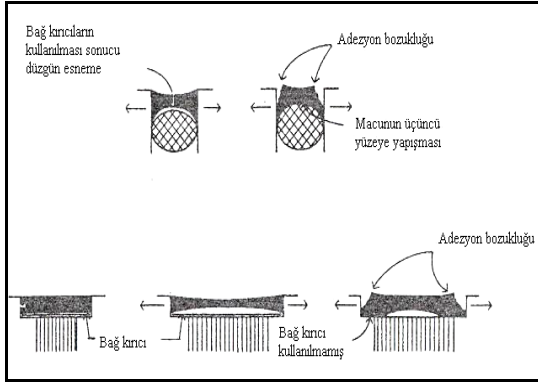


**Resim 13.** Prekast cephe elemanı ile duvar arası boşluğun içeriden izolasyonu.

**Photo 13.** The insulation of the cavity between the precast facade member and the wall from the inside.

Kapalı derz oluşumunda; malzemede meydana gelebilecek adezyon ve kohezyon bozukluğu derzlerde, hava ve su sızmasına neden olacağından, geçirimsizlik ve dolgu malzemeleri (mastik dolgu), derz genişliği ve hareketine bağlı olarak dikkatle seçilerek geometrileri (kesitleri) belirlenmelidir (Anon, 1981). Fitillerin ise uygulama kolaylığının yanı sıra tıkaç görevini etkin şekilde yerine getirebilmesi için üretici firma tarafından önerildiği gibi, boşluğa yerleştirilen fitil derinliği genişliğinin yarısını geçmemelidir (Demirel, 1995). Ayrıca fitil içeriye fazla sokularak üzerine birebir ölçüde mastik yapıldığında, mastik karşılıklı iki kenarı yakalaması gerekirken, komşu iki kenarı yakalayarak üçüncü kenarı

birakmakta ve açıklık kapanmamaktadır (Kutay, 2004) (Şekil 1). Böylece uygulama doğru sonuçlanmamakta ve mekan zamanla su ve rüzgar gibi dış tesirlere açık hale gelmektedir. İşte bu sebeple prekast panellerin derz yalıtımlarında çift durdurmalı kapalı derz izolasyon yöntemi veya açık derz izolasyon yöntemi uygulamasının daha uygun olacağı bilinmektedir.



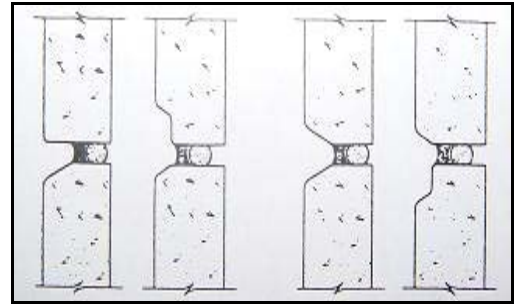
**Şekil 1.** Plastik kıvamlı macunların üç yüzeye yapışması sonucu oluşan adezyon bozukluğu (Anon, 1991).

**Figure 1.** The adhesion defect occurred as a result of the adhesion of the the plastic tenacious mastic to three surfaces (Anon, 1991).

Derzler geçirimsizlik ilkesine göre ele alındığında tek durdurmalı ve çift durdurmalı olarak ikiye ayrılmaktadır. Tek durdurmalı derz uygulamasında, sızdırmazlık kapasitesini belirleyen tek bir savunma hattı söz konusudur. Derz genişliği ve hareketlerin standart olduğu durumlarda tek durdurmalı derzler uygulansa da, bu sistemde yalıtımın arka bölümünde bir drenaj boşluğu bırakılmalı ve bu boşluğun ventler yardımıyla yer yer dış ortamla ilişkilendirilmesi gerekmektedir (Şekil 2) (Azcan Rastgeldi, 2001). Yapım ekonomisi açısından düşük maliyetli olması dolayısıyla bu yöntemi uygulayan bazı firmalar, özellikle rüzgarlı yağışlarda dolgunun iki tarafında oluşan büyük basınç farkı dolayısıyla yağmur suyunun içeriye sızmasına engel olamamışlardır.

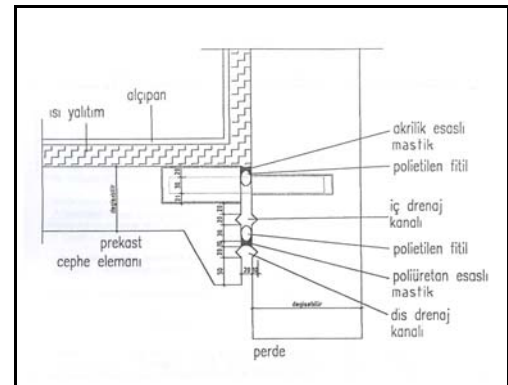
Çift durdurmalı derz uygulamasında ise, sızdırmazlık iki aşamalı engellemeye sağlanır. Bu izolasyon yöntemini uygulayarak kullanıcı sorunlarını büyük ölçüde çözen bazı firmalar, düşey derzin dış tarafında 4-5 cm. derinliğinde

bir drenaj kanalı oluşturup, hem kullanılan macunu dış etkilerden koruyarak ömrünü uzatmakta, hem de rüzgarın sürüklediği yağmur suyunun %80'inin macuna ulaşmadan, dış drenaj kanalı çeperlerinden aşağıya iletilmesini sağlamaktadır (Şekil 3) (Anon, 1967). Durdurucu görevi gören ilk drenaj kanalından içeri sızabilen suyun aşağıya iletilmesi için ikinci bir drenaj kanalı daha oluşturmakta, drenaj kanallarının kenarlarının çapaksız ve keskin hatlı olmasını sağlayarak buraya giren suyun akışını kolaylaştırmaktadır. Dış drenaj kanalının hemen gerisinde ilk durdurma, bağ kırıcı özellikli fitil üzerine macun uygulanarak yapılmaktadır. Derzin iç tarafına içeriden bağ kırıcı fitil yerleştirilmekte, bunun üzerine ise akrilik esaslı mastik uygulaması yapılmaktadır. Çift durdurmalı izolasyon yönteminde başarılı bir uygulama için gereken işçilik ve malzeme, maliyete yansacaktır.



**Şekil 2.** Tek durdurmalı derz izolasyon yöntemi (Warszawski, 1990).

**Figure 2.** The method of pointing insulation with one stop (Warszawski, 1990).



**Şekil 3.** Çift durdurmalı kapalı düşey derz izolasyon yöntemi.

**Figure 3.** The insulation process of the closed vertical joint with two stops.

Günümüzde prekast cephe elemanlarını kullanarak üretim yapan bazı firmalar üretim toleransı hesapları yapmaksızın prekast bileşenleri yerlerine takmakta ve yapı elemanları arasındaki kalan boşlukları kapatırken de tek durdurmalı derz izolasyonunu uygulamaktadır. Prekast elemanların hatalı ve bilinçsiz şekilde takılması nedeniyle oluşan bu boşluklar doldurulsa bile rüzgarlı yağışlar sırasında dolgunun iki tarafında büyük bir basınç farkı oluşmaktadır. Bağlı olarak oluşan hava akımı ve pompalama etkisiyle en ufak bir delikten bile mekan içine su ve rüzgar geçirmekte, böylece iç cephe boyasının veya kaplama malzemesinin deforme olmasına neden olmaktadır.

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 (fitiller) için en uygun zaman soğuk günlerdir. Uygun ortam ve 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 göz ardı edilmemelidir (Mesa Teknik Şartname, 1998). İzolasyon uygulanacak yüzeyin ısı da dikkate alınmalı ve sağlıklı bir derz yalıtımı için panellerin derz yüzeylerinin düzgün olması gerekmektedir.

Düşey perde duvarlara “yandan asma” şeklinde bağlanırken, alttan ve üstten döşemelere tutturulan prekast cephe elemanlarının 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 olmak suretiyle panelin toplam ısı geçirgenlik direncini azaltıp, yoğuşmaya neden olabilmektedir. Bu sorunun ortadan kaldırılabilmesi ise montaj sırasında ek ısı yalıtım malzemelerinin kullanımını gerektirmektedir (Utkutuğ-Özmen, 1991).

Bütün bunların yanı sıra ülkemizde prekast cephe paneli üretiminde kalıplama ve kalıptan alma işlemlerinde hataların minimize edilmesi güç olmaktadır. Cephe panellerinin taşınması, yerine yerleştirilmesi ve şantiye ortamında depolanması sırasında dikkatsizlik ve gerekli hassasiyetin gösterilmemesi sonucu özellikle köşe noktalarında kırılmalar veya çatlamlar oluşmakta, bu hasarların yoklama sıvası çekilmek suretiyle doldurulması fazladan işçilik gerektirmektedir (Resim 14). Şantiyede istiflenen prekast elemanların metal ankrajları ise açık hava şartlarından dolayı paslanmaktadır (Resim 15).



**Resim 14.** Cephe panellerinde meydana gelen bozulmalar ve kırılmalar.

*Photo 14. The defeats and breaks happened in facade panels.*





**Resim 15.** Metal ankraj üzerinde oluşan paslanmalar.

*Photo 15.* The rust occurred on the metal anchorage.

Bu nedenle günümüzdeki uygulamaların büyük bir kısmında, sisteme kazandırdığı sürat, ekonomiklik ve işçilikten tasarruf gibi avantajları göz ardı edilerek, prekast cephe elemanları yaygın şekilde kullanılmamaktadır. Tünel kalıpla üretim yapan bir çok firma tarafından yapılan uygulamalarda artık cepheler yatay delikli tuğlalar veya bims bloklar ile örülmektedir.

#### Prekast merdiven birleşim sorunları

Tünel kalıp sistemde prefabrike elemanların uygulaması esnasında oluşabilen sorunlardan biri de merdivenlerde meydana gelmektedir. Ön yapımlı olarak üretilen merdivenler, bir yandan döşeme üzerine diğer yandan ise kendisi gibi ön yapımlı olarak üretilen ve yerine ankrajlanan ara sahanlık üzerine yaklaşık 10 cm. bindirilip kaynatılmak suretiyle sabitlenirler (Resim 16). Daha sonra yan yüzdeki perdelerle bağlantısı gerçekleştirilerek merdivenin montajı tamamlanmaktadır.

Bazı tünel kalıp uygulayıcıları tarafından yapılan en büyük hata, montaj esnasında merdivenin ara sahanlık üzerine bindirme payı dikkate alınarak montajı gerçekleştirilmeyip, ucuca birleştirilerek alttan taşılmasıdır. Üretimi sırasında teknik elemanlar tarafından kontrolü çoğunlukla yapılmayan bu yanlış uygulama sonucunda, zayıf bir bağlantı oluşturulmakta ve geleneksel sistemle üretilen merdivenlerle karşılaştırıldığı zaman deprem yükleri karşısında, ön yapımlı merdivenin avantajlı durumu dezavantaja dönüşürmektedir.

Böylece hatalı uygulanmış merdivende oluşabilecek en ufak bir yük tesiri ile sirkülasyon bölümü tehlikeye girerek, özellikle kullanıcılar açısından büyük bir tehlike oluşturulmaktadır.



**Resim 16.** Prekast merdivenin ara sahanlık üzerine bindirilerek montajı.

*Photo 16.* The mounting of precast stairs by loading on the intermediate landing.

#### SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Ülkemizde bulunan insan nüfusunun sürekli artmasıyla birlikte yapılması gereken, sınırlı sayıdaki yapı inşaat alanlarında insan gereksinimlerine cevap verebilecek sağlıklı, ekonomik, çevreyle uyumlu olan çok sayıdaki meskeni olabildiğince kısa sürede üretmektir. İnşaat firmalarının arayışları doğrultusunda tünel kalıp sistemler özellikle konut üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Endüstriyel bir üretim sistemi olan tünel kalıp sistemi uygulanması esnasında, prefabrike yapı bileşenlerinden de faydalanılması kuşkusuz önemli bir gelişimdir. Ancak pre-endüstriyel yöntemin başarı kazanması, özellikle prefabrike yapı bileşenlerinde (prekast paneller ve merdiven) karşılaşılan uygulama sorunlarının çözümü, firma bazındaki tecrübelerin ARGE araştırmalarıyla birleştirilmesine bağlıdır.

Uygulamadaki sorunlara yönelik olarak üretici firmaların kullandıkları malzemeler doğrultusunda uyguladıkları detaylarda, yaşam kalitesinin genelde dikkate alınmadığı ve sorunların halen devam ettiği gözlenmektedir. Getirilen iyi çözümler ise çok az sayıdaki

firmanın uygulamalarıyla sınırlı kalmaktadır. Sistemin, prefabrike elemanlar bazında geliştirilen detaylarla birlikte sorunsuz bir şekilde kullanılabilir olması, geniş bir uygulama alanı kazandırılabilmesi ve kullanıcı memnuniyetinin sağlanabilmesi için;

- Üretimde sadece ilk yatırım maliyeti değil, kullanım maliyetinin de dikkate alınması gerektiği kavramı yerleştirilmelidir. Müteahhit firmaların ekonomi çabalarına son vererek özellikle derz tasarımlarında kullanılan malzemelerin; yüksek performanslı ve kullanım ömürleri göz önünde tutularak seçilmeli ve doğru detayların uygulanması sağlanmalı,

- Ülkemizde kalite anlayışının toplumun her birimi tarafından benimsenerek, kaliteyi üretmenin insana yapılan yatırım olduğu bilinmeli ve konu ile ilgili uzman elemanlar yetiştirilmeli (derz dolgu malzemelerinin çift durdurmalı derzlerin gerisine yerleştirilmesi konusunda),

- Yapım sürecini tanımlayan tasarımcı, bileşen üreticisi, uygulamacı ve montajı gerçekleştiren gruplar arasında koordinasyon mekanizması geliştirilmeli ve prekast cephe elemanlarının yerlerine asılma işlemi sırasında teknik personel tarafından derzler yakından gözlenerek toleranslar bakımından tam bir kontrol sağlanmalı,

- Birleşim derzlerinin geometrisine, prekast elemanların asılma ve yerleştirilme prensipleri göz önüne alınarak proje aşamasında karar verilmeli (yapım esnasında müdahalelerle şekillenmemeli) ve sızdırmazlık malzemeleri yapılan tasarım doğrultusunda seçilmeli ve kullanılmalı,

- Prekast yapı bileşenleri en kısa zamanda çift durdurmalı - açık derz biçiminde tasarlanmalıdır. Standartlar doğrultusunda yapılacak deneylerle derzin geçirimsizlik performansı sınılandıktan sonra estetik çözümlerle desteklenerek yeni üretilecek konutlarda uygulamasına geçilmelidir.

- Sızdırmazlık açısından başarılı bir sonuç elde edilebilmesi ve panel kenarlarında derin kanallar oluşturulması için gereken profillerin detay tasarımları özenli olmalı, kalıp işçiliği,

beton dökümü, kalıptan alınımı dikkatle yapılmalı, yerleştirme esnasında hasar oluşmaması için özen gösterilmelidir,

- Sisteme entegrasyonu konusunda belirli sıkıntıları görülen, prekast cephe panellerinin uygulanmasının devamı halinde kullanıcı konforu açısından hiçte hoş olmayan sonuçlar doğuracağı açıkça ortadadır. Sorunların giderilmesi sırasında kullanılan detaylarda ilk başta insan sağlığı ve kullanıcı konforu göz önüne alınarak toplum bilinci oluşturulmalıdır,

- Üretici firmanın yapı üzerindeki sorumluluğu binanın satışı gerçekleştirildikten sonra bitmemelidir. Anlaşmaya bağlı olarak belli bir süre kullanıcı sorunlarına yönelik teknik destek sağlanarak, prekast cephe panelleri arasında kalan yatay ve düşey derzlerin sızdırmazlıkları belli aralıklarla kontrol edilmelidir,

- Yapı denetim şirketlerinin üretilen yapıyı sadece strüktür ve zemin açısından değil, kritik noktalardaki detaylarıyla ve yapı kalitesiyle denetlemeli,

- Kullanıcılara, uygulanan sistem ve kullanılan yapı malzemeleri hakkında danışmanlık hizmeti verilmeli ve yanlış uygulama yapan firmalara rağbet gösterilmemelidir.

Gerekli önlemlerin alınmaması halinde, erken yapı hasarları oluşarak, yapı ve çevresinde kullanıcı için oluşturulmak istenilen rahatlık ve görsellik kısa sürede kaybolabilecektir. Belli başlı sıkıntıları göz önünde bulundurularak prekast ağır yapı bileşenlerinde ısrar edilmeyip, gelişmiş ülkelerde olduğu gibi yapının strüktürü üzerine monte edilerek uygulanan hafif yapı elemanlarıyla (vizyon ve opak giydirme cephe sistemi vb.) sistemin uygulanması sağlanarak daha rasyonel çözümlere ulaşılabileceği bilincine varılmalıdır.

Bazı üretici firmalar tarafından sorunların ve çözüm yollarının bilinmesine rağmen, maliyet ön planda tutularak prekast bileşenler bağlamında yanlış çözümler üretilmeye ve uygulanmaya devam edilmesi halinde ise, sistemin şu anda gözlenen avantajlı durumunun tersine dönebileceği bilinmelidir.

**KAYNAKLAR**

- Anon., 1967, "Drained joints in precast concrete cladding", NBA, London, pp: 7-19.
- Anon., 1981, "Code of practice for design of joints and jointing in building construction", British Standards BS 6093, pp: 5-24.
- Anon., 1991, "Standard guide for use of joint sealants", American Society for Testing Materials. ASTM. C:1193 pp: 243-251.
- Azcan Rastgeldi Ş., 2001, "Ankara'da Tünel Kalıp Tekniği İle Üretilen Toplu Konut Örneklerinde Yapı Kabuğu Hasarlarının Üretim Tekniği ve Bileşen Bağlamında Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Barka A.G., Zorbozan M., 1995, "Taşıyıcı Tabakalı Sandoiç Cephe Panellerinin Hesap Esasları", Beton Prefabrikasyon, Sayı: 33, s:5, Ankara.
- Demirel F., 1995, "Prefabrikte Büyük Boy Beton Panellerin Birleşim Yerlerinin Hava ve Su Geçirimsizlikleri Üzerine Bir Araştırma", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Freedman S., Kenney A.R., 1989, "Architectural Precast Concrete", Precast / Prestressed Concrete Institute, Chicago, USA.
- Gönençen A., 1991, "Gelişmiş Yapı Teknolojisinde Tünel Kalıp", İnşaat Dergisi, Araştırma, s:18-20, İstanbul.
- İnalpolat C., 1996, "Tünel Kalıp Sistemler ve İzolasyon Problemleri", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Korur S., 2004, "Tünel Kalıp Sistemi Uygulamalarında Karşılaşılan Teknik Sorunlar ve Üretilen Çözümlerin İrdelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. 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 görüşme, Ankara.
- MESA Teknik Şartname, 1998, "Birleşim Derzleri ve Sızdırmazlık Malzemeleri Seçim Uygulamaları Teknik Şartnamesi", Mesa Araştırma Geliştirme Birimi, Ankara.
- Şahin T., 1999, "Tünel Kalıp Teknolojisinin Konut Planlamasına Uyabilirliği Üzerine Bir Araştırma", Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Utkutuğ Z., 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, s: 213-220, İstanbul.
- Warszawski A., 1990, "Industrialization and Robotics in Building", Harper and Row Publishers, New York.

