



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 4, Article Number: 1A0223

ENGINEERING SCIENCES

Received: May 2011
Accepted: October 2011
Series : 1A
ISSN : 1308-7231
© 2010 www.newwsa.com

Musa Hakan Arslan
Hatice Derya Arslan
Saim Korur
Selcuk University
mharslan@selcuk.edu.tr
Konya-Turkey

TÜNEL KALIP SİSTEMİYLE ÜRETİLEN KONUTLARDA ISISAL VE İŞİTSEL KONFORUN SAĞLANMASI AMACIYLA BETONARME İÇİNDE PLASTİK MALZEME KULLANIMI

ÖZET

Bu çalışmada özellikle tünel kalıp binalarda ısı ve ses yalıtım eksikliklerini gidermek, sistemi hafifletmek, beton sarfiyatını azaltmak ve tüm bunların yanında taşıyıcı elemanların düşey/yatay yük taşıma kapasitelerini optimum düzeyde tutabilmek amacıyla, dairesel kesitli plastik malzeme kullanılarak üretilen betonarme elemanların testleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda çapları 6 cm olan plastik topların betonarme sistemlerde uygulanabilirliğine yönelik bir dizi araştırma yapılmıştır. Betonarme numuneler plastik toplu ve topsuz üretilerek, numunelerin ısı ve ses etkisi altında davranışları, ısı iletkenlik katsayıları, ses yutuculuk analizleri yapılmıştır. Çalışmada ayrıca toplu ve topsuz olarak üretilen perde ve döşeme gibi betonarme elemanların yapısal parametrelerine de değinilerek, çalışmanın uygulanabilirliği noktasında genel yorumlamalar yapılmış, analizler neticesinde elde edilen bulgular karşılaştırmalı olarak yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tünel Kalıp Sistem, Isısal ve İşitsel Konfor, Plastik Malzeme, Betonarme, Konut

USE OF PLASTIC MATERIAL IN REINFORCED CONCRETE FOR PROVIDING THERMAL AND ACOUSTICS COMFORTS IN RESIDENCE CONSTRUCTED WITH TUNNEL FORM SYSTEM

ABSTRACT

In this study, to eliminate thermal and acoustics insulation deficiencies especially in tunnel form buildings, to lighten structural system, to reduce concrete consumption and to keep lateral and horizontal load carrying capacities of structural members at optimum level, experimental studies have been conducted on reinforced concrete members produced with plastic material having circular section. In this scope, a series research has been performed on feasibility of plastic balls having 6 cm diameter in reinforced concrete systems. Reinforced concrete members have been produced with/without balls to analyze behavior under thermal and sound effect, thermal conductivity coefficient, and sound absorption. In this study, structural parameters have been mentioned on reinforced concrete members such as floor and shear wall produced with/without balls, also making some explanation on feasibility of the research and findings discussed in comparative way.

Keywords: Tunnel Form System, Thermal and Acoustics Comfort, Plastic Material, Reinforced Concrete, Residence

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Tünel kalıp sistemler, binaların döşeme ve duvarlarının büyük kalıp elemanlarla döküldüğü monolitik bir yapı taşıyıcı sistemidir. Özellikle yapım hızının konvansiyonel sisteme göre çok hızlı olmasıyla beraber gelen ekonomik kazanç, bu tür yapı sistemine olan talebi artırmıştır. Ayrıca standartlaşmış ölçüler ve sisteme sonradan ilave olan prekast elemanlar taşıyıcı sistem kalitesini artırmaktadır. Tünel kalıp sistemlerde taşıyıcı sistem genellikle perdelerden oluştuğu için klasik betonarme sisteme göre çok daha fazla rijitlik değerlerine sahiptirler. Bu anlamda deprem davranışı açısından oldukça güvenli binalar olduğu bilinmektedir.

Türkiye’de 1999 yılında Marmara Bölgesinde meydana gelen depremlerde tahminlere göre yaklaşık olarak 100.000’nin üzerinde konut hasar görmüş ya da güçlendirme gerektiren duruma düşmüş olup bunun sonucu olarak 250.000’den fazla insan için konut ihtiyacı oluşmuştur [1 ve 3]. Önemli bir deprem kuşağında bulunan Türkiye’de özellikle son depremlerden sonra klasik betonarme sistemlerde meydana gelen hasarların temel sebebinin taşıyıcı sistemde olması gerekenden daha az perde duvar kullanılması (yıkılan ve ağır hasar gören binaların önemli kısmında da perde duvar bulunmamaktadır) olduğu bilinmektedir. Bu durumdan dolayı, perde duvar ve ilave mimari elemanlardan oluşan tünel kalıp türü taşıyıcı sistemlerin deprem performansı betonarme çerçeve sistemli binalara göre önemli ölçüde artmakta ve taşıyıcı sistem konfigürasyonu yapıyı güvenli kılmaktadır.

Yukarıda belirtilen olumlu taraflarına karşın tünel kalıp sistemlerde kullanım açısından bazı zafiyetler ön plana çıkmaktadır. Bunlardan bazıları; modüler bir sistem ve kalıplarının standart olmasından dolayı mimari anlamda yaşanan çözümsüzlükler, yapı bünyesinde ısı ve ses absorbe edici çok fazla eleman bulunmaması, maliyet düşürülerek üretici firmalar tarafından uygulanmayan detaylar ve neticesinde oluşan gürültü ve ısı problemleri olarak gruplandırılabilir. Tünel kalıp sistemi ile üretilen yapılarda; yüksek mukavemetli dolayısıyla porozitesi az olan ve elastisite modülü yüksek beton kullanımı ile daha ince kesitler oluşmakta, yeteri kadar boşluklu duvar elemanı kullanılmaması ile beraber ise ses yutma kapasitesi yetersiz kalmaktadır. Tünel kalıp binaların dış cephelerinde uygulanan ve cepheye asılan prekast elemanların yerlerine asılma işlemlerinde oluşan derz hataları, derz dolgu malzemelerinin kalitesi ve birleşim için uygulanan toleransın imalatta istenilen değerlerin çok üzerine çıkması yine ısı ve ses konforu açısından önemli kayıplara neden olmaktadır.

Tünel kalıp sistemlerde gerek kullanıcı memnuniyeti [4] gerekse ısı, ses, koku vs. algısal değerlendirmeler üzerinde [5 ve 6] çeşitli araştırmalar yapılmıştır. İç iklim koşullarına göre yapılan çalışmalarda, bazı görsel etki ölçülerine göre kalite kavramının sorgulandığı çalışmalarda mevcuttur [7]. Bununla beraber tünel kalıp binalarda uygulanan prekast cephe panellerinin hatalı birleşim detaylarından kaynaklanan kalite kaybı da bazı çalışmalarda vurgulanmıştır [8].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada ise özellikle tünel kalıp binalarda yaşanan ısı ve ses yalıtım eksikliklerinden motive olarak, bu tarz betonarme sistem imalatına yeni bir yaklaşım getirebilecek bir dizi temel deney yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda dairesel kesitli plastik malzeme kullanılarak üretilen betonarme elemanların ısı ve ses testleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda çapları 6 cm olan plastik topların betonarme sistemlerde uygulanabilirliğine yönelik bir dizi araştırma yapılmıştır. Betonarme numuneler plastik toplu ve topsuz üretilerek,

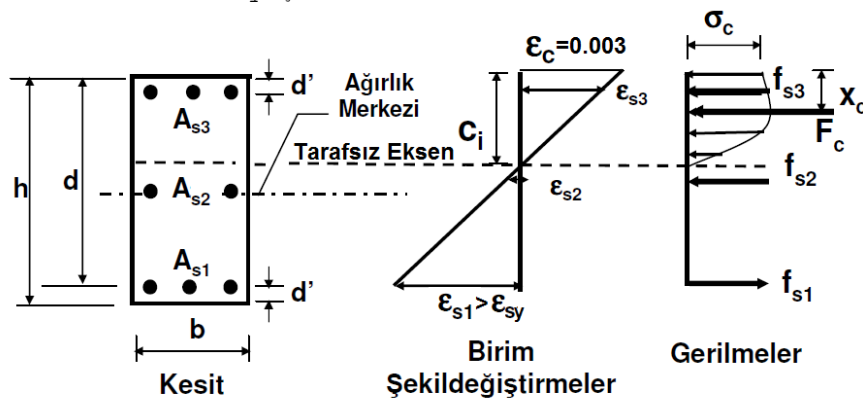
numunelerin ısı ve ses etkisi altında davranışları, ısı iletkenlik katsayıları, ses yutuculuk analizleri yapılmıştır. Analizler neticesinde elde edilen bulgular karşılaştırmalı olarak yorumlanmıştır. Çalışmada ayrıca toplu ve topsuz olarak üretilen perde ve döşeme gibi betonarme elemanların yatay/düsey yük taşıma kapasitelerine de değinilerek, çalışmanın uygulanabilirliği noktasında genel yorumlamalar yapılmıştır.

3. YÖNTEM VE TEORİK ALT YAPI (METHOD AND THEORETICAL BACKGROUND)

Beton, doğal kaynaklardan üretilmiş agrega (kum ve çakıl karışımı), bağlayıcı madde (çimento) ve sudan oluşan yapay bir taştır. Özellikle betonun ağırlıkça %75'lik bir kısmını oluşturan agregaların doğal kaynaklardan çıkarılması, nüfus artışına bağlı artan yapı dolayısıyla beton talebi ve buna ters olarak azalan doğal kaynaklar düşünüldüğü zaman beton üretiminde yeni kaynakların bulunmasını gerekliliği açıktır [9 ve 10].

Son yıllarda özellikle agrega yerine, geri dönüşüm esaslı plastik ve benzeri katı atıklar [11 ve 13], inşaat atıklarından (molozlardan) elde edilen geri dönüşüm agregaları [14 ve 15] ve atık araba lastiği [16] beton maliyetini azaltmak ve doğal kaynakların kullanımını sınırlamak amacıyla tercih edilmeye başlanmıştır. Bu çalışmalarda kullanılan malzeme beton içine belirli bir oranda karıştırılmakta ve üretilen betonun özellikle basınç dayanımına bakılarak betonun mekanik özelliğinin nasıl değiştiği üzerine yorumlar yapılmaktadır. Agrega yerine kullanılan plastik, lastik, geri dönüşüm agregaları vs. gibi malzemelerin belirli bir orandan sonra beton basınç dayanımını ciddi biçimde olumsuz yönde etkilediği görülmektedir.

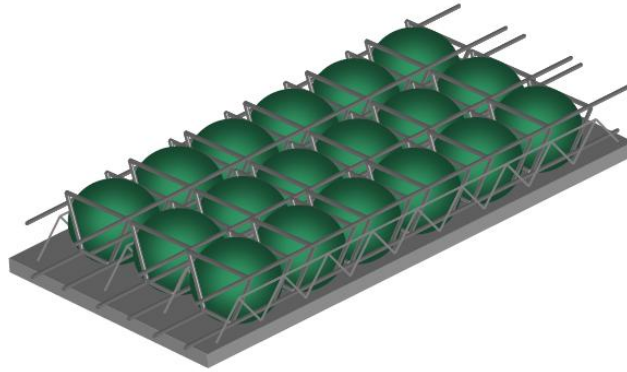
Plastik topların betonarme içerisinde kullanılması fikrinin doğuşu ise, yukarıda çalışmalardan farklı olarak betonarmenin genel davranışındaki eğilme momenti etkisi altında bir kesitte oluşacak gerilme dağılımının incelenmesiyle daha net anlaşılabilir (Şekil 1). Bilindiği gibi gerilmenin sıfır olduğu tarafsız eksen bölgesinde malzemenin kesitin taşıma gücüne önemli bir katkısı yoktur. Bu anlamda bu bölgenin kesit olarak belirli bir seviyede zayıflatılmasının eğilme momenti taşıma kapasitesinde önemli bir kayba neden olmayacağı beklenebilir. Fakat kesitteki kesme kuvveti etkisi için mutlaka gerilme kontrolüne ihtiyaç vardır.



Şekil 1. Eğilme momenti etkisi altında betonarme bir kesitte gerilme dağılışı

(Figure 1. Stress distribution in a reinforced concrete section under bending moment)

Özellikle döşeme gibi eğilme momenti etkisi altında çalışan betonarme kesitlerde, kesme kuvveti ve normal kuvvet kesit tesirlerinin kesit üzerindeki varlığı çoğu zaman ihmal edilebilecek seviyededir. Dolayısıyla tarafsız ekseninde yapılacak böylesi bir daraltmanın döşeme gibi elemanların davranışını önemli oranda değiştirmeyeceği beklenebilir. Bu gerçeği ilk gören ve imalata geçiren firmalar olan Bubbledeck ve Cobiax, ilk kez uygulanan yeni tasarımlar ile 18-45 cm çapında içi boş plastik toplar betonarme döşemeler içerisinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu buluş sayesinde beton sarfiyatındaki azalma dolayısıyla, yapıda önemli miktarda hafifleme meydana gelmiştir. Bu uygulamanın deneysel çalışması Avrupa'da ilgili ülkelerdeki araştırma merkezlerinde gerçekleştirilmiştir [17 ve 18]. Kullanılan içi boş toplar sayesinde döşemelerin ağırlıkları %35 mertebesinde azalmaktadır. Bununla beraber termal dayanım (ısı direnç değerleri) %17-39 arasında azalmaktadır ki bu durum önemli oranda ısı yalıtımı katkısı anlamına da gelmektedir [19]. Şekil 2 ve 3'de ilgili firmaların Avrupa'da yapmış oldukları üretimlerden bazı örnekler verilmiştir.



Şekil 2. Döşemelerin içerisinde kullanılan plastik boşluk oluşturucular
(Figure 2. Plastic balls in slabs ((Biaxial hollow slabs (BHS)))



Şekil 3. Bubbledeck ve Cobiax firmalarının bazı uygulama örnekleri
(Figure 3. Some examples of Bubbledeck ve Cobiax)

4. TÜRKİYEDE PLASTİK TOPLARIN UYGULAMASINA YÖNELİK ÇALIŞMALAR (STUDIES ABOUT PLASTIC BALLS APPLICATION IN TURKEY)

Söz konusu uygulama yurtdışında değişik çaplarda top (özellikle 18-45 cm'lik toplar) kullanılması ile gerçekleştirilmekte olup, Türkiye'de henüz betonarme imalatçısı ile tanışmamıştır. Burada en önemli sebep yurt dışında değişik firmalar tarafından üretilmiş olan topların Türk yapı imalat tipine uygun olmamasıdır [9 ve 10].

Bubbledeck ve Cobiax firmaları tarafından üretilen bu topların döşeme içinde uygulanabilmesi için döşeme kalınlıklarının 23-55 cm

arasında değişmesi gerekmektedir. Türkiye'de ki yapı stoğu incelendiğinde döşeme kalınlık tercihlerinin genellikle 12 cm ile 20 cm arasında değiştiiği görülmektedir. Dolayısıyla çapları daha küçük olan toplarla yapılacak deneyler sonucunda Türkiye'de de bu imalatın yaygın olarak kullanılması beklenmektedir. Bu çalışmada gerçekleştirilen deneyler Türk yapı stoğu açısından örnek olabilecek bir uygulama için yapılmıştır [9 ve 10].

Türkiye'de çapları daha küçük olan toplarla üretilmiş olan böylesi bir uygulamanın en rahat kullanılabileceği yapı türü ise tünel kalıp sistemle üretilen binalardır. Bu tür binalarda döşeme kalınlıkları yaklaşık 15 cm olup, düşey taşıyıcı eleman olarak genellikle perde tercih edilmektedir. Kat planında yer alan perde alanının oldukça fazla olmasından dolayı perdelerde normal kuvvet seviyesi kolonlara göre oldukça düşüktür. Moment ve normal kuvvet etkisi altında bulunan betonarme bir kesitte normal kuvvet seviyesinin düşmesi, sünekliği ve dönme kapasitesini artırıp eğilme davranışını daha ön plana çıkaracağı için perdelerde de plastik top kullanımının belirli kurallara göre yapılması durumunda dayanımın değişmeyeceği düşünülmektedir. Yatay yük taşıma kapasitesi (dayanım), rijitlik ve süneklikte önemli bir kayıp olmaksızın gerçekleştirilecek böylesi bir imalat tünel kalıp binaların en büyük problemlerinden biri olan ısı ve ses yalıtımı için de önemli bir çözüm olacaktır.

5. DENEYLER (EXPERIMENTS)




Bu çalışmada, döşeme ve perde kalınlıklarının 15 cm olmasından dolayı betonarme elemanlar içerisinde kullanılacak olan plastik topların çapları 6 cm olarak seçilmiştir. Topların temel görevi betonarme kesit içerisinde boşluk oluşturmak olduğu için, içlerinin boş olması ve beton dökümü sırasında deforme olmayacak et kalınlığına sahip olması gibi kriterler yeterli görülmüştür. Toplar piyasada özellikle çocuk oyuncaklarının satıldığı mağazalardan temin edilmiş olup, yapılacak olan deneysel çalışmasının ölçeğinden dolayı herhangi bir özel boyut ve malzeme üretimi talep edilmemiştir. Döşeme ve perdelerde kullanılan topların beton dökümü yapılırken tarafsız eksende kalmasına dikkat edilmiş bu amaç için top eksenlerinden geçirilen teller kalıp başlarına tutturularak toplar askıya alınmıştır.

Deneylerde iki amaç hedeflenmiştir.

- Perde ve dőşemelerde plastik top kullanımı ile yatay/düşey yük taşıma kapasitelerinde meydana gelen taşıyıcılık özellikleri değişimlerinin irdelenmesi, özellikle perdelerde deprem davranışının öneminden dolayı süneklik, enerji yutma ve çatlak mekanizması değişikliklerinin tartışılması,
- Perde ve dőşemelerde kullanılan plastik topların, topsuz betonarme kesitlere göre taşıyıcı sistem kesitine ne ölçüde ısı ve ses yalıtımı özelliği kazandırdığıının belirlenmesi.

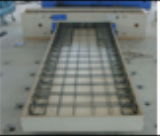

Deney elemanlarının yük taşıma kapasitelerinden bahsedilen yayınlardan da [9 ve 10] anlaşıldığı üzere, toplu ve topsuz döşemelerin yük taşıma kapasitelerinin özdeş olduğu ve top kullanımının kapasite değişimine sebep olmadığı görülmüştür. Tablo 1'de döşemeler için yapılan deney sonuçları verilmiştir.

Tablo 1. Döşeme deneyleri
(Table 1. Slab tests)

Deney Numunesi ve Özelliği	Akma Yüğü (kN)	Maksimum Yüğü (kN)	Enerji Yutma (kN-mm)	Süneklik (mm/mm)
Topsuz Döşeme 	63.94	86.24	5612	7.6
Toplu Döşeme-1 	62.75	81.13	5915	8.3
Toplu Döşeme-2 	64.29	84.49	6212	8.9

Bununla beraber toplu ve topsuz perde deneylerinde bir takım davranış farklılıkları ortaya çıkmıştır. Tablo 2'de meydana gelen söz konusu değişiklikler perde deneyleri için özetlenmiştir.

Tablo 2. Perde deneyleri
(Table 2. Shear wall tests)

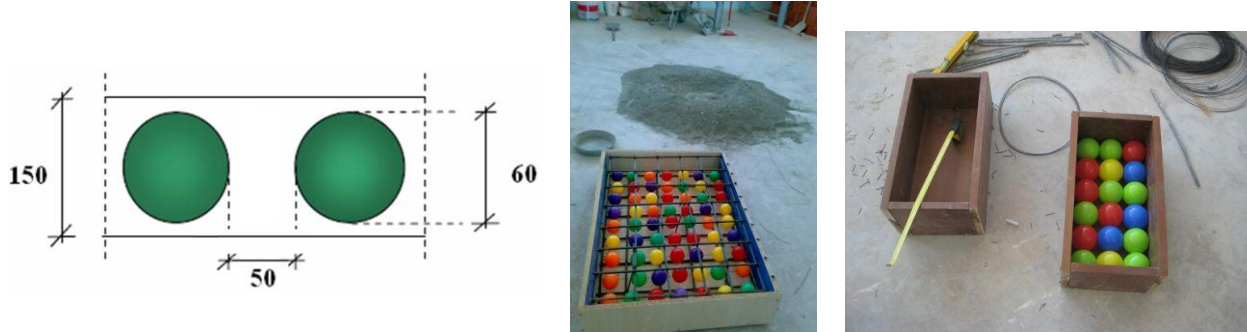
Deney Numunesi ve Özelliği	Akma Yüğü (kN)	Maksimum Yüğü (kN)	Enerji Yutma (kN-mm)	Süneklik (mm/mm)
Topsuz Perde 	70.11	88.71	35100	4.3
Toplu Perde 	69.55	80.62	26500	4.1

Birinci amaç doğrultusunda yapılan deneylerin sonuçlarının tatmin edici seviyede bulunmasının ardından 2.grup deneylere geçilmiş ve plastik topların ısı-ses yalıtımındaki etkisini görmek üzere Süleyman Demirel Üniversitesi Pomza Araştırma Merkezinde bir dizi deney gerçekleştirilmiştir. Referans (topsoz) ve toplu olmak üzere üretilen deney numuneleri boyut ve beton kalitesi açısından özdeştir (Şekil 4 ve Şekil 5). Tablo 3'de yapılan deneylerde hesaplanan veriler ve numunelerin ısı etkisi altında davranışları karşılaştırmalı olarak yorumlanmıştır.

Tablo 3'de belirtilen ölçüm değerlerine göre, kesitin ısı iletkenlik değerinin numunenin iç yapısına ve boşluk miktarlarına bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Numuneler eşit şartlarda üretilip saklandığından dolayı, numunelerin bünyesinde bulunan nem miktarları eşit kabul edilmiştir. Topsuz numunenin birim hacim kütlesi 2257 kg/m³ iken toplu numunenin birim hacim kütlesi 1024 kg/m³ olarak hesap edilmiştir. Dolayısıyla kesitin yoğunluğu, kesitteki boşluk ve/veya porozitenin oranı ısı iletkenlik değerini etkilemektedir.

Betonarme kesitte kullanılan topların kesit içindeki dağılımı ve daha küçük çaplı olmaları dolayısıyla, etkin bir ısı yalıtımı

sağlamaları beklenebilir. Diğer bir deyişle, çok sayıda küçük gözenekler az sayıda iri gözeneklerden daha uygundur [20]. Fakat daha önce belirtilen nedenlerden dolayı kesit içinde topların özelliklerinin ve yerlerinin sabit olması gerekmektedir.

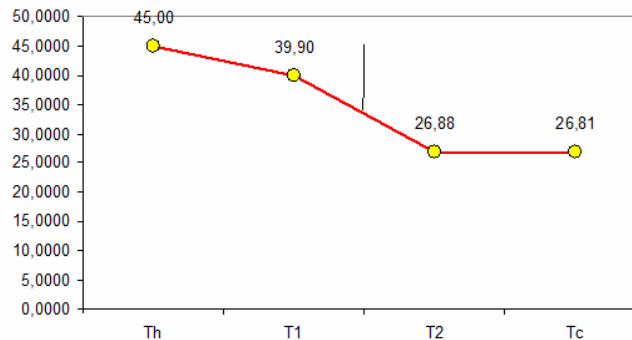


Şekil 4. Kesit ve numune özellikleri
(Figure 4. Section and specimen properties)

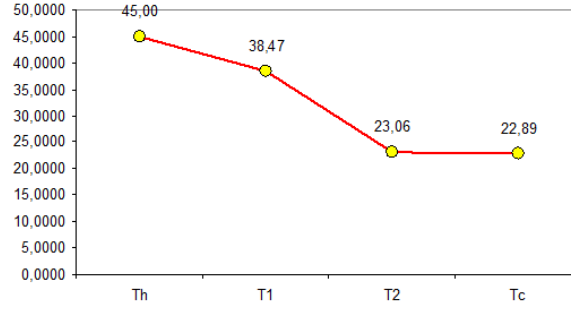
Tablo 3. Toplu ve topsuz numunelerin ısı iletkenlik analiz verileri
(Table 3. Data of thermal conductivity coefficient for specimens
with/without balls)

Hesaplanan Veriler	Birim	Topsuz Numune	Toplu Numune
Isı Geçişi	W/m ² K	9,822	1,817
Isı İletimi		13,715	2,607
Isı Direnci		0,073	0,384
Toplam Isı Direnci		0,102	0,550
Soğuk Kenardaki Yüzey Direnci		0,000	0,004
Sıcak Kenardaki Yüzey Direnci		0,029	0,163
Soğuk Yüzey Katsayısı		2630,066	242,698
Sıcak Yüzey Katsayısı		35,061	6,149
Isı İletkenlik		2,043	0,649
Isı İletkenlik Değeri (10°C Ortalama Sıcaklık Farkında)		1,974	0,626

Şekil 5 ve Şekil 6'da sıcak ortamdan soğuk ortama ısı geçiş karakteristik değerleri her iki numune içinde verilmiştir.



Şekil 5. Topsuz numunenin sıcak ortamdan soğuk ortama ısı geçiş
(Figure 5. Heat transfer from hot condition to cold in non balled
specimen)



Şekil 6. Toplu numunenin sıcak ortamdan soğuk ortama ısı geçiş karakteristiği
(Figure 6. Heat transfer from hot condition to cold in balled specimen)

Yapı bileşeninin ısı depolama özelliği malzemenin ısı geçirgenlik katsayısı ile ilişkilidir. Bu bakımdan konutlarda ısıl konfor çalışmaları yapılırken, yapı elemanı olarak kullanılan her tür malzemenin ısıl özelliklerinin detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir. Günümüzde yapılan binalarda ısıl konforun optimum koşullarda sağlanmış olması, gerek yönetmelikler ve gerekse tüzüklerde kaçınılmaz bir kural olarak uygulamaya konmuştur [21]. "Binalarda Isı Yönetmeliği" ve "TS 825 Isı Yalıtım Standardı", ısıl konforun sağlanma prensip ve uygulama kriterlerini tanımlamakta ve bu bağlamda malzemelerde aranan özellikleri belirtmektedir. Isı testlerinden elde edilen değerler incelendiği zaman ısı iletkenlik değerinin 1.974'den 0.626'ya düşmesi ısıl konfor açısından betonarme kesitin aranan seviyelere çıkmasının bir işareti olarak görülebilir.

Ses yalıtımı, gürültü denetiminin bir bölümüdür. Gürültü denetimi, gereksiz gürültülerin yok edilmesi, gürültünün kaynağında azaltılması, kaynağına hapsedilmesi, yayılmasının önlenmesi, bir bölüme girmesinin önlenmesi ya da, gürültü kaynağından kulağa uzanan yolun, belli bir plana göre adım adım incelenmesi anlamına da gelir. Dolayısıyla ısı testi sonuçlarına göre düşük ısı iletkenlik katsayısına sahip malzemelerin ses yutuculuk özelliklerinin yüksek olması beklenir. Bu bağlamda Şekil 4'de gösterilen boyutlarda özdeş numunelerin ses emme kapasiteleri başka bir deney grubunda irdelenmiştir. Ses yalıtımı deneyleri sonuçları Tablo 4'de özetlenmiştir.

Tablo 4. Toplu ve topsuz numunelerin ses yutuculuk analiz verileri
(Table 4. Data of sound absorption for specimens with/without balls)

Hesaplanan Veriler	Birim	Topsuz Numune	Toplu Numune
Deney Örneği Yüzey Yoğunluğu	(kg/m ²)	449	208
Deney Örneği Hacim Kütle	(kg/m ²)	2257	1024
Deney Örneği Ses Yutuculuk Değeri	(dB)	74	54

6. TÜNEL KALIP SİSTEMLE ÜRETİLEN KONUTLARDA UYGULAMA VE KULLANIM AÇISINDAN YÖNTEMİN DEĞERLENDİRİLMESİ (EVALUATION OF PROPOSED METHOD IN RESIDENCE CONSTRUCTED WITH TUNNEL FORM SYSTEM WITH RESPECT TO APPLICATION AND USAGE)

Nüfus artışının her geçen gün arttığı ülkemizde, özellikle büyük kentlerimizde konut açığı meydana gelmekte ve üretilen bu konutlara rağmen konut ihtiyacının her geçen yıl daha da artmakta olduğu bilinmektedir. Ülkemizde konut gereksinimi oluşumuna etki eden faktörleri, demografik ve yenileme ihtiyacından doğan faktörler olarak ikiye ayırmak mümkündür. Hızlı nüfus artışı, aile yapısındaki değişiklikler ve kırdan kente göç gibi etkenlerin yer aldığı demografik faktörler, doğal afetler, kamulaştırma, gecekondu ıslahı, konutların kullanım amacının değişmesi ve yenileme gibi etkenlerin yer

aldığı yenileme ihtiyacından doğan faktörler neticesinde konut gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Geçmiş yıllarda konut sektöründeki bu açık yönetimler tarafından oluşturulan politikalarla birlikte, inşaat sektörünün (kooperatifçiliğin) desteklenmesine ve halkın konut sahibi olmasına çalışılmıştır. Günümüzde ise, Toplu Konut İdaresi (TOKİ) aracılığıyla yapılan konutlar vasıtasıyla insanların konut sahibi olmaları sağlanarak, konut açığı kapatılmaya çalışılmaktadır [22].

T.C. Başbakanlık Konut Müsteşarlığınca 2002 yılında hazırlanan "2000-2010 Türkiye Konut İhtiyacı Araştırmasına" göre Türkiye'deki toplam konut stoku 16 milyon 235 bin 830 konuttur. Bu konutların %83,8'i (13.597.676 konut) kentsel olarak tanımlanan il ve ilçe merkezlerinde yer almaktadır. Devlet Planlama Teşkilatının VIII. Plan döneminde (2000-2005), nüfusu 20.000 ve üstü olarak tanımlanan kentsel yerleşme yerlerinde demografik gelişmelerden doğacak yeni konut ihtiyacı 2.714.000 adet olmuştur. Yenileme ve afet konutları olarak birikmiş ihtiyaç dahil her yıl 72.200 olmak üzere, beş yılda toplam 361.000 konutun yapılması gerekmektedir (Tablo 5). Bu durumda, plan döneminde kentleşme ve nüfus artışı ile yenileme ve afetten kaynaklanan toplam konut ihtiyacı 3.075.000 olacağı hesaplanmıştır [23].

Tablo 5. Ülkemizde kentsel yerleşmelerde konut ihtiyacı [24]

(Table 5. House necessity in urban residential area of Turkey)

Yıllar	Yıllık Kent Nüfusu Artışı	Demografik Konut İhtiyacı	Yenileme ve Afet Konutu İhtiyacı	Kentlerde Toplam Konut İhtiyacı
2001	2.100.000	496.400	72.200	568.600
2002	2.200.000	521.300	72.200	593.500
2003	2.221.000	527.500	72.200	599.700
2004	2.358.000	561.400	72.200	633.600
2005	2.545.000	607.400	72.200	679.600
TOPLAM		2.714.000	361.000	3.075.000

Nüfus artışı, kentleşme, doğal afetler, yenileme ve göç olguları dikkate alındığında Türkiye'de yılda 180.000-200.000 arasında yeni konut yapılabildiği halde, yinede yıllık en az 450-500 bin adet nitelikli konut ihtiyacı olduğu bilinmektedir [22].

Yukarıda belirtilen nedenlerin etkisiyle ülkemizdeki konut ihtiyacındaki bu artış hızlı, ekonomik ve kaliteli konut üretimi ihtiyacını doğurmuş ve bu ihtiyaç geleneksel (betonarme karkas, ahşap vb.) sistemler yerine, çok sayıda konutun tek seferde üretilmesini sağlayan endüstrileşmiş yapım sistemleriyle karşılanmaya çalışılmıştır [25]. Endüstrileşmiş yapım sistemlerinden biri olarak bilinen ve son zamanlarda yaygın şekilde kullanılan tünel kalıp teknolojisi, TOKİ işbirliği ile yapılan toplu konutların yanı sıra, özellikle büyük kentlerimizdeki üretici firmalar tarafından da uygulanmış ve halen uygulanmaktadır. Özellikle büyük kentlerde (İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa, Konya vb.) konut açığı kapatılmak üzere devlet destekli veya yapı sektöründeki firmalar tarafından üretilen konutların büyük çoğunluğu tünel kalıp sistemle üretilmektedir.

Tünel kalıp sistemde, taşıyıcı kirişlerin olmaması ve perde döşeme arası yırtılma hesaplarına göre, döşeme kalınlıkları 15-20 cm, perde duvarlar ise minimum 15 cm kalınlığında üretilmektedir. Yaklaşık 5 katlı yapılar deprem bölgesi durumuna göre 15-16 cm duvar kalınlığında, 10-15 katlı yapılar ise 16-20 cm duvar kalınlıklarında yapılmaktadır. Taşıyıcı dış duvarlarda prekast (ön üretilmiş) cephe panelleri veya tuğla, bölücü iç duvarlarda ise tuğla, alçı panel gibi yapı gereçleri kullanılmaktadır. Tuğla kullanımı sıva uygulamasını gerektireceğinden dolayı işçilik ve zaman açısından yapı maliyetinin

artmasına sebep olmakta, bundan dolayı iç duvarlarda tuğla yerine alçı panel kullanılarak, iç mekanda alan kaybı önlenmekte, aynı zamanda ekonomi ve zamandan tasarruf sağlanmaktadır. Tünel kalıp sistemle üretilen mekanların kat yükseklikleri kalıp elemanlarına bağlı olarak 2.30-3.00 m arasında değişmektedir. Taşıyıcı sistemin üretiminde kullanılan malzeme betonarme olup, beton mukavemeti C30 (30 MPa)'dır ve 1 m² plana 0.310-0.320 m³ beton dökülmektedir [26].

Hızlı uygulanması, iş gücünden tasarruf ve ekonomiklik sağlaması yanında; özellikle deprem dayanımı sebebiyle günümüzde özellikle toplu konut üretiminde fazlasıyla uygulanan tünel kalıp sistem tüm bu avantajlarının yanı sıra, yapımcı firmalar tarafından maliyet düşünülerek uygulanmayan bazı teknik detaylar neticesinde, kullanım sürecinde iklimsel ve işitsel konfor koşulları açısından birtakım sorunları beraberinde getirmekte ve dolayısıyla kullanıcı memnuniyetini olumsuz etkilemektedir [27].

Tünel kalıp sistemde kabuk olarak nitelendirilen dış duvarın oluşumunda, kullanılan prekast cephe panelleri ile perde duvarlar ve döşemeler arasında boşluklar oluşmakta, derz olarak adlandırılan bu boşluklar iç ve dış mekandan dolgu malzemeleri aracılığıyla kapatılmaktadır. Gerek iş gücünün niteliği gerekse de birleşim detaylarında kaliteli malzeme kullanımının maliyeti yükseltmesi sonucu, derz uygulamasında seçilen dolgu malzemesinin kalitesi ve uygulama kriterleri önem kazanmaktadır. Yapı sektöründeki kalifiye olmayan elemanlar tarafından uygulanan kalitesiz işçilik ve kalitesiz derz dolgu malzemeleri (fitil ve elastik macun) seçimi sebebiyle, zaman içerisinde prekast cephe elemanları ile perde duvarlar ve döşemeler arasında boşluklar oluşmakta, oluşan bu boşluklar sebebiyle yaşanan ısı ve ses kaçakları yapının yaşam konforunu olumsuz yönde etkilemektedir. Taşıyıcı dış duvarın tuğla malzeme ile üretilmesi durumunda ise, dışarıdan (mantolama) yalıtım yapılması gerektiği halde, üretici firmalar iskele ve işçilik maliyetini düşürerek içeriden yalıtım yapmaktadır. Bu uygulama sonucunda zamanla döşemelerin ve iç duvarların birleşim noktalarında ısı köprüleri oluştuğu gözlenerek iç mekan duvarlarında küflenmeler meydana gelmekte ve bu durum kullanıcı yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Yapılan bilimsel bir çalışmada, tünel kalıp sistemiyle üretilen toplu konut örneğinde ısısal konfor koşulları incelenmiş ve yapı kabuğu prekast cephe elemanlarından oluşan bu konutlarda yaşayan kullanıcıların ısısal konforu anketlerle değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre, gece ısıtmanın olmadığı saatlerde, gün içindeki ısısal korunmadığı ve aynı zamanda yapı dış duvarlarında kabarma, kararma gibi olumsuz etkilerin bulunduğu tespit edilmiştir. Yapıda ısı kaçaklarının nerelerden olduğunun tespit edilmesi amacıyla yapılan termal kamera çekimlerinin sonucuna göre ise, duvarları oluşturan betonarmenin tek parça olmamasından dolayı, ek yerlerinde ısı köprülerinin oluştuğu ve dış duvarların ısı yalıtımı yönünden yeterli olmadığı görülmektedir [28].

Sistemin uygulanması esnasında betonarme perde duvarların ve döşemelerin birlikte dökülmesiyle birlikte monolitik bir yapı strüktürü oluşmakta ve boşluksuz beton kullanımı nedeniyle oluşan ses yutma kapasitesi yetersizliği neticesinde, işitsel konfor koşulları açısından kullanıcıya problem oluşturmaktadır. Bu nedenle özellikle gürültü probleminin çözümü için ek önlemlerin alınması gerekmektedir. Döşeme ve duvarlardan gelen darbe sesini engellemek amacıyla yüzer döşeme detayı uygulanarak, ses yayılımı açısından döşeme ve duvarların birbirinden bağımsız olarak çalışması sağlanmalıdır. Bunun yanı sıra, kalorifer kazanı, hidrofor gibi cihazların 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. Ayrıca, boru ve armatürlerin yaydıkları istenmeyen sesleri önlemek için borular elastikiyetlik kazandıracak kauçuk esaslı malzemelerle sarılıp, yer yer susturucular takılarak izolasyon sağlanmalıdır. İnsan yaşamını fizyolojik ve psikolojik olarak olumsuz etkileyen gürültünün izolasyonunu sağlamak amaçlı sistemin uygulanması aşamasında yukarıda saymış olduğumuz teknik detayların maliyet düşünülerek uygulanmaması, kullanıcı konforunu ve yapı yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir [27].

Yapılan bilimsel bir çalışmada, tünel kalıp sistemiyle üretilen binalarda kullanıcıların işitsel konfor koşulları incelenmiş ve bilgisayar destekli gürültü ölçüm cihazı vasıtasıyla yapının iç mekanlarında üst katta yer alan dairedaki gürültü kaynakları (ud ile şarkı söylenmesi ve terlik ile yürünmesi) nedeniyle oluşan gürültü ölçüm değerleri kaydedilmiştir. Çalışmada elde edilen veriler, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde (2002/49/EC) verilen iç ortam gürültü seviyesi sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre, ses izolasyonu uygulanması yapılmadan tünel kalıp sistemle üretilen konut mekanlarındaki gürültü seviyeleri, konutlarda pencere kapalı iken oluşabilecek max. gürültü seviyesinin üstündedir [29].

Yapıların sağlıklı, yaşanabilir, uzun ömürlü ve sürdürülebilir olması için yalıtım gerekliliği bilinmekte ve yerel yönetimler tarafından binalarda enerji performans yönetmeliği uygulanarak yeni üretilen yapıların kullanıcı konfor koşullarına uygunluğu sağlanmaktadır. Isı yalıtımı uygulamalarıyla birlikte toplu konutlarda ısısal konfor koşullarının sağlanmasına verilecek önem, sağlıklı ve konforlu yaşama mekanlarının oluşturulmasının yanı sıra, yıllık ısıtma-soğutma enerjisi ihtiyacındaki azalma ile enerji tasarrufu yönünde ülke ekonomisine ve kullanıcı bütçesine önemli oranda katkı sağlayacaktır. Ayrıca yakıt tüketiminin azaltılmasıyla birlikte hava kirliliğinde önemli oranda düşüşler yaşanacak ve küresel ısınma, iklim değişikliği gibi sorunlar ile mücadeleye katkıda bulunulacaktır [30].

Yapılarda ses yalıtımı uygulamalarıyla birlikte, gürültü denetimi gerçekleştirilerek işitsel konfor sağlanmakta, bu da kişilerin işlerindeki verimi büyük ölçüde etkilemektedir. Özellikle gerekli yalıtım yapılmadan inşa edilmiş konutlarda uykusuzluk problemine neden olan gürültü, ortamdaki kişinin mutsuz, verimsiz, fiziki ve psikolojik açıdan sağlıksız olmasına neden olmaktadır [31]. Sonuç olarak, doğru yalıtım detaylarının uygulanması, yapı yaşam kalitesinin arttırılarak, gelecek kuşaklara sürdürülebilir ve yaşanabilir mekanlar bırakma konusunda büyük önem taşımaktadır [32].

Tünel kalıp sistemle üretilen bir konutta ısı ve ses yalıtımıyla ilgili maliyetler, toplam inşaat maliyetinin, yaklaşık yüzde 15'ini oluşturmakta, bu nedenle özellikle ucuz konut üretmek isteyen müteahhitler tarafından yalıtım uygulamaları ihmal edilmekte ve kullanıcı konforu göz ardı edilmektedir [33]

Yapılan çalışma sonucunda, plastik topların tünel kalıp sistemi oluşturan döşeme ve duvarlar içerisinde kullanımı sayesinde, kullanıcılara ısısal ve işitsel konfor koşulları oluşturulacak, böylece ekolojik ve sürdürülebilir çevre açısından olumlu katkı sağlanacaktır. Tünel kalıp sistemde plastik top uygulaması, kullanıcı konfor koşullarını etkileyen avantajlarının yanı sıra, ekonomik boyuttaki katkısı da oldukça önemlidir. Örneğin, tünel kalıp sistemle üretilen 11 katlı bir yapıda beton sarfiyatı ortalama 1147 m³ iken, betonarme karkas (çerçeve) sistemle üretilen 11 katlı yapıda ise, beton sarfiyatı ortalama 865 m³'dür. Beton metrajına bakıldığında, aynı kat adedine sahip tünel kalıp sistemle üretilmiş yapının maliyeti, betonarme karkas yapıya göre %32 oranında artmaktadır [34]. Bu

uygulamayla birlikte kullanıcıya kaliteli bir yaşam sunulması haricinde, döşeme ve duvarlar içerisindeki beton sarfiyatı azalarak, taşıyıcı sistem hafifletilecek ve geniş uygulama alanına sahip yapı üretim sistemi olması aracılığıyla inşaat sektörüne, dolayısıyla ülke ekonomisine katkı sağlanacaktır.

Yapı üretim sistemlerinde kullanılan betonarme yapı ürünlerinin, yaşam döngüsü boyunca doğal hammadde ve enerji tüketimi, katı atık ve zararlı emisyon üretimi nedeniyle çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilerinin bulunduğu bilinmektedir. Beton bileşimini yaklaşık %34 oranında ince agrega, %48 oranında iri agrega, %12 oranında çimento ve %6-12 oranında su oluşturmada ve Worldwatch Enstitüsü verilerine göre, betonarme yapılaşma faaliyetleri her yıl küresel olarak kullanılan taş, çakıl ve kumun %40'ını tüketmektedir [35]. Bütün bu sebepler değerlendirildiğinde, duvar ve döşeme kalıpları içerisine yerleştirilen plastik topların tünel kalıp sistemiyle üretilen yapılarda kullanımının yaygınlaşması ve yöntemin beton sarfiyatında tasarruf sağlaması dolayısıyla, çevresel yaşam kalitesi açısından kazanımlar elde edileceği ve insan sağlığına gereken önemin verileceği düşünülmektedir.

Bunların yanı sıra, kalıp elemanları içerisine yerleştirilen 6 cm çapındaki plastik topların geri dönüşüm tesislerinde üretilmesi yapı üretim maliyetini düşürmektedir. Ayrıca, doğada parçalanma süresi en uzun madde olan plastik atıkların hammadde olarak kullanımı, doğal kaynaklarımızın korunması, çevre kirliliğinin engellenmesi, ekonomiye katkı ve enerji korunumu noktasında çalışmaya ayrı bir değer katmaktadır.

7. SONUÇLAR (RESULTS)

Günümüzde betonarme türü yapılarda yapım emniyetinde önemli bir kayıp olmaksızın beton sarfiyatını azaltmak dolayısıyla yapı maliyetini ve bina ağırlığını düşürmek önemli bir hale gelmiştir. Bununla beraber özellikle konutlarda ısı ve ses yalıtımı sorunu ve yapının kullanım sürecinde neden olduğu enerji sarfiyatı bilinen bir gerçektir. Bu çalışmada özellikle tünel kalıp binalarda beton sarfiyatını azaltmak, ısı ve ses yalıtım konforunu artırmak ve dolayısıyla gerek başlangıç gerekse uzun süreli ekonomi sağlamak amacıyla plastik topların betonarme kesitler içerisinde kullanımı araştırılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan tüm deneylerden bulgulara göre önerilen yöntem; taşıyıcı sistemin yatay yük ve düşey yük kapasitesinde önemli bir azalmaya sebep olmazken, ısıl ve işitsel konfor koşulları bakımından önemli kazanımlar sağlamaktadır. Bununla beraber yöntem sayesinde beton sarfiyatının en az %10 mertebesinde azalması, dolayısıyla bina ağırlığında bir miktar azalma sağlanarak temel sisteminde ekonomik çözümlere ulaşılabilecektir.

Çalışmanın çevresel boyuttaki incelenmesinden özellikle beton ve çimento üretiminde doğaya verilen zararın azaltılması ve uzun vadede plastik topların atık plastikten imal edilerek çevre dostu bir taşıyıcı sistem oluşturulması ise yöntemin dolaylı çıktılarından biridir. Burada plastik top'un maliyetinin beton maliyeti ile karşılaştırılması çok anlamlı olmayacaktır zira özellikle plastik atıkların geri kazanılması amacıyla plastik topların geri dönüşüm metodları ile üretilmesi ile hammadde maliyeti minimize edilecektir.

8. TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma Konya KOSGEB TEKMER ve Selçuk Üniversitesi BAP tarafından desteklenmiştir. Proje yürütücüsü çalışmada çok değerli katkılarından dolayı; Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. M. Yaşar Kaltakçı'ya, öğretim elemanlarından Doç. Dr. Hasan Hüsnü Korkmaz ve

Arş. Gör. Dr. Murat Öztürk'e, Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi Müdürü Prof. Dr. Lütfullah Gündüz'e, Konya Teknokent Yönetim Kurulu Başkanı Prof. Dr. Fatih Botsalı'ya ve İnş. Yük. Müh. Soner Taştekin'e teşekkür eder.

NOT (NOTICE)

Bu makale, 28-30 Eylül 2011 tarihleri arasında Elazığ Fırat Üniversitesinde "International Participated Construction Congress" IPCC11'de sözlü sunum olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Arslan, M.H. ve Korkmaz, H.H., (2007). What is to be Learned from Damage and Failure of Reinforced Concrete Structures During Recent Earthquakes in Turkey?. Engineering Failure Analysis, Vol:14, pp:1-22.
2. Jhonson, C., (2001). What's The Big Deal About Temporary Housing Planning? Considerations for Temporary Accomodation After Disasters: Example of The 1999 Turkish Earthquakes. Canada.
3. Balkaya C. ve Erol K., (2002). Tünel Kalıp ile İnşa Edilen Yapıların Deprem Yükleri Altında Davranışı. ECAS, pp:22-31.
4. Pulat, G., (1995). Toplu Konutlarda Kullanıcı Memnuniyetinin Değerlendirilmesi, yerleşmelerde Sosyal Etkileşimin İrdelenmesi. Konut Araştırmaları Sempozyumu, T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, Konut Araştırmaları Dizisi:1, ODTÜ Basım İşliğı. ss:269-287. Ankara.
5. İmamoğlu, O., (1995). İnsan Evi ve Çevre Araştırma Projesi: Mimari Bazı Gözlemler", Konut Araştırmaları Sempozyumu, T.C.Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, Konut Araştırmaları Dizisi:1, ODTÜ Basım İşliğı, ss: 357-367. Ankara.
6. İmamoğlu, V., (1995). İnsan Evi ve Çevre Araştırma Projesi: Mimari Bazı Gözlemler. Konut Araştırmaları Sempozyumu, T.C.Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, Konut Araştırmaları Dizisi:1, ODTÜ Basım İşliğı, ss: 339-355. Ankara.
7. Aydınlı, S., (1995). Toplu Konutlarda Kalite Kavramının Fenomenolojik Bir Yaklaşımla Değerlendirilmesi. Konut Araştırmaları Sempozyumu, T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, Konut Araştırmaları Dizisi:1, ODTÜ Basım İşliğı, ss: 329-338, Ankara.
8. Korur S., (2007). Tünel Kalıp Sistemlerde Kullanılan Prekast Cephe Panellerinin Taşıyıcı Sisteme Entegrasyonu ve Kalite Bağlamında Değerlendirilmesi. 12.Beton Prefabrikasyon Sempozyumu. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi. İstanbul.
9. Arslan M.H., (2010). Dairesel Kesitli Plastik Malzeme Kullanarak Üretilen Betonarme Elemanların Yapısal Davranışlarının İrdelenmesi" Beton Prefabrikasyon Dergisi, Cilt: 25, Sayı: 95, ss:13-19.
10. Arslan M.H., Öztürk M., Kaltakçı M.Y., Arslan H.D. ve Korkmaz H.H., (2011). Dairesel Kesitli Plastik Malzeme Kullanarak Üretilen Betonarme Elemanlar Üzerine Bir İrdeme. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, Turkey.
11. Topçu I.B., (1995). The Properties of Rubberized Concretes. Cement&Concrete Research, Vol: 25, pp: 304-310.
12. Topçu I.B. and Avcular N., (1997). Collision Behaviors of Rubberised Concretes. Cement&Concrete Research, Vol: 27, pp:304-310.

13. Yeşilata B., Turgut P. ve Işıker Y., (2006). Atık Polimerik Malzeme Katkılı Betonun Yalıtım Özelliğinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Isı Bilimi ve Teknik Dergisi, No: 26, Sayı: 1, ss: 15-20.
14. Sagoe-Crentsil, K. and Brown, T., (1998). Guide for Specification of Recycled Concrete Aggregates (RCA) for Concrete Production-Final Report. CSIRO, Building, Construction and Engineering, Australia.
15. Köken A., Köroğlu M. A. ve Yonar F., (2008). Atık Betonların Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği, Selçuk Üniversitesi Teknik Online Dergi, Cilt: 7, Sayı: 1, ss: 86-97.
16. Yeşilata B., Turgut P., Bulut H. ve Demir F., (2007). Atık Otomobil Lastiklerinin Bina Yapı Elemanlarında Yalıtım İyileştirmesi Kullanılabilirliğinin Araştırılması. TUBITAK-MAG Projesi (105M021).
17. BubbleDeck Test Report from Ian Sharland Ltd Airborne and Impact Sound Insulation. November (2005).
18. Punching Shear Strength of BubbleDeck"-The Technical University of Denmark, (2002).
19. BubbleDeck Channel Islands, (2005). Technical information sheet 1 - Sound insulation, sheet 2 - Thermal insulation.
20. Gündüz L., (1998). Pomza Teknolojisi, Cilt 1. ss: 218, Isparta.
21. Gündüz L., Uçur L. ve Demirdağ, S., (2001). Mermer Türlerinin Özgül Isı Kapasite Değerleri Üzerine Teknik Bir İnceleme. Türkiye III. Mermer Sempozyumu, Afyon.
22. Kömürlü, R., (2006). Ülkemizde Toplu Konut Üretimine Yönelik Kaynak Oluşturma Model Yaklaşımları. Doktora Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
23. Çağlayan, N., (2010). Kooperatifçilik Yolu ile Konut Üretimine Konya Örneğinde İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Konya: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
24. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), (2007). İnşaat, Mühendislik-Mimarlık, Teknik Müşavirlik ve Müteahhitlik Hizmetleri. Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Dokuzuncu Kalkınma Planı. T.C. Devlet Planlama Teşkilatı Yayın No: DPT: 2751-ÖİK: 698.
25. Şahin T., (1999). Tünel Kalıp Teknolojisinin Konut Planlamasına Uyabilirliği Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
26. Katip, E., (2004). Tünel Kalıp Sistemi İle Üretilen Toplu Konutlarda Kullanım Aşamasında Ortaya Çıkan Sorunlar ve Çözüm Yaklaşımları. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
27. Korur, S., (2004). Tünel Kalıp Sistemi Uygulamalarında Karşılaşılan Teknik Sorunlar ve Üretilen Çözümlerin İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Konya: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
28. Erbil, Y. ve Akıncıtürk, N., (2006). Tünel Kalıp Sistemiyle Üretilen Bir Toplu Konut Örneğinin Isısal Konfor Koşulları açısından İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt: 11, Sayı: 2. Bursa.
29. Çoşgun, T., Yüksel, F.A. ve Çoşgun, A., (2008). Tünel Kalıpla İnşa Edilen Binalarda Yaşanan Gürültü Problemleri Üzerine Bir Araştırma. Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, Sayı: 1, ss: 65-72.
30. Akıncıtürk N. ve Erbil Y. (2004). Tünel Kalıp Sistemiyle Üretilen Toplu Konutlarda İklimsel Konfor Koşullarının Değerlendirilmesi. İnşaat Dünyası-İnşaat Malzemeleri ve Teknolojileri Dergisi, Sayı:251, ss: 98-102. İstanbul.

31. Güler, H. ve Ülkü, S., (2007). Bitişik Nizamlı Villa Tipi Konutlarda Yapısal Konfor Koşulları Üzerine Bir Araştırma. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt: 12, Sayı: 2. Bursa.
32. Beyazıt, N.T. ve Aşçıgil, M., (2007). Sağlıklı ve Yaşanabilir Çevreler İçin Akustiğin Önemi. VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, ss: 289-300. İzmir.
33. Şen, A.O., (2006). Binalarda Uygulanan Yalıtım Sistemleri Dünyada ve Türkiyede Yalıtım. Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli: Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
34. Kasapoğlu, F., (2008). Tünel Kalıp Sistemlerle Üretilen Perdeli Taşıyıcı Sistemlerin Konvansiyonel Sistemlerle Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
35. Esin, T. ve Coşgun, N., (2007). Betonarme Prefabrike Yapım Yöntemlerinin Çevresel Açından Analizi. 12. Beton Prefabrikasyon Sempozyumu. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi. İstanbul.