

TUĞLA DOLGU DUVARLARIN B/A ÇERÇEVELİ YAPILARIN DAVRANIŞINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ; DENEYSEL VE KURAMSAL ÇALIŞMALAR

Tuğçe SEVİL, Mehmet BARAN ve Erdem CANBAY

Maltepe Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 34857, İstanbul
Kırıkkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 71450, Kırıkkale
Ortadoğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06531, Ankara

Öz — Türkiye’de betonarme (BA) çerçevesel yapılarda tuğla dolgunun bölme duvar olarak uygulaması çok yaygındır. Tuğla dolgular yapısal çözümleme esnasında her ne kadar taşıyıcı elemanlar olarak kabul edilmeseler de, yıllardır yapılan deneysel çalışmalar ve Türkiye’de yaşanan depremlerden sonra binalar üzerinde yapılan araştırmalar tuğla dolguların yapıların dayanım ve rijitliğine olumlu yönde katkısı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Türk Deprem Yönetmeliğine göre (2007) [1], tuğla dolgu duvarlar yapıya zati yük olarak etkide bulunmakta, fakat yapının taşıyıcı özelliklerine etki etmemektedirler. Bu çalışmada, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Yapı Mekaniği Laboratuvarı’nda hazırlanmış tek açıklıklı iki katlı betonarme çerçeveler düşey ve depremi andıran tersinir-tekrarlanır yatay yükler altında test edilmiş, sıvanmamış ve sıvanmış boşluklu tuğla dolguların BA çerçevesel deney elemanlarının dayanım ve davranışlarına olan etkileri irdelenmiştir. Yapılan kuramsal çalışmaların sonuçları deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Yapısal çözümleme esnasında sıvanmış boşluklu tuğla dolgunun modellenmesiyle ilgili önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler — Betonarme çerçevesel yapı, tuğla dolgu, taşıyıcı olmayan eleman, dayanım, rijitlik, zati yük, tersinir-tekrarlanır yatay yük.

Abstract - In Turkey, the use of hollow brick infills as partition walls in reinforced concrete (RC) framed buildings is widely used in practice. Although hollow brick infills are considered to be non-structural members, experimental studies conducted for years and investigations made on the structures after the earthquakes occurred in Turkey revealed that hollow brick infills have favorable effects on the strength and stiffness of the structures. According to the Turkish Earthquake Code (2007) [1], hollow brick infills are taken into account only at the calculation of the total dead load, however they do not affect the structural characteristics of the building. In this study, one-bay, two story reinforced concrete frames, constructed at the Structural Mechanics Laboratory of Middle East Technical University, were tested under both vertical and reversed-cyclic lateral loads simulating the earthquake loads, and the effect of non-plastered and plastered hollow brick infills on the strength and stiffness of the RC frames were investigated. The results of the analytical studies conducted were compared with the results

of the tests. Suggestions for modeling of the plastered hollow brick infills during the structural design process were given.

Index Words - Reinforced concrete framed buildings, hollow brick infills, non-structural members, strength, stiffness, dead load, reversed-cyclic lateral loads.

I. GİRİŞ

Betonarme taşıyıcı sisteme sahip binalarda bölme duvarı olarak tuğla dolgunun kullanılması ülkemizde çok yaygındır. Tuğla dolgunun sadece binanın zati ağırlığında hesaba katılması, dayanım ve rijitlik gibi yapısal özelliklerine katkısının gözardı edilmesi fazlaca tercih edilen bir yaklaşımdır. Homojen ve izotropik olmayan tuğla dolgunun, yapısal çözümleme esnasında modellenmesinin birçok değişkenden dolayı karmaşık ve uzun olması bu yaklaşımın tercih edilmesinde çok etkilidir. Bu yaklaşım sonucu yapının doğal periyodu, her bir kolon ve kirişe transfer olan deprem yükü, kolonlarda oluşabilecek kısa kolon mekanizması, yapının deprem yükü altında oluşabilecek göçme biçimi doğru değerlendirilmiş olmamaktadır. Birçok ülkenin deprem standartları (İsrail, Kosta Rika, Fransa, Cezayir, Avrupa Birliği, Kolombiya, Filipin vs.) dolgu duvarların bina yapısal sistemine etkisinin hesaba katılmasını önermektedir [2]. Hesaba katılmayan ya da gerçekçi bir şekilde modellenmeyen tuğla dolgu duvarlar ile yapılan yapısal çözümlemenin gerçeği yansıtmayacağı ve doğru sonuçlar vermeyeceği bugüne kadar yapılan deneysel çalışmalarda gözlemlenmiştir.

II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

A. Deney Çerçeveleri

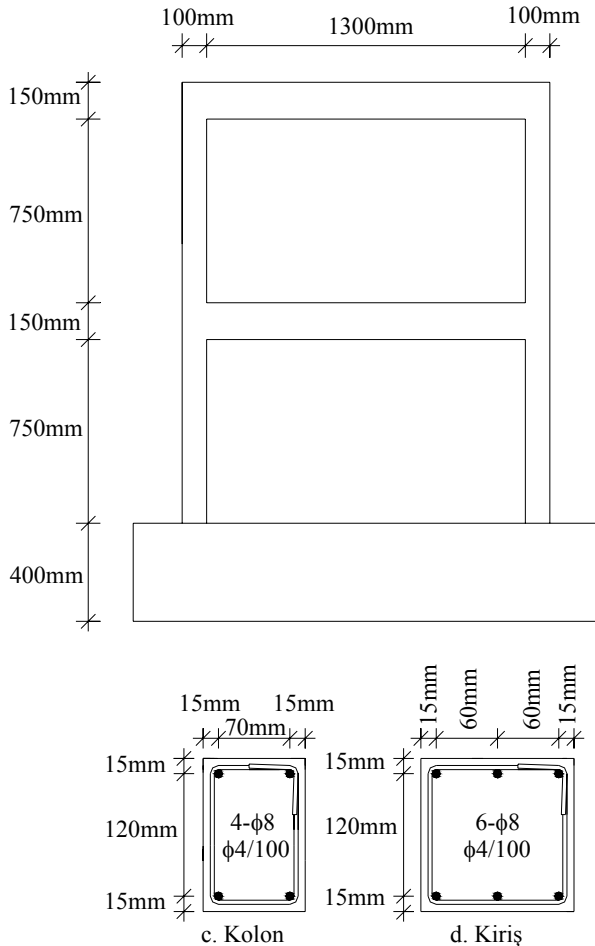
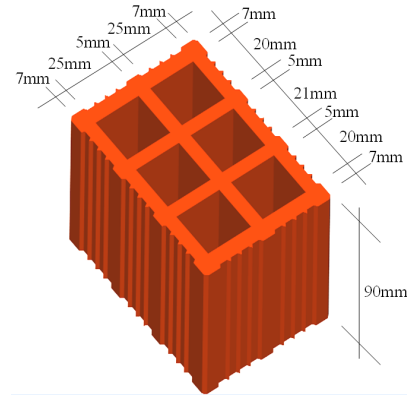
Bu çalışmanın deneysel kısmında test edilen deney çerçeveleri [3] 1/3 ölçekli, tek açıklıklı, iki katlı betonarme çerçevelerdir. Türkiye’de yapılarda sık karşılaşılan eksiklikler bu çerçevelere bilinçli olarak yansıtılmıştır. Bu eksiklikler düşük beton dayanımı, düz demir kullanımı, katlar arası boyuna donatı eklerinde yetersiz bindirme boyu, yetersiz sargı donatısı ve zayıf kolon-güçlü kiriş birleşimidir. Deney

çerçevelerinin katları boşluklu tuğla ile örülüp her iki yüzden sıvanmıştır. Deney çerçevelerinin boyutları ve donatılandırılması Şekil 1’de gösterilmektedir.

B. Malzeme

Türkiye’deki gerçek uygulamayı yansıtmaması açısından deney çerçevelerinde düşük dayanımlı beton kullanılmıştır. Şekil 2’de gösterilen boşluklu tuğlalar örülüp, çimento-kireç karışımı ile sıvanmışlardır. İşçilik kalitesinin deney çerçevelerinin davranışı üzerindeki olası olumlu etkisi düşünülerek dolgu duvarları sıradan bir işçilikle sıvanmıştır. Deney çerçevelerinde düz donatı kullanılmıştır. Deney çerçevelerinin malzeme özellikleri Tablo 1’de özetlenmektedir.

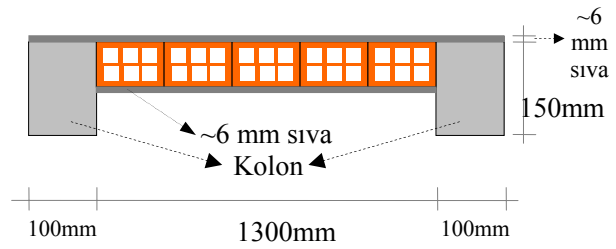
aracılığıyla birinci ve ikinci kat düzeylerinde 1/2 oranında uygulanmıştır. Yük uygulama düzeneği Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Deney Çerçevelerinin Boyutları ve Donatılandırılması

C. Yükleme ve Ölçüm Düzenekleri

Deney elemanının rijit temel kirişi çok amaçlı temel bloğuna, bu blok da laboratuvar döşemesine öngerilme ile bağlanmıştır. Kolon eksenel yük taşıma kapasitelerinin yaklaşık %10’una karşılık gelen 55 kN eksenel yük, iki hidrolik kriko ile gerdirilen öngerilme halatlarıyla uygulanmış, ve bu yük seviyesi deney boyunca gözlemlenip manuel olarak sabit tutulmaya çalışılmıştır. Deprem etkisini benzeştiren tersinir yatay yük ise, güçlü duvara yaslanan bir yükleme kolonu



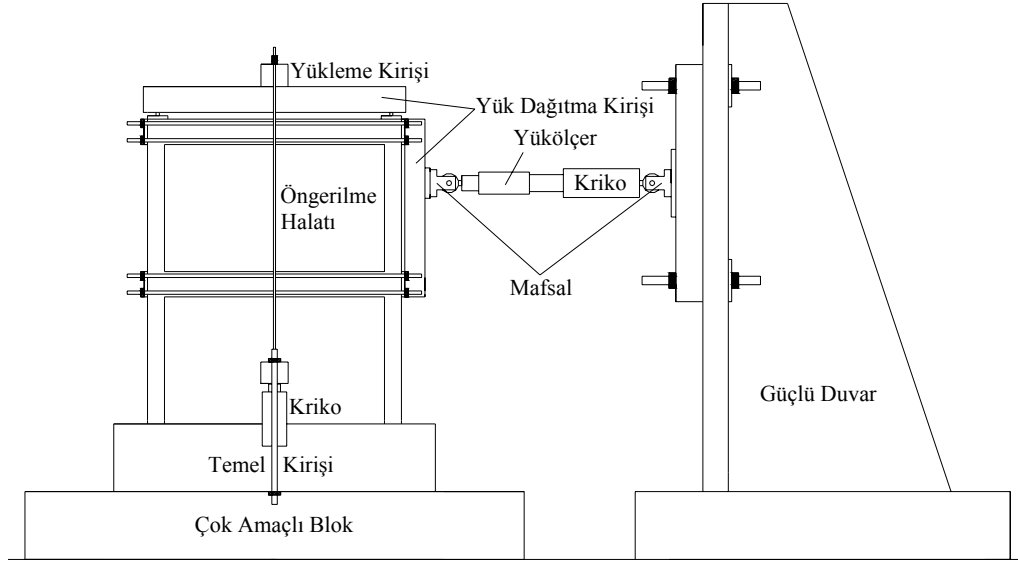
Şekil 2. Deneylerde Kullanılan Boşluklu Tuğla ve Örülmesi

TABLO 1. DENEY ÇERÇEVELERİNİN MALZEME ÖZELLİKLERİ

Deney Elemanı	Kolon-Kiriş Etriyesi Akma Day. (MPa)	Boyuna Donatı Akma Day. (MPa)	Çerçeve Betonu Basınç Day. (MPa)	Tuğla Örne Harcı Basınç Day. (MPa)	Sıva Harcı Basınç Day. (MPa)
REFBA	271	365	12.7	-	-
REFB	271	365	13.3	3.4	-
REFBM	271	365	12.7	8.4	8.2

Şekil 2’de de görülebileceği üzere, çerçeve elemanlarından daha dar olan bölme duvarı, gerçek uygulamayı yansıtır biçimde, çerçevenin dış yüzüyle yüze-yüz olacak biçimde yerleştirildiğinden, simetri düzlemi içinde kalmayan yükler nedeniyle ortaya çıkan dönmeyi denetlemek amacıyla, düzlem dışı ötelenmeleri önleyen bir dış çerçeve düzeni geliştirilmesi gerekmiştir.

Ölçüm düzeni Şekil 4’de gösterilmiştir. Birinci ve ikinci kat düzeylerindeki yanal ötelenmeler LVDT’ler ile ölçülürken, dolgu duvarlarının kayma deformasyonları ve deney elemanının rijit cisim olarak yaptığı dönme ve ötelenmeler komparatörlerle ölçülmüştür. Elektronik olarak yapılan tüm ölçümler bir bilgisayarda depolanmış ve deneyin gelişimi monitörde oluşturulan yük-ötenme eğrisi izlenerek yönlendirilmiştir.



Şekil 3. Yükleme Düzeneği

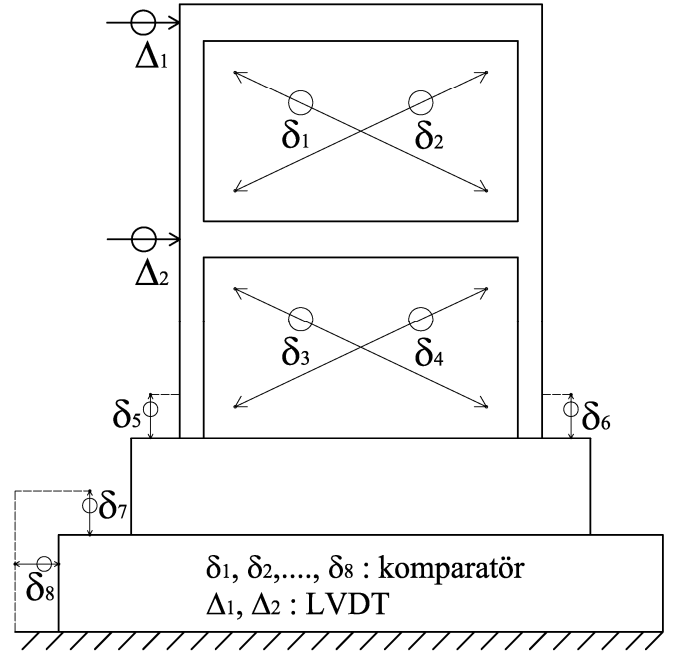
D. Deney Sonuçları

Ülkemizde yaygın olan tasarım ve imalat kusurlarını içeren bir adedi boşluksuz yalın, iki adedi de boşluklu tuğla dolgu deney elemanı sabit düşey ve tersinir-tekrarlanıy yatay yükler altında test edilmişlerdir.

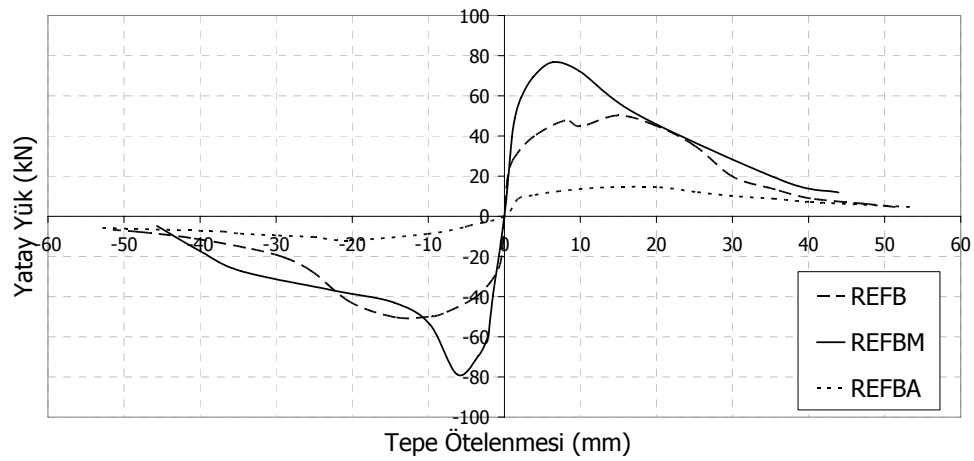
Dolguşuz yalın çerçeve, ilk birkaç turda rijit ve doğrusal elastik, ve sonraki turlarda az yanal yük seviyesinde bile yüksek yanal ötelenmeli elastik olmayan davranış sergileyerek, bilinen yalın çerçeve davranışı sergilemiştir.

Boşluklu tuğla dolgu çerçeve ilk turlarda, dolgu duvarın katkısıyla rijit ve doğrusal elastik davranış sergilemiş, ve de dolgu duvarın belli bir yük seviyesinden sonra ezilmeye başlaması üzerine dayanım ve rijitlik kaybına uğramıştır.

Sıvanmış boşluklu tuğla dolgu çerçeve ise, ilk turlarda rijit ve doğrusal elastik davranış sergilemiştir. Özellikle ilk turlarda sıvanmış dolgu duvarın dayanıma etkin katkısı gözlemlenmiş, ve de dolgu duvarın belli bir yük seviyesinden sonra ezilmeye başlaması üzerine hızlı dayanım ve rijitlik kaybına uğramıştır. Tüm deney elemanlarının zarf eğrileri Şekil 5'de, deney sonrası görüntüleri Şekil 6'da verilmekte, deney elemanlarının test sonuçları Tablo 2'de özetlenmektedir. Sıvanmamış ve sıvanmış boşluklu tuğla dolgunun çerçeve davranışına katkısı Şekil 5'den gözlemlenebilir.



Şekil 4. Ölçüm Düzeneği



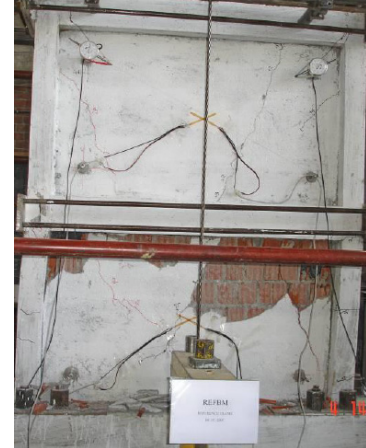
Şekil 5. Deneysel Elemanlarının Zarf Eğrileri



REFBA



REFB



REFBM

Şekil 6. Deneysel Çerçevelerinin Deney Sonrası Görüntüleri

TABLO 2. DENEY ELEMANLARININ TEST SONUÇLARI

Deneysel Eleman	Maks. Yanal Yük (kN)	Oran	1. Kat Ötelenmesi (Δ_1/h_1) ⁽¹⁾	İlk Sertlik (kN/mm)	Oran	Toplam Enerji Tüketimi (Joule)	Oran	Süneklik	Oran
REFBA	14.53	1.00	0.0160	1.74	1.00	2.06	1.00	4.74	1.00
REFB	50.23	3.46	0.0113	24.44	14.05	5.88	2.85	5.88	1.24
REFBM	66.59	4.58	0.0043	21.39	12.29	4.49	2.18	2.82	0.60

⁽¹⁾ Maksimum yanıl yük seviyesinde 1. kat ötelenme oranı

III. KURAMSAL ÇALIŞMALAR

İlk çalışma ellili yıllarda Polyakov [4] tarafından gerçekleştirilmiş olmakla birlikte dolgu duvarlarla ilgili çalışmalar yaklaşık elli senedir sürdürülmektedir. Polyakov, çalışmaları esnasında dolgunun merkezinde diyagonal çatlaklar, modelin karşılıklı çapraz yüklenmemiş köşelerinde çerçeveye dolgu arasında boşluklar ve yüklenmiş iki çapraz köşede de tam bir temas gözlemlemiştir. Altmışlı yıllarda Smith [5-8] ve Carter [9] dolgu duvarları basınç çubuğu gibi modellemişler, yetmişli yıllarda Mainstone ve Weeks [10], Mainstone [11], Klingner ve Bertero [12], doksanlı yıllarda Paulay ve Prestley [13], Angel [14], Al-Chaar [15], Saneinejad ve Hobbs [16], ikibinli yılların başında El-Dakhkhni, Elgaaly ve Hamid [17] dolgu duvarlarla ilgili kuramsal ve deneysel çalışmalar yapıp, dolgulu çerçeve davranışının daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmuşlardır. Smith [5-8] ve Carter [9] tarafından elde edilen sonuçlar daha sonra yapılan Mainstone [11] ve Al-Chaar [15]'in deneysel sonuçları ile benzerlik göstermiştir.

Yük çerçeveye uygulandığında dolgu duvar, giriş veya kolonun belli bir uzunluğu boyunca ayrılmakta ve çerçeve-dolgu duvar arasındaki temas diğer iki karşı köşede devam etmektedir. Bu aşamada, temasın devam ettiği bir köşeden diğerine çizilen bir çizgi basıncın yönünü göstermektedir. Dolgu bu çizgi doğrultusunda basıncı aktarmaktadır. Bu sayede dolgunun, eşdeğeri olan sanal bir basınç çubuğuyla modellenebileceği Şekil 7'de gösterilmektedir. Dolgu duvarı basınç çubuğu şeklinde modellenirken dolgu duvarının çerçeveye bağlı olmadığı varsayılacaktır. Dolguyu temsil eden bu sanal basınç çubuğunun mekanik ve geometrik özelliklerinin belirlenmesi için FEMA [18] tarafından aşağıdaki denklemler önerilmiştir;

$$a_{\text{dolgu}} = 0.175(\lambda \cdot h_{\text{kol}})^{-0.4} d \quad (1)$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{E_{\text{dolgu}} b_w \sin(2\beta_s)}{4E I h}} \quad (2)$$

Denklemlerde, a_{dolgu} eşdeğer basınç çubuğunun efektif genişliğini, h_{kol} kolonun giriş merkezleri arasındaki yüksekliğini, d dolgu duvarının köşegen uzunluğunu, E_{dolgu} dolgunun elastisite modülünü, b_w eşdeğer basınç çubuğunun kalınlığını, β_s tanjantı dolgunun yüksekliğinin uzunluğuna oranı olan açıyı, E kolonun elastisite modülünü, I kolonun atalet momentini, h dolgunun yüksekliğini göstermektedir. Eşdeğer çubuğun kalınlığı modellediği dolgu duvarının kalınlığı ile aynı olacaktır.

Kuramsal çalışmalar için sıvanmış boşluklu tuğla dolgu duvarların modellenebilmesi için eşdeğer basınç çubuklarının aksenal dayanım ve rijitliklerinin hesaplanmaları, kuvvet-şekil değiştirme eğrilerinin oluşturulması gerekmektedir. Dolguyu temsil eden eşdeğer

basınç çubuğunun aksenal yük taşıma kapasitesinin (F) değeri Denklem 3 ile ifade edilebilir (Teknik Dergi);

$$F = F_{cc} = f_c \cdot b_w \cdot a_{\text{dolgu}} \quad (3)$$

Dolgunun basınç dayanımı, f_c , sıvanmış boşluklu tuğla dolgu elemanlarının köşegenlerinden birisi doğrultusunda uygulanan basınç altında test edilmesiyle bulunacaktır. Deney elemanların dolgu duvarlarında 1/3 ölçeğinde özel olarak üretilmiş boşluklu tuğlalar (Şekil 2) kullanılmış, harç ve sıva olarak, uygulamadaki basit işçiliği yansıtması amacıyla, düşük basınç dayanımlı harç ve sıva kullanılmıştır. Ortadoğu Teknik Üniversitesi Yapı Mekaniği Laboratuvarında hazırlanan 700mm×700mm boyutlarındaki, aynı özelliklerde, sıvanmamış ve sıvanmış boşluklu tuğla dolgu duvarlar, deney elemanlarının boşluklu tuğla dolgularına benzer şekilde, köşegenlerinden biri doğrultusunda uygulanmış basınç altında test edilmişler [3] ve sıvanmamış boşluklu tuğla dolgu için ortalama basınç dayanımı, f_c 3.5 MPa, ortalama elastisite modülü, E_{dolgu} 5,000 MPa, sıvanmış boşluklu tuğla dolgu için ise bu değerler sırasıyla 4.5 MPa ve 7,000 MPa olarak bulunmuştur. Deney düzeneği Şekil 8'de gösterilmiştir.

Eşdeğer basınç çubuğunun rijitliği aşağıdaki denklemden hesaplanabilir [19]:

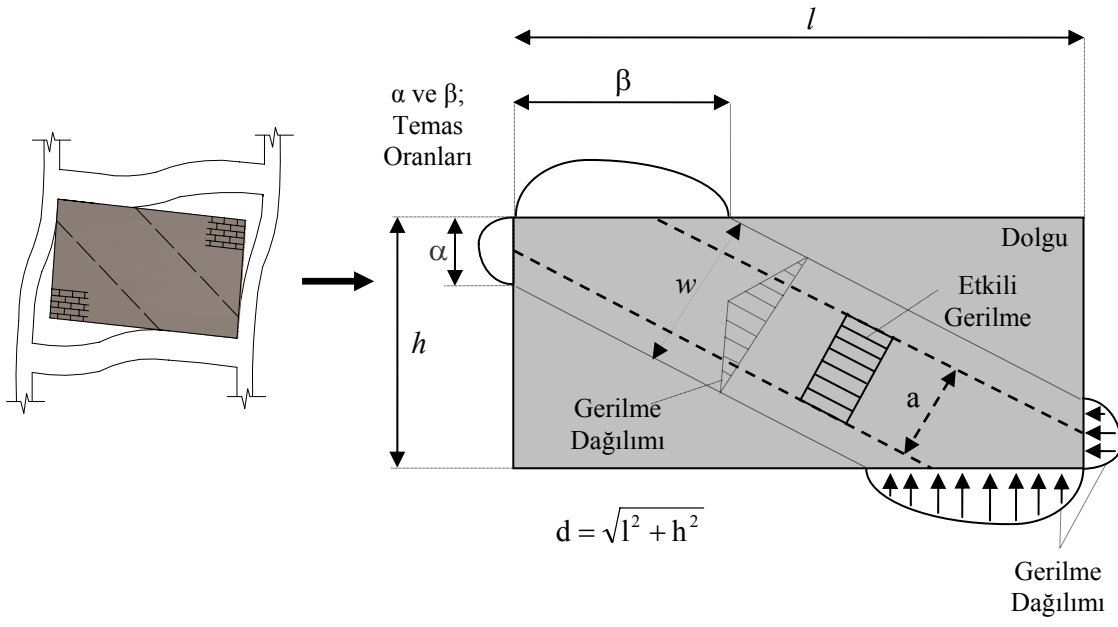
$$k_d = \frac{a_{\text{dolgu}} \cdot b_w \cdot E_{\text{dolgu}}}{d} \quad (6)$$

Ve böylece, sıvanmamış ve sıvanmış boşluklu tuğla dolguyu modelleyen eşdeğer basınç çubuğunun kuvvet-şekil değiştirme eğrisi Şekil 9'daki gibi hazırlanmıştır.

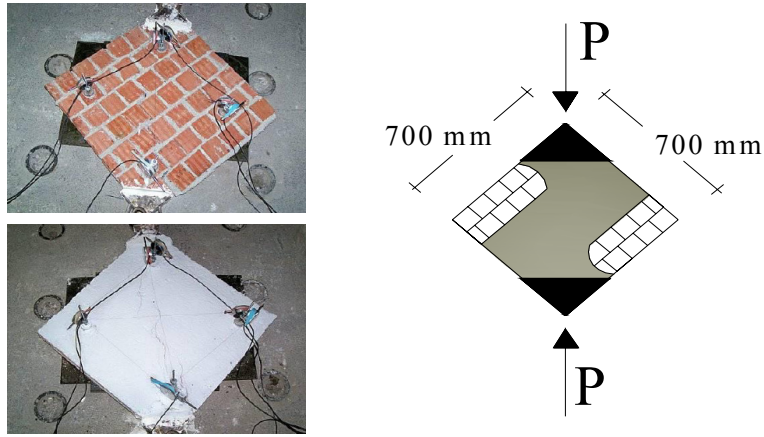
Eşdeğer basınç çubuğunun akma birim kısalması, δ_y , aşağıda verilen denklemden hesaplanabilir. Çubuk sınır birim kısalması sıvanmamış ve sıvanmış boşluklu tuğla dolgu duvar için sırasıyla $\delta_u=0.020d$ ve $\delta_u=0.015d$ kabul edilmiştir.

$$\delta_y = \frac{F}{k_d} \quad (7)$$

Deneysel sonuçları kuramsal olarak doğrulayabilmek amacıyla deney elemanları için İtme (Push-Over) analizleri yapılmıştır. İtme analizi, yapıların yanal yükler altındaki performansını değerlendiren bir çeşit doğrusal olmayan statik analiz yöntemidir. Bu analizde, önce bir yük şablonu seçilmekte ve bu yükler yapıya küçük artışlarla yüklenmektedir. Yöntem basitçe Şekil 10'da gösterilmiştir. Bu çalışmada, çerçeve betonu ve kolon-giriş boyuna donatılarının gerilme-birim deformasyon eğrileri programa inelastik olarak tanıtılmışlardır. Gerilme-Birim Deformasyon eğrileri Şekil 11'de gösterilmiştir. Deney elemanlarının kuramsal modellemesi de Şekil 12'deki gibi hazırlanmıştır. Eşdeğer basınç çubuklarının çerçeveye her iki uçtan mafsallarla bağlandığı varsayılmıştır [20]. Kuramsal çalışmalar sonucu deney çerçeveleri için elde edilen zarf eğrileri, çerçevelerin deneysel yük-tepe ötelenmesi değerleri ile Şekil 13'de karşılaştırılmışlardır.



Şekil 7. Yatay Yük Altında Dolgu Duvarda Oluşan Basınç Bölgesi ve Dolgu Duvarı Temsil Eden Eşdeğer Sanal Çapraz Basınç Çubuğu



Şekil 8. Boşluklu Tuğla Dolgu Deneş Düzeneği [3]

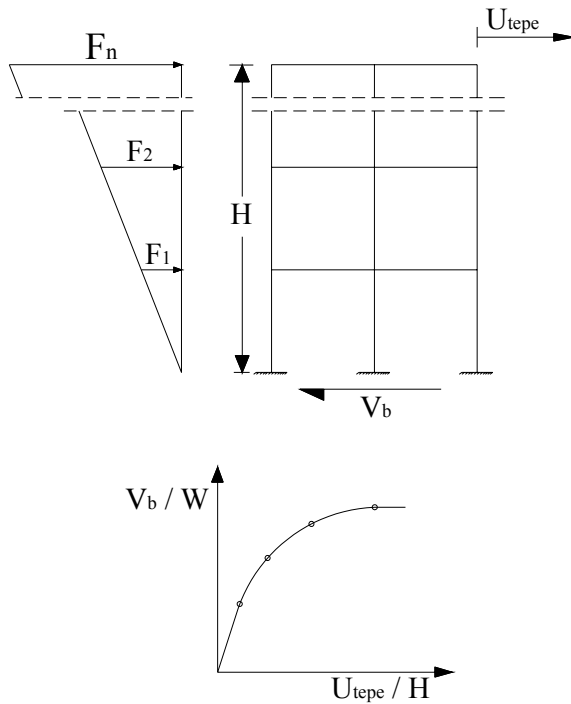


Şekil 9. Sıvanmamış ve sıvanmış boşluklu tuğla dolgu duvarı modelleyen basınç çubuğunun basitleştirilmiş yük-deformasyon eğrisi

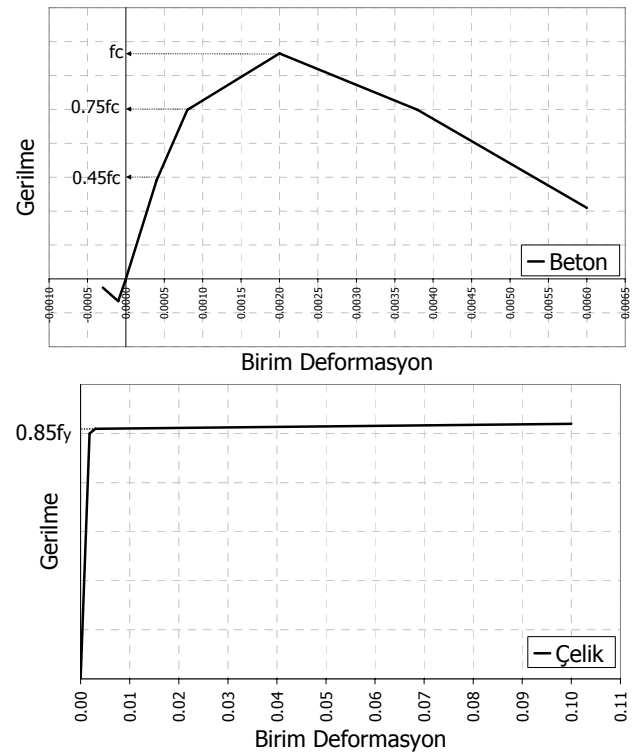
IV. DEĞERLENDİRME VE YORUMLAR

Deney elemanlarının davranış öyküleri ve kuramsal çalışmaların sonuçları göz önüne alındığında, betonarme çerçevesiz yapılarda yaygınca kullanılan boşluklu tuğla dolgunun bölme duvarı olarak kullanılmasının, yapının dayanımı ile yanal rijitliğini arttırdığı ve davranışını iyileştirdiği görülmektedir. Tablo 3’de verilen değerler, boşluklu tuğla dolgu uygulamasının yapının dayanım ve davranışına sağladığı iyileştirmeyi açıkça sergilemektedir.

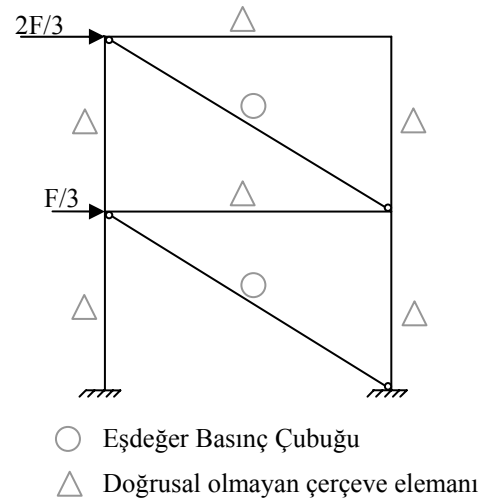
Deney elemanlarının yük-tepe ötelenmesi değerleri ile kuramsal çalışmalardan elde edilen zarf eğrilerinin karşılaştırma sonuçlarına göre sıvanmış boşluklu tuğla dolgunun eşdeğer basınç çubuğu ile modellendiği yöntemle deney elemanlarının yatay yük taşıma kapasiteleri düşük hata payıyla, tepe ötesi davranışları da gerçeğe yakın bir şekilde hesaplanabilmekte, ilk sertlik değerlerindeki tahmin de kabul edilebilir hata payıyla hesaplanabilmektedir. Bu yöntemle yatay yük taşıma kapasitesi tahminindeki sapma en fazla %3 altında ve %17 üstünde, başlangıç rijitliklerindeki sapma da en fazla %35 altında ve %24 üstünde olmuştur.



Şekil 10. İtme Analizi



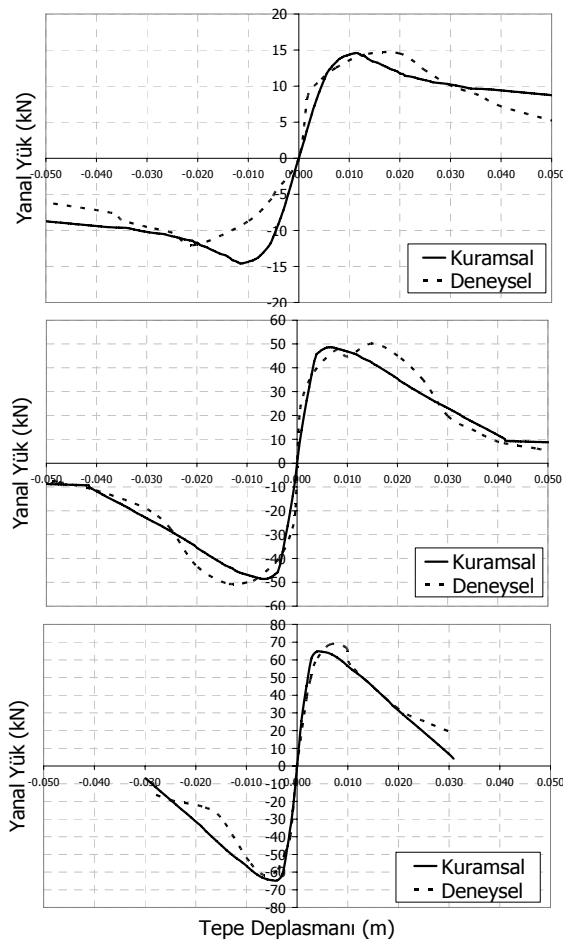
Şekil 11. Beton-Çelik Gerilme-Birim Deformasyon Eğrileri



Şekil 12. Deney Elemanlarının Kuramsal Modellemesi

TABLO 3. BOŞLUKLU TUĞLA DUVAR UYGULAMASININ SAĞLADIĞI İYİLEŞTİRME

	Yalın çerçeveye oranla
Yanal yük taşıma kapasitesi	~4 kat
Yanal rijitlik	~13 kat
Süneklik	~0.5 kat
Enerji tüketimi	~2.5 kat



Şekil 13. Deneysel Elemanların Kuramsal Zarf Eğrileri ve Deneysel Yük-Ötelenme Değerlerinin Karşılaştırılması

V. SONUÇ

Betonarme taşıyıcı sistemlerde bölme duvarı olarak ülkemizde yaygınca kullanılan boşluklu tuğla dolgu duvarların çerçeve davranışına olumlu katkıları yapılan deneysel çalışmalarla ortaya konulmuştur. Yapılan kuramsal çalışmalarla da, boşluklu tuğla dolgu duvarların eşdeğer basınç çubukları ile modellendiği yapısal çözümlemenin sonuçlarının düşük hata paylı olacağı sonucuna varılmıştır. ODTÜ Yapı Mekanikliği Laboratuvarında gerçekleştirilen üç adet deney sonucuna göre;

- Çerçeveye tuğla dolgu duvar bulunması çerçevenin yanal yük taşıma kapasitesini yalın çerçeveye oranla yaklaşık 3.5 kat artırmıştır.
- Tuğla dolgu duvar üzerine sıva uygulaması çerçevenin yanal yük taşıma kapasitesini yalın çerçeveye oranla yaklaşık 4.5 kat artırmıştır.

Gözlemler mevcut çalışmalarla sınırlıdır. Genelleştirmeler dikkatlice yapılmalıdır. Deneysel çalışmalar sadece tek açıklıklı ve iki katlı yapı elemanlarında gerçekleştirildiği unutulmamalıdır. Gerçek

çok açıklıklı ve çok katlı bir yapıda bu etki elbette ki azalacaktır. Ayrıca, rölatif kat ötelenmelerinin belli bir sınırın altında kalması gerekir; aksi takdirde duvarlar planı dışında devrilerek veya ezilerek yük taşıma kapasitelerini hızla kaybetmektedirler.

VI. TEŞEKKÜR

Bu araştırma ODTÜ Yapı Mekanikliği Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmektedir ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 104M566 no'lu proje adı altında desteklenmektedir.

REFERENCES

- [1] T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı (2007), "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar, Ankara.
- [2] Kaplan, S., A., "Dolgu Duvarların Betonarme Taşıyıcı Sistem Performansına Etkisi", Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı:452 – 2008/6.
- [3] Sevil, T., "Seismic Strengthening of Masonry Infilled R/C Frames with Steel Fiber Reinforcement", Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 2010.
- [4] Polyakov, S. V., "Masonry in Framed Buildings; An Investigation into the Strength and Stiffness of Masonry Infilling" (English Translation), Moscow, 1957.
- [5] Smith, B. S., "Model Test Results of Vertical and Horizontal Loading of Infilled Specimens", ACI Journal, August 1968, pp. 618-624.
- [6] Smith, B. S., "Lateral Stiffness of Infilled Frames", ASCE Journal of Structural Division, Vol. 88, ST. 6, December 1962, pp.183-199.
- [7] Smith, B. S., "Behaviour of Square Infilled Frames", ASCE Journal of Structural Division, Vol. 92, ST. 1, February 1966.
- [8] Smith, B. S., "Methods for Predicting the Lateral Stiffness and Strength of Multi-Storey Infilled Frames", Building Science, Vol. 2, 1967, pp. 247-257.
- [9] Smith, B. S., Carter, C., "A Method of Analysis for Infilled Frames", Proc. ICE, Vol. 44, September 1969, pp. 31-48.
- [10] Mainstone, R. J., Weeks, G. A., "The influence of bounding frame on the racking stiffness and strength of brick walls," 2nd International BrickMasonry Conference, Watford, England, 12-15 April 1970, 165-171.
- [11] Mainstone, R. J., "Supplementary Note on the Stiffness and Strengths of Infilled Frames" Current Paper 13/74, Building Research Station, UK, February 1974.
- [12] Klingner, R. E., Bertero, V., "Earthquake Resistance of Infilled Frames", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 104, June 1978.
- [13] Paulay, T., Priestley, M.J.N., "Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings", New York, John Wiley, 1992.
- [14] Angel, R., Abrams, D.P., Shapiro, D., Uzarski, J., and Webster, M., "Behavior of Reinforced Concrete Frames with Masonry Infills," Structural Research Series No.589, University of Illinois at Urbana-Champaign, UIIU ENG 94-2005, March 1994, 183 pp.
- [15] Ghassan Al-Chaar, Evaluating Strength and Stiffness of Unreinforced Masonry Infill Structures, Construction Engineering Research Laboratory, January 2002.
- [16] Saneinejad, A., Hobbs, B., "Inelastic Design of Infilled Frames", Journal of Structural Engineering, 121(4), 634-650.
- [17] El-Dakhkhni, W., W., Elgaaly, M., Hamid, A., A., "Three-Strut Model for Concrete Masonry-Infilled Steel Frames", Journal of Structural Engineering, February 2003, 177-185.
- [18] Federal Emergency Management Agency (FEMA), EVALUATION OF EARTHQUAKE DAMAGED CONCRETE AND MASONRY WALL BUILDINGS, FEMA 306, 1998.
- [19] Federal Emergency Management Agency (FEMA), NEHRP GUIDELINES FOR THE SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS, FEMA 356, November 2000.
- [20] Baran, M., Canbay, E., Tankut, T., "Beton Panellerle Güçlendirme – Kuramsal Yaklaşım", İnşaat Mühendisleri Odası, Teknik Dergi, Cilt 21, No.1, 4959-4978, Ocak 2010.