

46 928

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELERİN**  
**DAVRANIŞI**

**İnş.Müh.İskender AYDOĞDU**

**F.B.E. İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Programında**  
**hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı: Doç.Zekeriya POLAT**

**İSTANBUL,1995**

## İÇİNDEKİLER:

SEMBOL LİSTESİ	III
ŞEKİL LİSTESİ	V
TABLO LİSTESİ	VI
KISALTMALAR LİSTESİ	VII
TEŞEKKÜR	VIII
TÜRKÇE ÖZET	IX
YABANCI DİLDE ÖZET (ABSTRACT)	X
I. 1.BÖLÜM-KAYNAKLARA GÖRE DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELER	
1.1. Giriş	1
1.2. Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Deprem Hareketlerinde Davranışı ve Hasar Biçimi	2
1.3. Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Göçme Biçimleri	3
1.4. Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Hesabı	4
1.5. Dolgu Duvarlı Çerçeve Davranışı Üzerine Bazı Çalışmalar	5
II. 2.BÖLÜM-DOLGU DUVARLARININ FİZİK VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ	
2.1. Giriş	9
2.2. Duvarlarda Kullanılan Yapı Taşlarının Özellikleri	9
2.2.1. Taşıyıcı Delikli Tuğlalar	9
2.2.2. Ytong	10
2.2.3. Karkas Dolgu Tuğlası (Boşluklu Tuğla)	10
2.3. Harç ve Harç Malzemeleri	10
2.3.1. Çimento	10
2.3.2. Kum	11
2.3.3. Yapılan Harçların Mekanik Özellikleri	11
2.4. Duvar Numunelerinin Şekil Değiştirme Özellikleri	13
III.3.BÖLÜM-DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELERİN SONLU ELEMAN ANALİZLERİ	
3.1. Giriş	15
3.2. Çözüm Yöntemi	15

#### **IV.4.BÖLÜM-SONUÇLAR VE İRDELENMESİ**

**4.1. Sonuçların Değerlendirilmesi**

**25**

**4.2. Pratik İçin Öneriler**

**26**

**KAYNAKLAR**

**28**

**ÖZGEÇMİŞ**



## SEMBOL LİSTESİ:

- D(m):** Beton eşdeğeri kare kesitli diyagonal boyu (veya duvar malzemesi eşdeğeri fiktif diyagonal boyu)
- H(m):** Duvarı çevreleyen çerçevenin, yüksekliği
- L(m):** Duvarı çevreleyen çerçevenin, plan uzunluğu
- a(mm):** Beton eşdeğeri kare kesitli basınç diyagonalinin, kesit kenar boyutu
- t(cm):** Duvar kalınlığı
- w(cm):** Duvar malzemesi eşdeğeri, fiktif basınç diyagonalinin kesit genişliği
- E<sub>o</sub> (N/mm<sup>2</sup>):** Betonarme diyagonal elastisite modülü
- R<sub>k</sub> (N/cm<sup>2</sup>):** Karkas dolgu tuğlası, basınç mukavemeti
- R<sub>t</sub> (N/cm<sup>2</sup>):** Taşıyıcı delikli tuğla, basınç mukavemeti
- T<sub>h</sub> (N/cm<sup>2</sup>):** Harcın, direkt çekme mukavemeti
- T<sub>t</sub> (N/cm<sup>2</sup>):** Taşıyıcı delikli tuğla, aksenal çekme mukavemeti
- E<sub>d,i</sub> (N/mm<sup>2</sup>):** Duvar numunesinin, elastiklik modülü
- E<sub>h,i</sub> (N/cm<sup>2</sup>):** Harcın, elastiklik modülü
- E<sub>k,i</sub> (N/cm<sup>2</sup>):** Karkas dolgu tuğlası, elastiklik modülü
- E<sub>t,i</sub> (N/cm<sup>2</sup>):** Taşıyıcı delikli tuğla, elastiklik modülü
- E<sub>y,i</sub> (N/cm<sup>2</sup>):** Ytong, elastiklik modülü
- R<sub>h,k</sub> (N/cm<sup>2</sup>):** Harcın, küp basınç mukavemeti
- R<sub>h,s</sub> (N/cm<sup>2</sup>):** Harcın, silindir basınç mukavemeti
- R<sub>k,p</sub> (N/cm<sup>2</sup>):** Karkas dolgu tuğlası, prizma basınç mukavemeti
- R<sub>t,k</sub> (N/cm<sup>2</sup>):** Taşıyıcı delikli tuğla, küp basınç mukavemeti
- R<sub>t,p</sub> (N/cm<sup>2</sup>):** Taşıyıcı delikli tuğla, prizma basınç mukavemeti
- R<sub>y,p</sub> (N/cm<sup>2</sup>):** Ytong, prizma basınç mukavemeti
- Sh,e (N/cm<sup>2</sup>):** Harcın, eğilme çekme mukavemeti
- Sh,y (N/cm<sup>2</sup>):** Harcın, silindir yarma mukavemeti
- Ø:** Silindir numune çapı
- α:** Duvar malzemesi eşdeğeri, fiktif basınç diyagonal genişliğinin duvar kalınlığına oranı
- β:** Duvar malzemesi eşdeğeri, fiktif basınç diyagonal genişliğinin diyagonal boyuna oranı
- σ-ε=** Deney numunesinin şekil değiştirme eğrisi
- ν<sub>d</sub>:** Duvar numunesinin, poisson oranı
- ε<sub>d,o</sub>:** Duvar numunesinin, maksimum birim kısalma oranı

**$\epsilon_{h,o}$ : Harcın, kırılma anında maksimum birim kısalması**

**$\epsilon_{k,o}$ : Karkas dolgu tuğlası, kırılma anında maksimum birim kısalma**

**$\epsilon_{t,o}$ : Taşıyıcı delikli tuğlanın, basınç altındaki kırılma anında maksimum birim kısalma oranı**

**$\epsilon_{y,o}$ : Ytong, kırılma anında maksimum birim kısalma**



## ŞEKİL LİSTESİ:

Şekil 1.1. Tipik bir dolgulu çerçeve	4
Şekil 1.2. Dolgu duvarı çerçevenin yatay ötelenmesine bir diyagonal basınç çubuğu gibi karşı koyar.	4
Şekil 1.3. Dolgulu çerçeve için hesap modeli	5
Şekil 3.1. Dolgulu çerçeve ve sonlu eleman modeli	15
Şekil 3.2. Yalnız B ve D noktaları birbirine bağlanmış duvar + çerçeve sistemin şekil değiştirme durumu	16
Şekil 3.3. Birbirini iten düğümleri karşılıklı bağlanmış (constrained) modelin şekil değiştirmiş durumu	16



## **TABLO LİSTESİ:**

<b>Tablo 1.1. Burdur Lisesi binası doğal periyotları</b>	<b>7</b>
<b>Tablo 2.1. Deneylerde kullanılan çimento özellikleri</b>	<b>11</b>
<b>Tablo 2.2. Kullanılan harç kumunun granülometrisi</b>	<b>11</b>
<b>Tablo 2.3. Kullanılan harçların mekanik özellikleri</b>	<b>12</b>
<b>Tablo 2.4. Kullanılan harçların şekil değiştirme özellikleri</b> (Elastiklik modülü ve kırılma birim kısalması)	<b>13</b>
<b>Tablo 2.5. Duvar numunelerinin şekil değiştirme özellikleri</b>	<b>14</b>
<b>Tablo 3.1. Eşdeğer basınç diyagonal kesiti (MHTDT)</b> (Beton eşdeğeri - kalınlık eşdeğeri - diyagonal boyu eşdeğeri)	<b>19</b>
<b>Tablo 3.2. Eşdeğer basınç diyagonal kesiti (ÇHTDT)</b> (Beton eşdeğeri - kalınlık eşdeğeri - diyagonal boyu eşdeğeri)	<b>20</b>
<b>Tablo 3.3. Eşdeğer basınç diyagonal kesiti (MHYD)</b> (Beton eşdeğeri - kalınlık eşdeğeri - diyagonal boyu eşdeğeri)	<b>21</b>
<b>Tablo 3.4. Eşdeğer basınç diyagonal kesiti (ÇHYD)</b> (Beton eşdeğeri - kalınlık eşdeğeri - diyagonal boyu eşdeğeri)	<b>22</b>
<b>Tablo 3.5. Eşdeğer basınç diyagonal kesiti (MHKDT)</b> (Beton eşdeğeri - kalınlık eşdeğeri - diyagonal boyu eşdeğeri)	<b>23</b>
<b>Tablo 3.6. Eşdeğer basınç diyagonal kesiti (ÇHKDT)</b> (Beton eşdeğeri - kalınlık eşdeğeri - diyagonal boyu eşdeğeri)	<b>24</b>

## **KISALTMALAR LİSTESİ:**

<b>ACI</b>	<b>American Concrete Institute</b>
<b>ÇHKDT</b>	<b>Çimento Harçlı Karkas Dolgu Tuğlası Duvar Modeli</b>
<b>ÇHTDT</b>	<b>Çimento Harçlı Taşıyıcı Delikli Tuğla Duvar Modeli</b>
<b>ÇHYD</b>	<b>Çimento Harçlı Ytong Duvar Modeli</b>
<b>MHKDT</b>	<b>Melez Harçlı Karkas Dolgu Tuğlası Duvar Modeli</b>
<b>MHTDT</b>	<b>Melez Harçlı Taşıyıcı Delikli Tuğla Duvar Modeli</b>
<b>MHYD</b>	<b>Melez Harçlı Ytong Duvar Modeli</b>
<b>MSK</b>	<b>Medvedev - Sponheur Karnik (Since 1964)</b> <b>(Uluslararası Deprem Şiddet Cetveli)</b> <b>(1964, UNESCO)</b>



## **TEŞEKKÜR:**

Tez alıŐmamn, yönlendirilmesinde ve oluŐmasında bana çok yardımcı olan ve değerli engin bilgisini esirgemeyen hocam Doç. Zekeriya Polat'a en içten teŐekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, tezimin bilgisayarda yazılmasında bana yardımcı olan arkadaşım Derya Sarıca'ya teŐekkürü bir borç bilirim.

İskender Aydoğdu



## ÖZET

Uygulamada, yapıların yatay yüklere, özellikle depreme göre hesabında, dolgu duvarlarının katkısı ihmal edilir. Gerçekte ise dolgu duvarlarının yapının rijitliğine katkısı oldukça büyüktür. Hesapta ihmal edilmeleri, daha çok; (1) hesap güçlüğünden, (2) güvenilir bir hesap metodu bulunamamasından kaynaklanır. Bu çalışma ile, bu konuda, bugüne kadar yapılmış çalışmalar gözden geçirildikten sonra, dolgu duvarlı çerçevelerin hiç değilse birinci (temel) modlarında, dolgu duvarlarının eşdeğeri olarak hesap modeline eklenebilecek basınç diyagonellerinin kesitlerinin ne olabileceği, sonlu elemanlar yöntemiyle, analitik olarak hesaplanmaya çalışılmıştır.

Bu amaçla, birinci bölümde, Türkçe'de ve yabancı dilde tespit edilebilen kaynaklar incelenmiş ve özetlenmiştir.

İkinci bölümde, bu konuda, dolgu duvarlarının ve örgü harçlarının cinsini dikkate alan Türkçe'de yapılmış bir ayrıntılı araştırmanın (Yorulmaz, 1971) tespit ettiği ve önerdiği mekanik özellikler, yapılacak çalışmada esas olarak kullanılmak üzere, sistematik bir şekilde özetlenmiştir.

Üçüncü bölümde, dolgu duvarlarının ikinci bölümde belirlenen mekanik özelliklerini dikkate alarak; çeşitli cins, kalınlık ve boyutta dolgu duvarlarının, çerçeve ile kuşatılmış ve kuşatılmamış halde eşdeğeri olarak alınabilecek basınç diyagonellerinin kesitleri, sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplanmıştır. Hesaplarda, SAP90 programı kullanılmıştır (Wilson et al., version 5.10.). Hesaplar, malzemelerin lineer elastik sınırları içinde geçerlidir.

Dördüncü bölümde ise elde edilen sonuçlar, çeşitli yönlerden irdelenmiş, kaynaklardaki sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

## **ABSTRACT**

In practice, for structural analysis of buildings under lateral loads, and, especially to the earthquake motion, the contribution of infill walls are usually neglected. However, it is well known that, the contribution of infill walls to the stiffness of frame is quite high. Neglecting may be resource of: (1) the design difficulties, (2) absence of a reliable method of computation.

With this study, after reviewing the works have been done until today, it is tried to determine an equivalent compression diagonal bar section representing the infill wall in computation model; the finite element analysis is used; the computation has been done considering the relevant materials remaining linear elastic domain.

In the first section, the available works in Turkish and in other languages are reviewed and some main points are resumed.

In second section, referring to works which has been realized on the infill wall mechanical characteristics have been studied in details and the possible infill wall mechanical properties to be used in this study have been resumed.

In the third section, following a parametric way, a series of finite element solutions have been done, and it is tried to determine the equivalent cross section of the fictitious compression diagonals which representing the infill walls of various plane sizes, thicknesses and material properties.

In the last section, the obtained results are evaluated of various aspects and they are compared with the available results in literature.

## 1. BÖLÜM

### KAYNAKLARA GÖRE DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELER

#### 1. 1 GİRİŞ

Dolgu duvarı ile, özellikle bina türü yapılarda çerçeve gözleri arasında yer alan dış duvarlar ve iç bölmeler kastedilmektedir. Bölme duvarları ise yapının kaçınılmaz parçalarıdır. Özellikle çok katlı yapılarda bölme duvarlarından taşıyıcı olarak yararlanmak düşünülmediğinden, bunların, dış ve iç mekanlar arasındaki yalıtım görevlerini aksatmayacak şekilde hafif yapılmasına özen gösterilir. Hafifliğin sağlanması için özel olarak geliştirilmiş malzemeler (hafif beton) olduğu gibi, bilinen klasik malzemeler boşluklu olarak üretilip (tuğla) kullanılır. Hafif malzemeler ise bünyesindeki boşluk oranı yüksek malzemelerdir; dolayısıyla, düşük olan mukavemetleri, boşluklar yüzünden, daha düşürülmüş olmaktadır.

Bölme duvarlarının hafifletilmelerinin temel nedeni, yapı ölü yükünü, dolayısıyla kütlelerini azaltmaktır; bu suretle, inşaatındaki kolaylık ve ekonomi dışında, yapının yer sarsıntılarında maruz kalacağı atalet kuvvetlerinde de azalma sağlanmış olur.

Bölme duvarları taşıyıcı elemanların (kolon ve kirişlerin) hareketlerini kısıtladığında yapının rijitliğine katkısı olacak demektir. Ne kadar hafifletilirse de dolgu duvarları, özellikle yapının elastika sunuşlarını çok zorlamayan küçük hareketlerinde, çerçevelerin rijitliğini büyük ölçüde artırırlar. Diğer taraftan, salt ölü yük açısından bakılırsa, yapı kütlelerini de artırırlar.

- .Yapı kütlelerinin artması yapı doğal titreşim periyotlarının büyümesine;
- .Yapı rijitliğinin artması ise, tam tersi, yapı doğal periyotlarının küçülmesine;

neden olur. Bununla beraber, dolgu duvarlarının rijitlik katkısı kütle katkısına nispetle daha baskın olduğundan, sonuçta, yapı periyotları, yalnız çerçeve durumlarına göre %50-60 oranında küçülür (Bayülke, 1989, sahife 47-64). Yapı doğal frekanslarının büyüme eğilimi, malzemenin elastik

davranış safhasında yapıda oluşacak atalet kuvvetlerinin de büyümesine neden olur. Bu bakımdan, dolgu duvarlarının yapının taşıyıcı sistemine katkısının faydalı mı, zararlı mı? olduğu konusunda tereddütlere neden olur. Bununla beraber, dolgu duvarları, tersinir sarsıntı şokları esnasında bünyesinde oluşan çatlaklar, kendisini çevreleyen çerçeve elemanları ile arasında oluşan kayma ve sürtünmeler, basınç uçlarındaki ezilmeler gibi olaylarla, yapının enerji kaybı özelliğini de artırırılar (Kaplan, 1983, sahife1).

Diğer taraftan, deprem görmüş yerleşim bölgelerinde çok iyi gözlenen bir olgu da, ticari ve diğer bazı amaçlarla dolgu duvarsız olan zemin katların zaafı ile (yumuşak kat, soft story) aşırı hasar görmeleridir.

Bu değerlendirmelerin ışığı altında, dolgu duvarlarının, yapıların depreme karşı davranışına genellikle müspet katkıda buldukları söylenebilir.

Bununla beraber, uygulamada, dolgu duvarlarının; yapıların yatay yükler altındaki davranışına katkıları başlıca iki nedenle ihmal edilir :(1) Dolgu duvarlarının katkısını dikkate alan hesap modelleri oluşturmak nispeten güç ve karmaşık bir iştir; (2) Dolgu duvarlarının katkısını dikkate alan güvenilir hesap metotları, en azından proje tasarımı seviyesinde, yoktur.

## **1.2 DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELERİN DEPREM HAREKETİNDE DAVRANIŞI VE HASAR BİÇİMİ**

Özellikle ülkemizde kullanılan betonarme çerçevesiz dolgu duvarlı yapı tiplerinin depremlerdeki davranışı incelendiğinde bazı temel davranış biçimleri belirlenebilir.

Betonarme yapılarda deprem hasarı sıva çatlakları ile başlar (Bayülke, 1989, sahife 47-64). İlk sıva çatlakları, sıva kalınlığının az (1-2 cm) olduğu su ve elektrik tesisatı boruları üzerine rastlar. Daha sonra, kiriş-duvar ve kolon-duvar birleşim derzlerinde yine sıva çatlakları görülür. Binalarda hasar, bu tür sıva çatlakları düzeyinde ise, genellikle yapının betonarme taşıyıcı

elemanlarında hasar bulunmamaktadır. Bu mertebedeki hasar, MSK şiddet cetvelinde V-VI şiddetine karşı gelir.

Daha şiddetli depremlerde, dolgu duvarının tuğla ya da daha zayıf mukavemetli boşluklu biriket (cüruf biriketi) olmasına da bağlı olarak, dolgu duvarı hasarı başlamaktadır. Duvar düzlemine karşıdan bakıldığında, daha çok örgü harç derzlerini izleyen kırıklı X-biçiminde çatlaklar görülür. Dolgu duvarı hasarının daha ileri aşamalarında ise, tuğla ya da biriket parçaları kopup düşmeye başlar. Genellikle dolgu duvarlarının iyice parçalanıp iri parçalar halinde dökülmeye başlaması ile, özellikle kolon-kiriş düğümlerine yakın bölgelerde kirişlerde ve kolonlarda mafsallaşmalar görülür. Duvar hasarının bu ileri safhasını MSK cetvelinde VI-VII olarak nitelemek mümkündür.

Çok yüksek duvarlarda, ayrıca betonarme hatıl ile çerçeveye bağlanmamışsa, duvar düzlemine dik atalet kuvvetleri ile yana yıkılmalar da meydana gelir.

### 1.3 DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELERİN GÖÇME BİÇİMLERİ

Dolgu duvarlı çerçevelerin kuvvetli yer hareketine (depreme) davranışı, temel olarak, (1) duvar malzemesine, duvarın kalınlığına, örgü harcına, (2) dolgu duvarın çerçeveye ne şekilde bağlandığına ve duvarın geometrisine bağlıdır.

Dolgu duvarında yer alan pencere, kapı boşlukları ve bunları çevreleyen kasalar, duvar davranışını doğrudan etkiler; boşluklu duvarlar, boşluksuz olanlara nispetle daha sünek ve daha az rijittirler. Boşluğun duvar düzlemindeki yeri ve geometrisi de sonuca etkendir.

Kagir dolgu duvarlarının kırılma-göçme biçimleri; bir çalışmada şöyle sınıflandırılmıştır (Wasti et al., November 1974) :

- (1) Çekme tarafında kalan kolonun çekme-eğilme kırılması ile;
- (2) Kagir duvarın harç derzleri boyunca çatlayıp kayması ile;
- (3) Dolgu duvarın diyagonal çekme kırılması ile;
- (4) Basınç diyagonalinin özellikle uç bölgelerindeki ezilmeler ile;

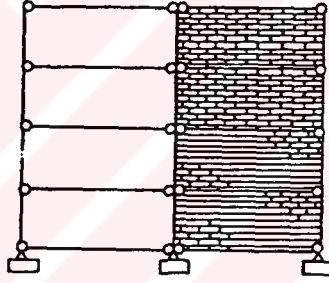
(5 ) Kolonların eğilme veya kesme-eğilme kırılması ile.

Özellikle, kısmi dolgu duvarları, kolon eğilme boylarının küçülmesine neden olarak kolonların aşırı kesme kuvveti çekerek, kesme kırılması yapmalarına sebep olur (kısa kolon kırılması).

#### 1.4 DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELERİN HESABI

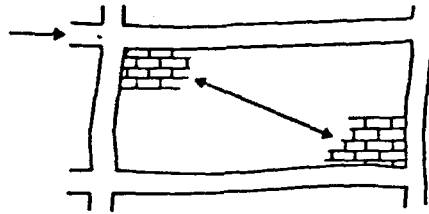
Dolgu duvarlı çerçevelerin hesabı için ortaya konulmuş ve uygulama alanı bulmuş, güvenilir ve uygulaması kolay bir yöntem veya yöntemler, henüz ortaya konulmuş sayılamaz. Bu konuda ortaya atılmış bir takım öneriler ve kriterler, çok az ve yetersiz de olsa deneysel bulgular mevcuttur.

Montague ve Taylor, bir çalışmalarında [1989], tipik bir dolgulu çerçevenin Şekil 1.1'deki gibi düşünülebileceğini, bu çerçevenin her bir gözünün,



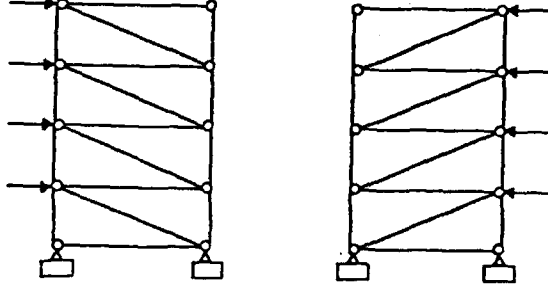
Şekil 1.1 Tipik bir dolgulu çerçeve (Montague et al., 1989)

yatay yükler altında, Şekil 1.2'deki gibi deformasyon yapmak eğiliminde olduğunu; yani, çerçevenin



Şekil 1.2 Dolgu duvarı çerçevenin yatay ötelenmesine bir diyagonal basınç çubuğu gibi karşı koyar (Montague et al., 1989)

yatay ötelenmesine bir basınç çubuğu gibi karşı koyduğunu; dolayısıyla, yatay yükün yönüne bağlı olarak, dolgulu çerçevenin Şekil 1.3'de gösterildiği gibi modellenerek hesaplanabileceğini ifade etmektedirler.



Şekil 1.3 Dolgulu çerçeve için hesap modeli (Montegue et al., 1989)

Dolgu duvarlı çerçevelerin hesabı konusunda ortaya konulan önerilerin hemen hepsi, esas olarak, bu yaklaşıma dayanır; bu çalışmaların pek çoğu, dolgu duvarını temsil edecek basınç diyagonal çubuğunun (inclined strut) eşdeğer kesitinin ne alınması gerektiğini tespit etmeye çalışır. Bu çalışmalardan bazılarının, bu bağlamdaki önemli tespitleri aşağıdaki paragrafta özetlenmiştir.

### 1.5 DOLGU DUVARLI ÇERÇEVE DAVRANIŞININ ÜZERİNE BAZI ÇALIŞMALAR

ACI, 442 Numaralı Komite Raporu'na (Şubat 1971, sahife 21) göre; dolgu duvarları, taşıyıcı olarak düşünülmemelerine rağmen, işletme yükleri altında yapının yatay rijitliğine katkıda buldukları söylenebilir. Araştırmalar, bu bölmelerin, rüzgar yüklerine karşı yapı mukavemetine katkıda bulunacak tarzda inşa edilmeleri halinde, bilhassa yatay yer değiştirme sınırlamalarını sağlamak bakımından, önemli katkılarının olduğunu göstermektedir. Bu problemin kabul edilebilir bir çözümü, dolgu duvarının eşdeğeri bir basınç diyagonal çerçeveye eklenerek yapılabilir; bu diyagonalin etkin genişliği dolgunun ve dolgu duvarını çevreleyen çerçevenin bağıl rijitliklerinin bir fonksiyonudur.

Çerçeveler arasında yer alan dolgu duvarları, sistemin sadece rijitliğini ve sönümünü artırmak ve dolayısıyla asal titreşim periyodunu kısaltmakla kalmaz, aynı zamanda, sistemin davranış modunu ve dolayısıyla, farklı çerçeve elemanlarına kuvvetlerin dağılımını da tamamen değiştirebilirler. Bu nedenle, dolgu duvarlarının rijitlik katkılarının hesapta ihmalı tehlikeli de olabilir. Ancak, dolgu duvarlarının etkisi hesaba sokulursa, bunların bir kısmının veya tümünün tahrip olması durumunda sistemin davranışının ne olacağını da düşünmek gerekir.

Komite raporu, aslında, konunun temel problemlerini de, böylece ortaya koymaktadır; dolgu duvarları hesaba katılabilir; ancak, bunun menfi ve müspet bütün yönleri güvenilir hesaplarla ortaya konulmalıdır.

Dowrick'e göre (1977, paragraf 4.4, 5.8, 6.6.5, 8.1 ve 8.2), dolgu duvarları, yapıların,

- (a) Rijitliğini ve dayanımını artırır; deprem kesme kuvveti, dolgu duvarlı yapılarda daha büyüktür;
- (b) Enerji emme kapasitesini artırır;
- (c) Yapı elemanları arasındaki kuvvet dağılımını oldukça değiştirirler.

Eşdeğer basınç diyagonal yaklaşımı ilk defa Holmes tarafından önerilmiştir (Vol.19, 1961 and Vol.25, 1963). Holmes'e göre, "eşdeğer basınç diyagonalinin genişliği uzunluğunun 1/3'ü alınabilir". Sonraki çalışmalar bu tespiti fazla değiştirmemiştir.

Aynı yaklaşım Liauw (1973 and April 1979) tarafından da işlenmiştir. Ayrıntılı teorik ve deneysel sonuçlar, bir katlı dolgulu çerçeveler için ortaya konulmuştur.

Malick (September 1980) ise, sonlu eleman analizleri ile, analitik olarak konuyu incelemiştir. Bu çalışmada, dolgu duvar ve çerçeve arasındaki sürtünmelerin dikkate alınması önerilmektedir.

Kilinger ve Bertero (Report no:UCB/EERC -76/32), dolgu duvarlı çerçevelerin tekrarlı deprem yükleri altında davranışını analitik ve deneysel

olarak incelemişlerdir. Bu çalışmada dolgu duvarlı çerçevelerin dolgu duvarsız çerçevelere nispetle çok daha rijit oldukları tespit edilmiştir. Analitik ve deneysel sonuçların uyduğu ifade edilmektedir.

Rosenblueth (1980), dolgu duvarlı çerçevelerin hesabı için çubuk teorisine dayanan çerçeve modelini tavsiye etmekte; ancak, artan deformasyonlarla duvar ve çerçeve elemanları birbirinden ayrılarak çerçeve davranışının daha karmaşık hale geldiğini belirtmektedir. Doğal periyodun hesabında, duvarların kiriş ve kolondan ayrıldığı durumun dikkate alınmasını tavsiye etmekte; bunun için eşdeğer basınç diyagonalinin uçlarından eğilme mafsallı bağlanmasını ve eşdeğer basınç diyagonal genişliğinin diyagonal boyunun 1/4'ü alınmasını tavsiye etmektedir.

Yılmaz (June 1982), sonlu elemanlar modeli kullanarak dolgu duvarlı çerçevelerin davranışını incelemektedir. Bu çalışmada, parametre olarak, duvar kalınlığı, duvar yüksekliği ve duvar yatay boyunun yüksekliğine oranı alınmıştır.

Gerek Kaplan (Haziran 1983), gerekse Yılmaz (June 1982), konu ile ilgili literatürü tarayarak değerlendirdikleri gibi "basınç diyagonal model"e de katkıda bulunmuşlardır. Kaplan, uygulamadan bir örnek almak suretiyle (Burdur Lisesi) dolgu duvarlarının, elastik davranış içinde kalmak kaydı ile, yapı doğal periyodunun nasıl değiştiğini sayısal olarak ortaya koymaktadır ( Tablo 1. 1 ):

**Tablo 1.1 Burdur Lisesi binası doğal periyotları (Bayülke, 1989)**

Mod	Yalnız çerçeve	Çerçeve + yumuşak dolgu duvar	Çerçeve + rijit dolgu duvar
1	0.86	0.36	0.27
2	0.58	0.18	0.13
3	0.44	0.14	0.11

Buna bağlı olarak gerek deprem kuvveti büyüklükleri önemli ölçüde artacak, gerekse doğal modları değişecek iç kuvvet dağılımları farklılaşacaktır.

Altın, Ersoy ve Tnkut (August 1992), depremlerde hasar görmüş veya görmesi muhtemel çerçevelerin takviyesinden yola çıkarak, dolgu duvarlarının bu bağlamda kullanılmasının sınırlarını teorik ve deneysel çalışmaları ile belirlemeyi amaçlamaktadırlar. şantiyede yapılan dolgu duvarların üst kenarı ile kiriş arasında tam bir bağın oluşturulmasının zor olduğu vurgulandıktan sonra, bu bağın temin edilmesi kaydı ile, betonarme dolguların depreme karşı yapı mukavemetini ve rijitliğini oldukça etkili olarak artırdığının gözlendiğini, kolonların eğilme mukavemetinin artırılmasının dolgulu çerçevenin mukavemetini de artırdığını; çerçeve ile betonarme dolgu bağlanmaz ise, dolgunun etkisiz kaldığını; betonarme dolgulu çerçevelerin kırılma safhasına dek hemen hemen elastik davrandığını; dolgu duvarlarının yapının dinamik özelliklerini çok değiştirdiğini; mesala üç katlı deney çerçevesi için dolgu duvarlı halde birinci doğal periyodun %80 azaldığını tespit ettiklerini belirtmektedirler.

## 2. BÖLÜM

### DOLGU DUVARLARININ FİZİK VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

#### 2.1 GİRİŞ

Dolgu duvarlarının fizik ve mekanik özelliklerinin belirlenmesine dair, ne yazık ki; çok sayıda çalışma bulmak mümkün olmamıştır. Bunda, her ülkede ve hatta her yörede değişik ve yerel esaslı dolgu duvarlarının kullanılmakta olması, şüphesiz etkilidir.

Türkiye'de yaygın olarak kullanılan dolgu duvarlarının mekanik özellikleri üzerine yapılmış en ayrıntılı ve doyurucu çalışma, Yorulmaz ve Atan'ın çalışması olarak görülmektedir (1971).

Önceki paragraflarda da görüldüğü üzere, dolgu duvarlarının malzemesi, geometrisi (boşluklu, boşluksuz oluşu), örgü harcı kalitesi ve derz kalınlıkları vb. hususlar, dolgu duvarının davranışını doğrudan etkilemektedir. Bu bölümde, Türkiye'de kullanılan dolgu duvarı malzemelerinin özellikleri, anılan kaynak esas alınarak, özetlenmeye çalışılmıştır.

#### 2.2 DUVARLARDA KULLANILAN YAPI TAŞLARININ ÖZELLİKLERİ

Dolgu duvarlarının ve kagir inşaatta duvarların yapımında kullanılan ve genellikle yerel malzeme ile üretilen yapay duvar taşları, bu bölümde, "yapı taşı" olarak anılacaktır.

##### 2.2.1 Taşıyıcı Delikli Tuğlalar

Kaynak (Yorulmaz, 1971)'daki numuneler için olmak üzere :

Alındığı yer.....: İstanbul Aslan Tuğla Fabrikası  
Basınç mukavemeti (Türk Tuğla Normu Şartnamesi'ne göre):  $R_t = 2240 \text{ N/cm}^2$   
Küp basınç mukavemeti (10x10x10 cm).....:  $R_{t,k} = 2570 \text{ N/cm}^2$

Prizma basınç mukavemeti (10x10x30 cm).....:  $R_{t,p} = 1550 \text{ N/cm}^2$   
 Eksenel çekme mukavemeti.....:  $T_t = 250 \text{ N/cm}^2$   
 Basınçta kırılma anında maksimum birim kısalma oranı...:  $\epsilon_{t,o} = 5.8 \times 10^{-3}$   
 Elastiklik modülü.....:  $E_{t,i} = 520\,000 \text{ N/cm}^2$

### 2.2.2 Ytong

Prizma basınç mukavemeti.....:  $R_{y,p} = 273 \text{ N/cm}^2$   
 Kırılma anında maksimum birim kısalma.....:  $\epsilon_{y,o} = 2.3 \times 10^{-3}$   
 Elastiklik modülü.....:  $E_{y,i} = 114\,500 \text{ N/cm}^2$

### 2.2.3 Karkas dolgu tuğlası (boşluklu tuğla)

Alındığı yer.....: Topser Tuğla Fab.  
 Basınç mukavemeti (Türk Tuğla Normu Şartnamesi'ne göre):  $R_k = 400 \text{ N/cm}^2$   
 Prizma basınç mukavemeti (10x10x25 cm).....:  $R_{k,p} = 245 \text{ N/cm}^2$   
 Kırılma anında maksimum birim kasalma.....:  $\epsilon_{k,o} = 4.59 \times 10^{-3}$   
 Elastiklik modülü.....:  $E_{k,i} = 109\,340 \text{ N/cm}^2$

## 2.3 HARÇ VE HARÇ MALZEMELERİ

Kaynak (Yorulmaz, 1971)' daki harçlarda DIN 1053'ün esaslarına uyulduğu ifade edilmektedir.

Kullanılan harçlar ve özellikleri :

(a) Çimento-kireç harcı : Çimento/kireç oranı : 1/4

(b) Melez harç : Çimento/kireç hamuru/kum oranı : 1/1.5/8

olarak verilmiştir. Malzemeler ağırlık olarak oranlanmış, daima aynı miktar su kullanılmıştır.

### 2.3.1 Çimento

Yunus portland çimentosu kullanılmıştır. Özellikleri Tablo 2.1'de özetlenmiştir.

**Tablo 2.1 Deneylerde kullanılan çimento özellikleri  
(Yorulmaz,1971)**

Malzeme cinsi	Taşıyıcı delikli tuğla serisi		Ytong serisi		Karkas dolgu tuğla serisi	
Mukavemet deneyi gününde yaşı	7 gün	28 gün	7 gün	28 gün	7 gün	28 gün
Narin çekme mukavemeti (TS24) N/cm <sup>2</sup>	-----	258	230	270	256	315
Narin basınç mukavemeti (TS24) N/cm <sup>2</sup>	-----	3080	3100	3580	2840	3640

### 2.3.2 Kum

İstanbul piyasasından alındığı şekli ile kullanılmıştır. Kumun granülometrisi Tablo 2.2'de verildiği gibidir.

**Tablo 2.2 Kullanılan harç kumunun granülometrisi**

Elek çapları (mm)	0.2	1	3	7
Alta geçen %	13	55	84	100

### 2.3.3 Yapılan Harçların Mekanik Özellikleri

Harç mekanik özelliklerinin tespiti için kullanılan numune boyutları şöyledir

:

- Küp numuneler : 7x7x7 cm
- Ufak silindir numuneler : Ø 5.5x12 cm
- Büyük silindir numuneler : Ø 15x30 cm

28 gün yaşta bulunan mukavemetler Tablo 2.3'de özetlenmiştir.

Tablo 2.3 Kullanılan harçların mekanik özellikleri

FORME YAPI TAŞI CİNSİ	HARÇ CİNSİ	KÜP BASINÇ MUK. $R_{h,k}$ (N/cm <sup>2</sup> )	SİLİNDİR BASINÇ MUKAVEMETİ		EĞİLME ÇEKME MUK. $Sh_e$ (N/cm <sup>2</sup> )	SİLİNDİR YARMA MUKAVEMETİ		DİREKT ÇEKME MUK. $T_h$ (N/cm <sup>2</sup> )
			UFAK $R_{h,s}$ (N/cm <sup>2</sup> )	BÜYÜK $R_{h,b}$ (N/cm <sup>2</sup> )		UFAK $Sh_y$ (N/cm <sup>2</sup> )	BÜYÜK $Sh_y$ (N/cm <sup>2</sup> )	
Taşıyıcı delikli tuğla serisi	Çimento harcı	1770	1455	1497	382	286	-----	248
	Melez harç	470	376	385	116	61	38,2	-----
Ytong serisi	Çimento harcı	1170	1215	1070	256	195	109	240
	Melez harç	371	400	280	96	93	35,4	93
Karkas dolgu tuğla serisi	Çimento harcı	1550	1160	1870	437	228	242	288
	Melez harç	330	268	280	107	37,5	32,5	88,3

Ufak ve büyük numunelere uygulanan aksel basınç mukavemeti deneyleri ile çizilen  $\sigma$ - $\epsilon$  diyagramlarından elde edilen elastiklik modülün ve kırılma birim kısalma oranları Tablo 2.4'de özetlenmiştir.

**Tablo 2.4** Kullanılan harçların şekil değiştirme özellikleri  
(Elastiklik modülü ve kırılma birim kısalması)

FORME YAPI TAŞI CİNSİ	HARÇ CİNSİ	UFAK NUMUNE		BÜYÜK NUMUNE	
		$E_{h,i}$ (N/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon_{h,o}$	$E_{h,i}$ (N/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon_{h,o}$
Taşıyıcı delikli tuğla serisi	Çimento harcı	1.852.350	$2,1 \times 10^{-3}$	2.086.230	$2,7 \times 10^{-3}$
	Melez harç	634.690	$3,13 \times 10^{-3}$	846.260	$5,08 \times 10^{-3}$
Ytong serisi	Çimento harcı	1.391.500	$2,53 \times 10^{-3}$	1.680.900	$1,99 \times 10^{-3}$
	Melez harç	523.600	$2,20 \times 10^{-3}$	1.111.680	$3,14 \times 10^{-3}$
Karkas dolgu tuğla serisi	Çimento harcı	-----	-----	2.358.860	$3,24 \times 10^{-3}$
	Melez harç	-----	-----	784.680	$6,08 \times 10^{-3}$

#### 2.4 DUVAR NUMUNELERİNİN ŞEKİL DEĞİŞTİRME ÖZELLİKLERİ

Sayılan yapı taşları ve harç çeşitleri kullanılarak üretilen duvar numunelerinin denenmesi suretiyle belirlenen şekil değiştirme özellikleri Tablo 2.5'de özetlenmiştir. Şekil değiştirme özelliklerinden :

- Elastiklik modülü değerleri ( $E_{d,i}$ ), deney sonuçlarının imkan verdiği,  $\sigma$ - $\epsilon$  bağıntısı, en küçük kareler metodu kullanılarak;
- Poisson oranları ( $\nu_d$ ), çeşitli yük kademelerinde yatay ve düşey şekil değiştirme oranları okunup oranlanarak ve ortalaması alınarak;
- Kırılma anındaki maksimum birim kısalma oranları ( $\epsilon_{d,o}$ ),  $\sigma$ - $\epsilon$  deney eğrisi üzerinde yapılabilen son şekil değiştirme okumasından itibaren ekstrapolasyon yolu ile hesaplanmışlardır.

**Tablo 2.5 Duvar numunelerinin şekil değiştirme özellikleri  
(Yorulmaz,1971)**

NUMUNE DUVAR CİNSİ	NUMUNE DUVARIN HARÇ CİNSİ	E - MODÜLÜ $E_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	POISSON ORANI $\nu_d$	Maksimum Birim Kısalma Oranı $\epsilon_{d,0}$ (10 <sup>-3</sup> )
Taşıyıcı delikli tuğla serisi	Çimento harcı	6.120,0	0,33	4,0
	Melez harç	885,0	0,18	8,6
Ytong serisi	Çimento harcı	587,6	0,06	7,5
	Melez harç	1.761,2	0,19	1,5
Karkas dolgu tuğla serisi	Çimento harcı	1.898,5	0,21	1,9
	Melez harç	1.138,1	0,23	1,8

### 3. BÖLÜM

#### DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELERİN SONLU ELEMAN ANALİZLERİ

##### 3.1 GİRİŞ

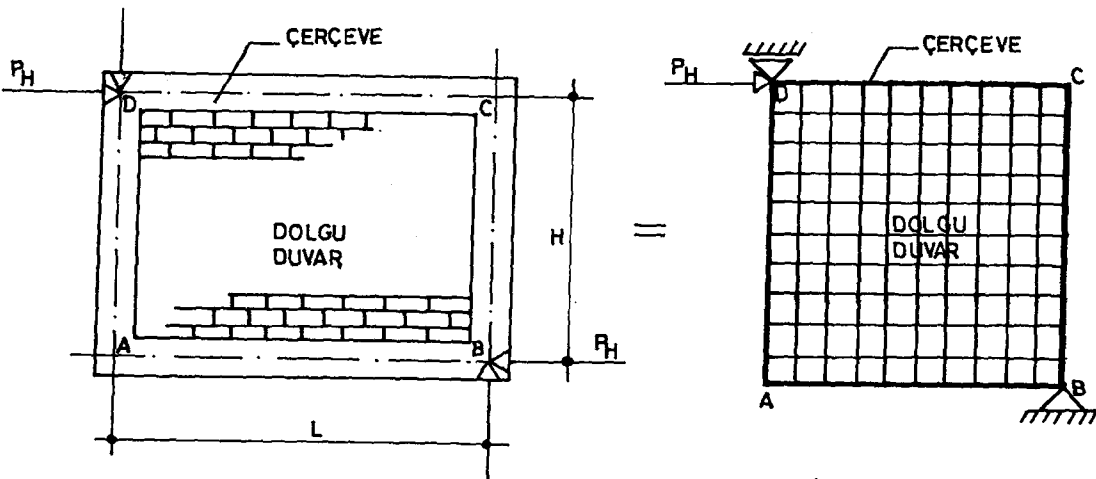
Bu bölümde, dolgu duvarlarının, çerçeve ile kuşatılmış ve kuşatılmamış halleri için bir seri sonlu eleman çözümü yapılmıştır. Dolgu duvarı olarak ikinci bölümde sayılan duvar ve harç tipleri (Tablo 2.5) dikkate alınmıştır. Amaç, Türkiye'de kullanılan bu duvar tiplerine karşı gelen "eşdeğer basınç çubuğu" nun kesitlerinin sayısal hesapla belirlenmeye çalışılmasıdır.

##### 3.2 ÇÖZÜM YÖNTEMİ

Genelde, dört kenarı çerçeve (kolon ve kiriş) ile çevrili bir dolgu duvarı dikkate alınarak sonlu elemanlarla çözümü yapılmıştır (Şekil 3.1). Duvarı çevreleyen çerçevenin yüksekliği  $H$ , plan uzunluğu  $L$ 'dir.

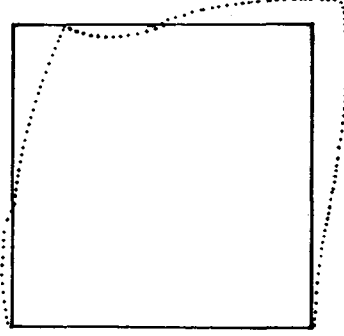
Program olarak SAP90 programı (Wilson, Version 5.10), çerçeve ve levha (frame & shell) sonlu elemanları kullanılmıştır.

Çerçeve ve duvar ayrı ayrı modellendikten sonra, önce, çerçeve ve duvarın sadece B ve D noktaları birbirine



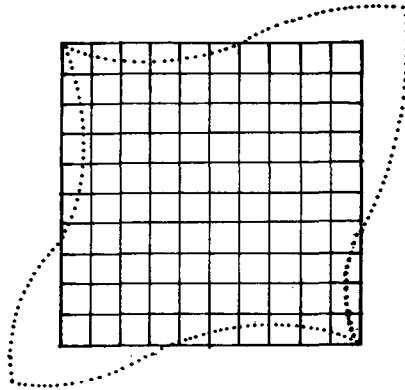
Şekil 3.1 Dolgulu çerçeve ve sonlu eleman modeli

bağlanarak (constraint), çözüm yapıp şekil değiştirmiş durumu çizdirilmiştir (Şekil 3.2). Şekilden de görüldüğü üzere, basınç diyagonali



**Şekil 3.2** Yalnız B ve D noktaları birbirine bağlanmış duvar + çerçeve sisteminin şekil değiştirme durumu

uçlarına yakın bölgelerde çerçeve deforme şekli duvar deforme şeklinin içine girerken, çekme diyagonali uç bölgelerinde çerçeve deforme şekli duvar deforme şeklinden açılmakta, aralanmaktadır. Bunun anlamı, gerçekte, basınç köşelerinde (B ve D) iç içe giren kısımlarda çerçeve ve duvar birbirini itmeye çalışacakken, çekme köşelerinde (A ve C) birbirinden uzaklaşmak eğiliminde olacaklardır. İkinci adım olarak, çerçeve ile duvarın deforme durumda birbirini itme durumunda olan düğümleri birbirine bağlanmıştır (constrained). Bağlanma, yalnız normal gerilme iletme doğrultusunda yapılmış, kayma ve eğilme bağları çözülmüştür. Bu suretle oluşturulan modelin deforme durumu Şekil 3.3'de verilmiştir.



**Şekil 3.3** Birbirini iten düğümleri karşılıklı bağlanmış (constrained) modelin şekil değiştirmiş durumu

Diğer taraftan, söz konusu dolgu çerçevesi gözün, gerçek bir yapıda sürekli bir sistemin bir parçası olabileceği varsayımı ile, hesapta gözönüne alınan çerçeve boyutları, çözümlerde, yarı rijitlikleri ile dikkate alınmıştır.

Yapı analizlerinde farklı malzeme özelliklerinin kullanılması pek yaygın bir uygulama değildir. Bu sebeple, eşdeğer diyagonal çubuğun beton eşdeğeri kesiti hesaplanmıştır. Bunun için, bina türü yapılarda kullanılan beton cinsi (kalitesi) için ortalama bir değer kabul edilmiştir; yapı betonu için kabul edilen ortalama kalite C25 (TS500,1984) ve analizde bulunan elastiklik modülü  $E_c = 30.000 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$  dır.

İkinci bölümde belirlenen duvar cinsleri (Tablo 2.5); 10, 15,18 ve 20 cm'lik duvar kalınlıkları ve H/L'nin 3/3, 3/4, 3/5, 3/6 m/m değerleri için sayısal çözümler üretilmiştir.

Ortalama olarak, 30/50 cm kesitli bir çerçevenin bulunması ve büsbütün bulunmaması durumları gözletilmiştir (iki ekstrem durum).

Elde edilen çözümler Tablo 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 'da verilmiştir. Tablo'da verilen sayılar, kare kesitli eşdeğer basınç diyagonalinin bir kenar uzunluğudur (a, mm). Ayrıca tabloda, duvar malzemesinin aynı özelliklerini içeren, fiktif diyagonal genişliğinin duvar kalınlığına oranı ( $\alpha$ ) ve bir başka değerlendirme ile duvar malzemesinin özelliklerini içeren fiktif diyagonal genişliğinin, diyagonal boyuna oranı ( $\beta$ ) verilmektedir.

Eşdeğer çubuğun duvar malzemesi cinsinden kesiti ise :

- Kalınlığı.....: Duvar kalınlığı (t, cm)
- Fiktif genişliği:  $w = (E_c/E_{d,i}) \times a^2 \times 10^{-2} /t$ , cm (3.1)

olacaktır.

- Fiktif genişliğin duvar kalınlığına oranı :  $\alpha = w/t$  (3.2)

Yine duvar diyagonal boyu cinsinden değeri :

- D = diyagonal boyu =  $(L^2 + H^2)^{1/2}$  (3.3)

olmak üzere

- $\beta = w/D = (E_c/E_{d,i}) \times a^2 \times 1/10000tD$  (3.4)

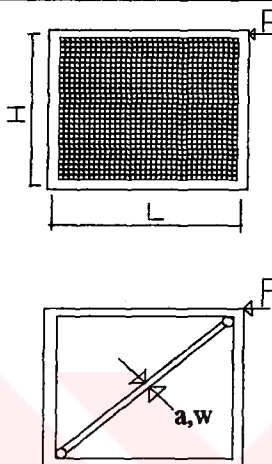
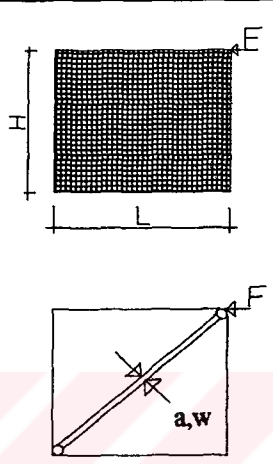
olacaktır.

Formüllerde,  $a$  mm;  $t$  cm;  $H, L$  ve  $D$  m olarak alınacaktır.



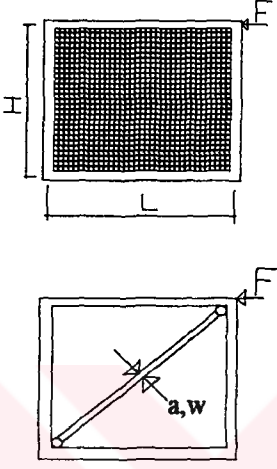
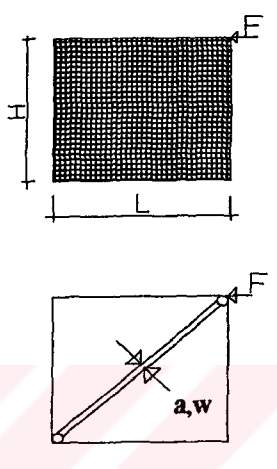
TABLO 3.1.Eşdeğer basınç diyagonal kesiti (MHTDT)

(Beton eşdeğeri-kalınlık eşdeğeri-diyagonal boyu eşdeğeri)

MELEZ HARÇLI TAŞIYICI DELİKLİ TUĞLA DUVAR MODELİ								
Ec = Betonarme malzemesi elastisite modülü = 30.000 N/mm <sup>2</sup>								
Ed,i = Duvar malzemesi elastisite modülü = 885 N/mm <sup>2</sup>								
İncelenen durum	 <p><math>\alpha = w/t \quad \beta = w/D</math></p> <p>Çerçeve katkısının dikkate alınması hali</p>				 <p><math>\alpha = w/t \quad \beta = w/D</math></p> <p>Çerçeve katkısının ihmal edilmesi hali</p>			
	H/L (m/m)	Duvar Kalınlığı t (cm)	Beton eşdeğeri kare çubuğun boyutu a (mm)	Duvar malzemesi Kalınlık eşdeğeri $\alpha$	Diyagonal boyu eşdeğeri $\beta$	Duvar Kalınlığı t (cm)	Beton eşdeğeri kare çubuğun boyutu a (mm)	Duvar malzemesi Kalınlık eşdeğeri $\alpha$
(3/3)	10	58,3	11,5	0,27	10	41,8	5,9	0,14
	15	71,5	7,7	0,27	15	52,3	4,1	0,15
	18	77,1	6,2	0,26	18	55,2	3,2	0,14
	20	81,2	5,6	0,26	20	58,5	2,9	0,14
(3/4)	10	61,0	12,6	0,25	10	43,7	6,5	0,13
	15	74,5	8,4	0,25	15	53,8	4,4	0,13
	18	80,6	6,8	0,24	18	58,7	3,6	0,13
	20	84,8	6,1	0,24	20	62,5	3,3	0,13
(3/5)	10	61,5	12,8	0,22	10	44,9	6,8	0,12
	15	74,5	8,4	0,22	15	54,8	4,5	0,12
	18	81,2	6,9	0,21	18	60,0	3,8	0,12
	20	86,1	6,3	0,22	20	63,0	3,4	0,12
(3/6)	10	61,6	12,9	0,19	10	45,4	7,0	0,10
	15	75,0	8,5	0,19	15	55,6	4,7	0,10
	18	81,8	7,0	0,19	18	61,0	3,9	0,10
	20	86,3	6,3	0,19	20	64,2	3,5	0,10

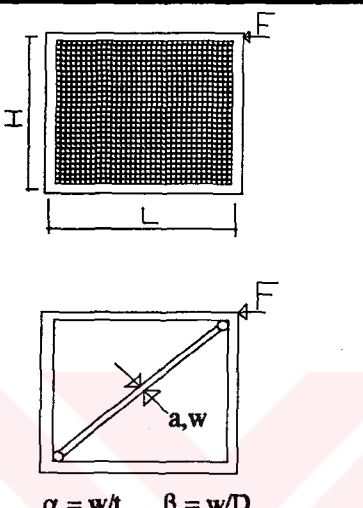
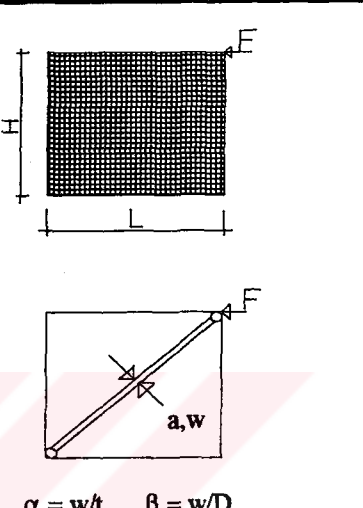
TABLO 3.2.Eşdeğer basınç diyagonalı kesiti (ÇHTDT)

(Beton eşdeğeri-kalınlık eşdeğeri-diyagonal boyu eşdeğeri)

ÇİMENTO HARÇLI TAŞIYICI DELİKLİ TUĞLA DUVAR MODELİ								
Ec = Betonarme malzemesi elastisite modülü = 30.000 N/mm <sup>2</sup>								
Ed,i = Duvar malzemesi elastisite modülü = 6.120 N/mm <sup>2</sup>								
İncelenen durum	 <p><math>\alpha = w/t \quad \beta = w/D</math></p> <p>Çerçeve katkısının dikkate alınması hali</p>				 <p><math>\alpha = w/t \quad \beta = w/D</math></p> <p>Çerçeve katkısının ihmal edilmesi hali</p>			
	H/L (m/m)	Duvar Kalınlığı t (cm)	Beton eşdeğeri kare çubuğun boyutu a (mm)	Duvar malzemesi Kalınlık eşdeğeri $\alpha$	Diyagonal boyu eşdeğeri $\beta$	Duvar Kalınlığı t (cm)	Beton eşdeğeri kare çubuğun boyutu a (mm)	Duvar malzemesi Kalınlık eşdeğeri $\alpha$
(3/3)	10	147,0	10,6	0,25	10	110,0	5,9	0,14
	15	176,0	6,7	0,24	15	135,0	4,0	0,14
	18	192,0	5,6	0,24	18	149,0	3,4	0,14
	20	200,0	4,9	0,23	20	157,0	3,0	0,14
(3/4)	10	154,0	11,6	0,23	10	116,0	6,6	0,13
	15	183,0	7,3	0,22	15	142,0	4,4	0,13
	18	198,5	6,0	0,21	18	155,0	3,6	0,13
	20	208,5	5,3	0,21	20	164,0	3,3	0,13
(3/5)	10	155,0	11,8	0,20	10	119,0	6,9	0,12
	15	187,0	7,6	0,20	15	145,0	4,6	0,12
	18	202,0	6,2	0,19	18	157,5	3,8	0,12
	20	212,0	5,5	0,19	20	168,0	3,5	0,12
(3/6)	10	155,0	11,8	0,18	10	120,0	7,1	0,11
	15	187,5	7,7	0,17	15	146,0	4,6	0,10
	18	204,5	6,3	0,17	18	163,0	4,0	0,11
	20	213,5	5,6	0,17	20	171,5	3,6	0,11

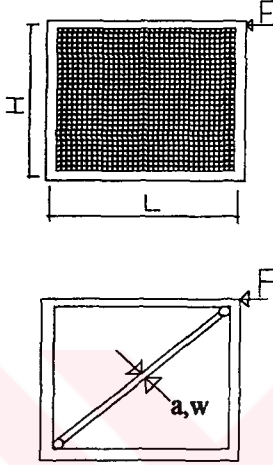
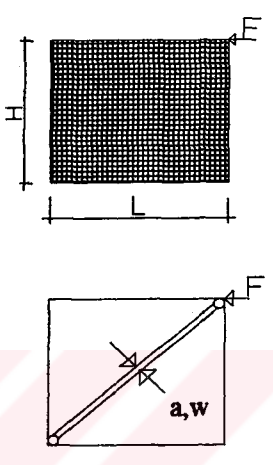
TABLO 3.3.Eşdeğer basınç diyagonal kesiti (MHYD)

(Beton eşdeğeri-kalınlık eşdeğeri-diyagonal boyu eşdeğeri)

MELEZ HARÇLI YTONG DUVAR MODELİ								
Ec = Betonarme malzemesi elastisite modülü = 30.000 N/mm <sup>2</sup>								
Ed,i = Duvar malzemesi elastisite modülü = 1.761,2 N/mm <sup>2</sup>								
İncelenen durum	 <p><math>\alpha = w/t \quad \beta = w/D</math> Çerçeve katkısının dikkate alınması hali</p>				 <p><math>\alpha = w/t \quad \beta = w/D</math> Çerçeve katkısının ihmal edilmesi hali</p>			
	H/L	Duvar Kalınlığı	Beton eşdeğeri kare çubuğun boyutu	Duvar malzemeli Kalınlık eşdeğeri	Diyagonal boyu eşdeğeri	Duvar Kalınlığı	Beton eşdeğeri kare çubuğun boyutu	Duvar malzemeli Kalınlık eşdeğeri
(m/m)	t (cm)	a (mm)	$\alpha$	$\beta$	t (cm)	a (mm)	$\alpha$	$\beta$
(3/3)	10	81,0	11,2	0,26	10	59,5	6,0	0,14
	15	98,0	7,3	0,26	15	72,5	4,0	0,14
	18	107,5	6,1	0,26	18	79,0	3,3	0,14
	20	114,0	5,5	0,26	20	84,0	3,0	0,14
(3/4)	10	85,0	12,3	0,25	10	63,0	6,8	0,14
	15	102,0	7,9	0,24	15	76,5	4,4	0,13
	18	111,5	6,5	0,24	18	83,5	3,7	0,13
	20	116,0	5,7	0,23	20	88,0	3,3	0,13
(3/5)	10	85,0	12,3	0,21	10	64,0	7,0	0,12
	15	103,0	8,0	0,21	15	78,0	4,6	0,12
	18	113,0	6,7	0,21	18	86,0	3,9	0,12
	20	119,0	6,0	0,21	20	90,0	3,4	0,12
(3/6)	10	86,0	12,6	0,19	10	65,0	7,2	0,11
	15	103,0	8,0	0,18	15	79,5	4,8	0,11
	18	116,0	7,1	0,19	18	87,5	4,0	0,11
	20	119,0	6,0	0,18	20	91,5	3,6	0,11

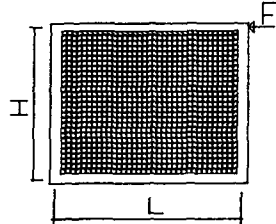
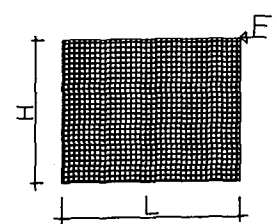
TABLO 3.4.Eşdeğer basınç diyagonal kesiti (ÇHYD)

(Beton eşdeğeri-kalınlık eşdeğeri-diyagonal boyu eşdeğeri)

ÇİMENTO HARÇLI YTONG DUVAR MODELİ								
Ec = Betonarme malzemesi elastisite modülü = 30.000 N/mm <sup>2</sup>								
Ed,i = Duvar malzemesi elastisite modülü = 587,6 N/mm <sup>2</sup>								
İncelenen durum	 <p><math>\alpha = w/t \quad \beta = w/D</math></p> <p>Çerçeve katkısının dikkate alınması hali</p>				 <p><math>\alpha = w/t \quad \beta = w/D</math></p> <p>Çerçeve katkısının ihmal edilmesi hali</p>			
	H/L (m/m)	Duvar Kalınlığı t (cm)	Beton eşdeğeri kare çubuğun boyutu a (mm)	Duvar malzemeli Kalınlık eşdeğeri $\alpha$	Diyagonal boyu eşdeğeri $\beta$	Duvar Kalınlığı t (cm)	Beton eşdeğeri kare çubuğun boyutu a (mm)	Duvar malzemeli Kalınlık eşdeğeri $\alpha$
(3/3)	10	48,0	11,8	0,28	10	34,0	5,9	0,14
	15	57,0	7,4	0,26	15	42,0	4,0	0,14
	18	63,5	6,4	0,27	18	45,5	3,3	0,14
	20	66,0	5,6	0,26	20	48,0	2,9	0,14
(3/4)	10	49,0	12,3	0,25	10	36,5	6,8	0,14
	15	59,5	8,0	0,24	15	44,0	4,4	0,13
	18	65,5	6,8	0,24	18	47,5	3,6	0,13
	20	68,3	6,0	0,24	20	49,5	3,1	0,13
(3/5)	10	50,0	12,8	0,22	10	37,0	7,0	0,12
	15	60,0	8,2	0,21	15	45,2	4,6	0,12
	18	66,0	6,9	0,21	18	49,5	3,9	0,12
	20	69,0	6,1	0,21	20	52,5	3,5	0,12
(3/6)	10	50,5	13,0	0,19	10	37,8	7,3	0,11
	15	60,5	8,3	0,19	15	46,0	4,8	0,11
	18	66,5	7,0	0,19	18	50,0	3,9	0,11
	20	69,5	6,2	0,18	20	53,0	3,6	0,11

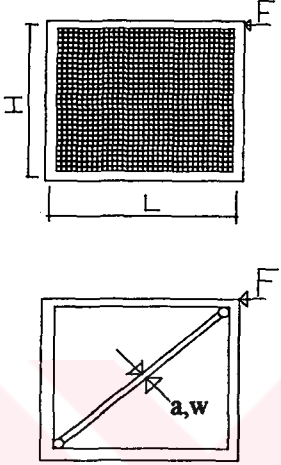
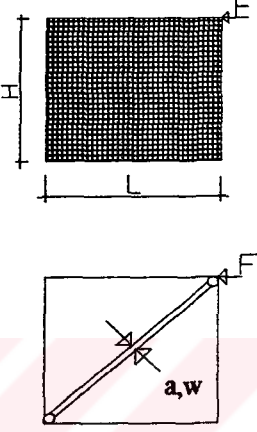
TABLO 3.5. Eşdeğer basınç diyagonal kesiti (MHKDT)

(Beton eşdeğeri-kalınlık eşdeğeri-diyagonal boyu eşdeğeri)

MELEZ HARÇLI KARKAS DOLGU TUĞLASI DUVAR MODELİ								
Ec = Betonarme malzemesi elastisite modülü = 30.000 N/mm <sup>2</sup>								
Ed,i = Duvar malzemesi elastisite modülü = 1.138,1 N/mm <sup>2</sup>								
İncelenen durum	 $\alpha = w/t \quad \beta = w/D$ Çerçeve katkısının dikkate alınması hali				 $\alpha = w/t \quad \beta = w/D$ Çerçeve katkısının ihmal edilmesi hali			
	H/L (m/m)	Duvar Kalınlığı t (cm)	Beton eşdeğeri kare çubuğun boyutu a (mm)	Duvar malzemeli Kalınlık eşdeğeri $\alpha$	Diyagonal boyu eşdeğeri $\beta$	Duvar Kalınlığı t (cm)	Beton eşdeğeri kare çubuğun boyutu a (mm)	Duvar malzemeli Kalınlık eşdeğeri $\alpha$
(3/3)	10	65,0	11,1	0,26	10	47,5	5,9	0,14
	15	80,0	7,5	0,27	15	58,2	4,0	0,14
	18	89,0	6,4	0,27	18	64,0	3,3	0,14
	20	92,0	5,6	0,26	20	66,5	2,9	0,14
(3/4)	10	69,5	12,7	0,25	10	51,0	6,9	0,14
	15	82,5	8,0	0,24	15	62,0	4,5	0,14
	18	92,0	6,9	0,25	18	67,3	3,7	0,13
	20	96,0	6,1	0,24	20	70,5	3,3	0,13
(3/5)	10	70,0	12,9	0,22	10	51,5	7,0	0,12
	15	85,0	8,5	0,22	15	62,5	4,6	0,12
	18	92,0	6,9	0,21	18	69,0	3,9	0,12
	20	97,5	6,3	0,21	20	72,0	3,4	0,12
(3/6)	10	70,0	12,9	0,19	10	51,7	7,0	0,11
	15	85,0	8,5	0,19	15	64,0	4,8	0,11
	18	92,5	7,0	0,19	18	70,0	4,0	0,11
	20	99,0	6,5	0,19	20	73,5	3,6	0,11

TABLO 3.6.Eşdeğer basınç diyagonal kesiti (ÇHKDT)

(Beton eşdeğeri-kalınlık eşdeğeri-diyagonal boyu eşdeğeri)

ÇİMENTO HARÇLI KARKAS DOLGU TUĞLASI DUVAR MODELİ								
Ec = Betonarme malzemesi elastisite modülü = 30.000 N/mm <sup>2</sup>								
Ed,i = Duvar malzemesi elastisite modülü = 1.898,5 N/mm <sup>2</sup>								
İncelenen durum	 <p><math>\alpha = w/t \quad \beta = w/D</math></p> <p>Çerçeve katkısının dikkate alınması hali</p>				 <p><math>\alpha = w/t \quad \beta = w/D</math></p> <p>Çerçeve katkısının ihmal edilmesi hali</p>			
	H/L (m/m)	Duvar Kalınlığı t (cm)	Beton eşdeğeri kare çubuğun boyutu a (mm)	Duvar malzemeli Kalınlık eşdeğeri $\alpha$	Diyagonal boyu eşdeğeri $\beta$	Duvar Kalınlığı t (cm)	Beton eşdeğeri kare çubuğun boyutu a (mm)	Duvar malzemeli Kalınlık eşdeğeri $\alpha$
(3/3)	10	87,8	12,2	0,29	10	61,0	5,9	0,14
	15	98,8	6,9	0,24	15	75,0	4,0	0,14
	18	110,0	5,9	0,25	18	82,2	3,3	0,14
	20	117,0	5,4	0,25	20	87,0	3,0	0,14
(3/4)	10	89,5	12,7	0,25	10	64,5	6,6	0,13
	15	107,0	8,0	0,24	15	79,2	4,4	0,13
	18	118,0	6,8	0,24	18	87,0	3,7	0,13
	20	121,5	5,8	0,23	20	91,5	3,3	0,13
(3/5)	10	88,5	12,4	0,21	10	66,2	6,9	0,12
	15	107,0	8,0	0,21	15	81,2	4,6	0,12
	18	117,0	6,7	0,21	18	89,0	3,9	0,12
	20	125,5	6,2	0,21	20	93,0	3,4	0,12
(3/6)	10	89,0	12,5	0,19	10	66,8	7,1	0,11
	15	107,5	8,1	0,18	15	82,5	4,8	0,11
	18	118,0	6,8	0,18	18	89,8	3,9	0,11
	20	125,5	6,2	0,19	20	95,3	3,6	0,11

## 4.BÖLÜM

### SONUÇLAR VE İRDELENMESİ

#### 4.1 Sonuçların Değerlendirilmesi

Üçüncü bölümde verilen değerlendirme tablolarında,  $w$  üniform kesitli eşdeğer basınç diyagonalinin genişliğini,  $t$  söz konusu dolgu duvarının kalınlığını,  $D$  dolgu duvarının diyagonal boyunu gösterir.  $a$ , çerçeve malzemesi cinsinden eşdeğer kare kesitli diyagonalin kesit boyutudur. Tablolarda,  $w$  değeri;

$$w = \alpha \cdot t \quad w = \beta \cdot D \quad (\text{bakınız, formül; (3.2), (3.4)})$$

şeklinde hesaplanabilir. Sayılan litarüterdeki yaklaşım da buna paraleldir.

$\alpha$  ve  $\beta$  değerleri, dolgu duvarı malzemesine (örgü ve harç malzemesine), duvarın çerçevesiz ve çerçevesiz oluşuna (bir başka deyimle duvarı çevreleyen kiriş ve kolonların rijitliğine), duvarın plan boyutlarına bağlı boyutsuz parametrelerdir.

Çerçevenin ihmal edilip edilmemesine göre;

-Melez harçlı taşıyıcı delikli tuğla duvar halinde;

$$\alpha = 5,6 \sim 12,9 \text{ ve } \alpha = 2,9 \sim 7,0; \beta = 0,19 \sim 0,27 \text{ ve } \beta = 0,10 \sim 0,15;$$

-Çimento harçlı taşıyıcı delikli tuğla duvar halinde;

$$\alpha = 4,9 \sim 11,8 \text{ ve } \alpha = 3,0 \sim 7,1; \beta = 0,17 \sim 0,25 \text{ ve } \beta = 0,10 \sim 0,14;$$

-Melez harçlı ytong duvar halinde;

$$\alpha = 5,5 \sim 12,6 \text{ ve } \alpha = 3,0 \sim 7,2; \beta = 0,18 \sim 0,26 \text{ ve } \beta = 0,11 \sim 0,14;$$

-Çimento harçlı ytong duvar halinde;

$$\alpha = 5,6 \sim 13,0 \text{ ve } \alpha = 2,9 \sim 7,3; \beta = 0,18 \sim 0,28 \text{ ve } \beta = 0,11 \sim 0,14;$$

-Melez harçlı karkas dolgu tuğlası ile yapılan duvar halinde;

$$\alpha = 5,6 \sim 12,9 \text{ ve } \alpha = 2,9 \sim 7,0; \beta = 0,19 \sim 0,27 \text{ ve } \beta = 0,11 \sim 0,14;$$

-Çimeto harçlı karkas dolgu tuğlası ile yapılan duvar halinde;

$$\alpha = 5,4 \sim 12,7 \text{ ve } \alpha = 3,0 \sim 7,1; \beta = 0,18 \sim 0,29 \text{ ve } \beta = 0,11 \sim 0,14$$

arasında değişmektedir.

Görüldüğü üzere, eşdeğer basınç diyagonalini etkin genişliğinin hesabında, diyagonal boyunu çarpan alan yaklaşım formüllerinin daha güvenilir olacağı açıktır. Hemen bütün duvar hallerini kapsamak üzere;

-Çerçevesiz duvar modelinde;

$$w=0,125D \quad (4.1)$$

-Uygulamada karşılaşılabilecek ortalama boyutta bir çerçeve ile çevrili duvar halinde;

$$w=0,223D \quad (4.2)$$

alınması yeterli olacaktır.

Literatürde verilen değerler, çerçeve ve duvarın rijitlik oranlarına bağlı olarak bu çalışmada bulunan ve yukarıda verilen ortalama değerlerle uyum halindedir(bakınız, 1.BÖLÜM).

#### 4.2 Pratik İçin Öneriler

Dolgu duvarlarının çerçevelerin davranışını büyük ölçüde değiştirdiği açık olduğuna göre; duvarların rijitlik ve mukavemet katkısını ihmal eden yaklaşımlar ile yapılacak bina hesaplarının güvenilirliği en azından tartışmalıdır.

Duvar katkısının ihmali yapı emniyeti lehine sonuç vermesi halinde problem, mühendislik açısından çözülmüş gözükme de, emniyet açısından rahatsız edici olmayabilir. Nevarki; dolgu duvarları binanın dinamik özelliklerini değiştirerek tahmin edilenden çok daha büyük atalet kuvvetleri çekerek, ayrıca yapının davranışını çok daha karmaşık hale getirerek, belki de bazı yapı elemanlarının daha güvensiz boyutlandırılmış olması sonucunu doğurabilir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara dayanarak; dolgulu çerçeveli yapıların tasarımı için ortaya güvenilir bir standart konuluncaya kadar, yapıların en azından, birkez duvarlarının katkısı ihmal edilerek, birkez de duvarların katkısı gözetilerek hesap yapıp her iki hesabın belirlediği en elverişsiz kesit tesirleri altında elemanların boyutlandırılması yerinde bir yaklaşım olur.

Dolgu duvarları, literatürde ve bu çalışmada olduğu gibi, eşdeğer basınç diyagonelleri olarak yapısal sistem modellerine konulmak suretiyle hesapta

dikkate alınabilir. Duvar malzemesine de bağı olarak eşdeğer basınç diyagonalinin kesitleri Tablo 3.1,3.2,3.3,3.4,3.5,3.6 'dan alınabilir.



**KAYNAKLAR :**

- [1] ACI, 442 Numaralı Komite Raporu, Journal of the American Concrete Institute-Şubat 1971(Binaların Yatay Kuvvetler Karşısında Davranışı)
- [2] Altın, S., Ersoy, U., Tankut, T., "Hysteretic Response of Reinforced Concrete Infilled Frames", ASCE, Journal of Structural Engineering, Vol. 118, No.8, August 1992, PP 2133 - 2150.
- [3] Bayülke, N., "Depremler ve Depreme Dayanıklı Betonarme Yapılar", 1989
- [4] Dowrick, D.J., "Earthquake Resistant Design: A Manual for Engineers & Architects", J. Wiley and Sons, London, 1987.
- [5] Holmes, M., "Steel Frames With Brickwork and Concrete Infilling", Institution of Civil Engineers (ICE), Vol. 19, 1961.
- [6] Holmes, M., "Combined Loading on Infilled Frames", ICE, Vol.25, 1963.
- [7] Kaplan, N., "A Finite Element Study of Frames With Partial Infill Walls", L.Ü. tezi, ODTÜ,Haziran 1983, Ankara.
- [8] Klinger, R.E., Bertero, V.V., "Earthquake Resistance of Infilled Frames", EERC, Report No.: UCB/EERC-76/32.
- [9] Liauw, T.C., "The Composite Characteristics of Infilled Frames", International Journal Mech. Science., 1973, Vol.15, Sahife 517-533.
- [10] Liauw, T.C., "Tests on Multistory Infilled Frames Subjected to Dynamic Lateral Loading", ACI Journal, April 1979, Sahife 551-563.
- [11] Mallick, D.V., "Infilled Construction in Seismic Region", Proceeding of 7 th World Conference on Earthquake Engineering, September 1980, İstanbul, Vol.4, Sahife 486-492.
- [12] Montegue, P., Taylor, R., "Structural Engineering", For First Year Students, London, 1989.
- [13] Rosenblueth, E., "Design of Earthquake Resistant Structures", John Wiley and Sons, 1980.
- [14] Wasti; S.T., Gülkan, P., "The Stiffness of on Infilled Portal Frame under Horizontal Load", Cento Scientific Programme Symposium on Earthquake Engineering, November 1974, Ankara.
- [15] Wilson, E., Habibullah, E., "SAP90, A Series of Computer Programs for the Finite Element Analysis of Structures", Verison 5.10.

- [16] Yılmaz, R., "Finite Element Analysis of Infilled Frames", Master Thesis, Middle East Technical University, June 1982, Ankara.
- [17] Yorulmaz, M., Atan, Y.T., "Çeşitli Forme Yapı Taşlarıyla Yapılmış Duvar Numunelerinin İki İstikametli Yükleme Altında Davranışları", İ.T.Ü., Gümüşsuyu, 1971.



## **ÖZGEÇMİŞ:**

**Doğum yeri** : İstanbul  
**Doğum tarihi** : 05/05/1969  
**Öğretim hayatı** : 1977 yılında İstanbul'da Fındıkzade İlkokulu'nda öğretim hayatıma başladım. 1982 yılında ortaokulu İstanbul Fındıkzade Ortaokulu'nda okuduktan sonra (mezuniyet 1985), lise bilgimi İstanbul Şehremini Lisesi'nde aldım (mezuniyet 1988). 1989 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Dalı'nda yüksek okul hayatıma başladım. 1993 yılı Temmuz ayında mezun olup ve aynı yılın Ağustos ayında, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bilim Dalı Yapı Programı'nı kazandım.

Bugün ise, yüksek lisans eğitimimi yapıyor ve özel bir şirkette kesin hesap şefi olarak çalışıyorum.