

ÇERÇEVELERDE DOLGU DUVAR MODELLERİNİN İNCELENMESİ

Caner BEKLEN ve İsmail H. ÇAĞATAY
Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada, farklı yükseklik ve açıklıktaki düzlem çerçevelerin yatay yük etkisi altında duvarlı ve duvarsız modelleri incelenmiştir. Dolgu duvar modellenirken eşdeğer basınç çubuğu ve sonlu elemanlar modeli kullanılmıştır. Analiz SAP2000 programı ile yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda dolgu duvarlı çerçevenin boş çerçeveye göre yatay deplasmanlarının önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir.*
Anahtar Kelimeler: *Dolgu duvar, düzlem çerçeve, eşdeğer basınç çubuğu*

INVESTIGATION OF INFILL WALLS MODELS IN FRAMES

ABSTRACT : *In this study, the planar frames which are different height and span were investigated as with and without infill walls under lateral load. Equivalent diagonal compression strut model and finite element model for infill walls were used. The computer programme called SAP2000 was used in analysis. In the results of analysis, it was found that the lateral displacement of infill walls frames were significantly lower than lateral displacement of the frames without infill walls.*
Keywords: *Infill wall, planar frames, equivalent diagonal compression strut model*

*Bu çalışma Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir. Proje No: MMF2008-YL3

1. GİRİŞ

Betonarme çerçeve sistemlerinde kiriş ve kolonlardan oluşan çerçevelerin iç kısımları genellikle tuğla olmak üzere çeşitli yapı malzemeleri ile doldurulmaktadır. Genellikle bu tür çerçevelerde dolgu duvarlar taşıyıcı olarak düşünülmemekte ve yapılan analizlerde kiriş ve kolonlardan oluşan çerçeve kısmı taşıyıcı olarak tasarlanarak çözüm yapılmaktadır. Dolgu duvar üzerine yapılan teorik ve deneysel çalışmalar sonucunda duvarların yatay kuvvetler altında çerçevenin taşıma gücünü ve rijitliğini artırdıkları belirlenmiştir (1-4).

2. DOLGU DUVAR MALZEMELERİNİN ELASTİSİTE MODÜLÜ

Dolgu duvar davranışının çerçeve sistemlere etkisinde, duvarın rijitliğini etkileyen dolgu duvar elastisite modülünün önemi büyüktür. Dolgu duvar homojen bir eleman olmadığı için çeşitli (yatay, düşey, çapraz) yönlerdeki elastisite modülü birbirinden farklıdır. Dolgu duvar elastisite modülü, malzemenin basınç dayanımına, yüksekliğine, harç tabakası basınç dayanımına ve harç tabakası yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca dolgu duvar elastisite modülü sıvalı ve sıvasız duvarlar için farklı değerler almaktadır. Sıva kalınlığı da dolgu duvar elastisite modülünü değiştirmektedir.

Çizelge 1. Tuğla duvar elastisite modülleri

E_d (MPa)	E_c (MPa)	Çalışmayı Yapan, Yıl	Üniversite	E_d / E_c
1240	30000	Yalçın (5)	İTÜ	1/24
5000	28500	Tüzün (6)	DEÜ	1/6
2850	28500	Çağatay (7)	ÇÜ	1/10
17000	28500	Budak (8)	YTU	1/2
714	29500	Çağlayan (9)	CEÜ	1/40
1000	-	TDY 2007 (10)	-	-

Yücesan, yaptığı çalışmada nominal boyutları 215 x 105 x 65 mm olan, üzerinde 2.5 cm çaplı 5 x 2 düzeninde 10 adet delik bulunan pres tuğla kullanmıştır. Duvar elemanının elastisite modülünü belirleyebilmek için 3 ve 4 sıralı pres tuğladan oluşan 5'er numuneyi basınç kuvvetlerine maruz bırakmıştır. Deneyler sırasında numunedeki boy değişimini kaydetmiş ve bu verilerden gerilme-şekil değiştirme grafiklerini elde edilmiştir. Bu grafikleri kullanarak duvar elemanının y yönündeki elastisite modülünü 10 adet elastisite modülü değerinin ortalamaları ve standart sapma değerlerinden yola çıkarak %90 güvenlikte kullanılacak değer olarak 6781 MPa olarak belirlemiş ve x yönü için 4272 MPa olarak hesaplamıştır (11).

Bu çalışmada tuğla duvar için elastisite modülü Deprem Yönetmeliği (TDY 2007)'de belirtildiği üzere 1000 MPa olarak seçilmiştir.

2.2. Dolgu Duvar Analiz Yaklaşımları

Dolgu duvarların yatay yükler altındaki davranışı ve çerçeve sistemlere etkileri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Araştırmalar sonucunda çeşitli modelleme

türleri ve formüller sunulmuştur. İncelenen bazı çalışmalar sonucu, dolgulu çerçeve sistemin analizi için geliştirilen yaklaşımlar, iki ana başlık altında toplanmıştır.

2.2.1. Eşdeğer Basınç Çubuğu Yaklaşımı

Eşdeğer diyagonal basınç çubuğu yaklaşımı, dolgulu çerçeveler için çok basit bir hesap tarzı getirmektedir. Bu yaklaşımda, kat hizalarına tesir eden yatay kuvvetler altındaki dolgunun, kuvvetin tesir ettiği bu düğüm noktası ile diyagonaldeki düğüm noktası arasında bir basınç çubuğu gibi davrandığı varsayılmaktadır (12).

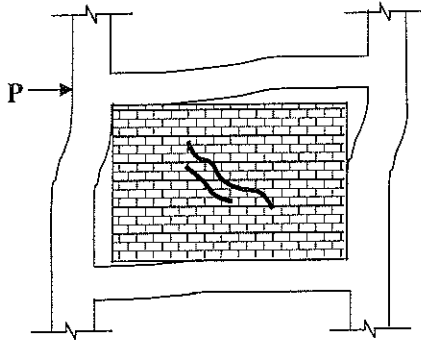
2.2.2. Sonlu Elemanlar Yaklaşımı

Bu yaklaşımda sürekli bir ortam kabul edilen düzlem dolgu sistem, iki boyutlu üçgen veya dikdörtgenlerden oluşan elemanlar ile modellenir. Bu modelleme ile sistem, sadece düğüm noktalarında denge ve süreklilik şartlarını sağlayan sonlu sayıda (bir veya birden fazla) elemanlardan oluşmuş çok yüksek dereceden hiperstatik bir düzlem gerilme problemi olarak ortaya çıkmaktadır. Bilgisayar kullanımı ile çözümü mümkün olan bu yaklaşımda dolgu ile çerçeve arasındaki uygunluk tam olarak sağlanabilmektedir (4).

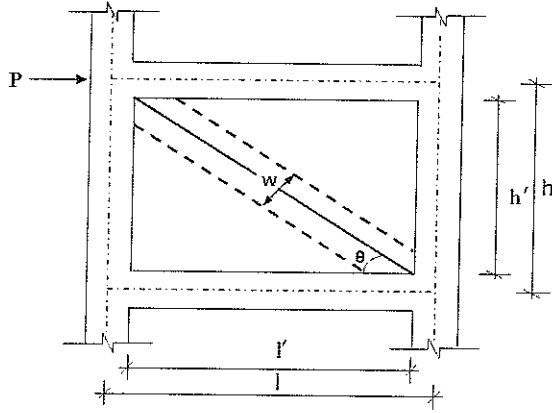
2.3. Dolgu Duvar Modelleri

2.3.1. Eşdeğer Sanal Çubuk Modeli

Stafford-Smith ve Mainstone dolgu duvarların doğrusal davranışlarını anlamak ve belirlemek üzere çalışmalar yapmışlardır. Yapılan çalışmalarda dolgu duvarlı çerçeve modellerinin yatay yükler altındaki deneysel testleri gösterilmiştir (Şekil 1). Modellerin test edilmesi sırasında, panelin merkezinde diyagonal çatlaklar gözlenmiş ve modelin karşılıklı çapraz yüklenmemiş köşelerinde çerçeveyle dolgu arasında boşluklar oluşmuş, bu sırada yüklenmiş iki çapraz köşede de tam bir temas gözlenmiştir. Şekil 2'de görüldüğü üzere dolgu duvarlı çerçevelerin analizini kolaylaştırmak için dolgu duvarlar eşdeğer basınç çubukları olarak yerleştirilmiştir (13-14).

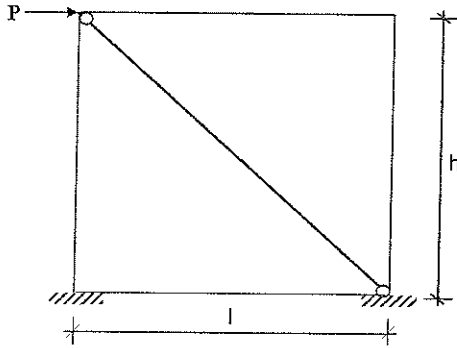


Şekil 1. Dolgu duvar örnek hasar şekli



Şekil 2. Dolgu duvarın çözümleme modelinde temsil edilmesi

Basınç yükü taşıyan bölge dış yükler etkisindeki çerçeve sistemlerin statik çözümlemesinde bir eşdeğer sanal çubuk ile temsil edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Dolgu duvarlı çerçevenin iki ucu mafsallı çapraz eşdeğer sanal çubukla temsil edilmesi

Eşdeğer çubuk kalınlığının belirlenmesi araştırmacıların yaptıkları kabuller doğrultusunda değişim göstermektedir. Paulay ve Priestley yaptıkları çalışmada çubuk kalınlığını dolgunun ya da çerçevenin özelliklerini dikkate almaksızın sabit bir değer olarak dolgunun diyagonal boyutlarının %12.5 - %25'i arasında kabul etmişlerdir (16). Smith ve Carter yaptıkları çalışmalarında ve Mainstone yaptığı çalışmada dolgu duvarı temsil eden eşdeğer sanal çubuk kalınlığı hesabı için denklem (1) ve denklem (2)'yi elde etmişlerdir (13-14).

$$w = 0.175 (\lambda \cdot h)^{-0.4} \sqrt{h' + l'} \quad (1)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{E_m t \sin 2\theta}{4 E_c I_c h'}} \quad (2)$$

Denklem (2)'de kullanılan θ ifadesi denklem (3)'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\theta = \tan^{-1}(h' / l') \quad (3)$$

Yukarıdaki denklemlerde kullanılan ifadeler aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

w: Eşdeğer sanal basınç çubuğu genişliği

λ : Dolgu ile çerçevenin rijitlik parametresi

h: Kat yüksekliği

l: Çerçeve açıklığı

h' : Dolgu duvar yüksekliği

l' : Dolgu duvar genişliği

E_m : Eşdeğer sanal basınç çubuğu elastisite modülü

t: Dolgu duvar kalınlığı

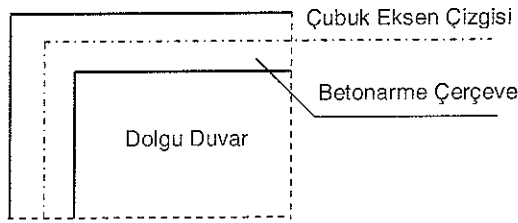
θ : Eşdeğer sanal basınç çubuğun yatayla yaptığı açı

E_c : Çerçevenin elastisite modülü

I_c : Kolonun atalet momenti

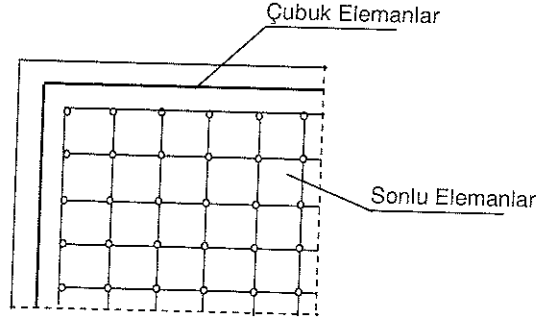
2.3.2. Sonlu Eleman Ağ Modelleri

Budak, yaptığı araştırmalar sonucunda düzlemsel dolgu duvarlı çerçevelerin sonlu eleman yöntemi ile analizinde araştırmacıların genel olarak üç tip sonlu eleman ağı seçtiklerini belirlemiştir. Bu ağ modellerini Şekil 4'te gösterilen dolgu duvarlı çerçeve üzerinde açıklamıştır (8).



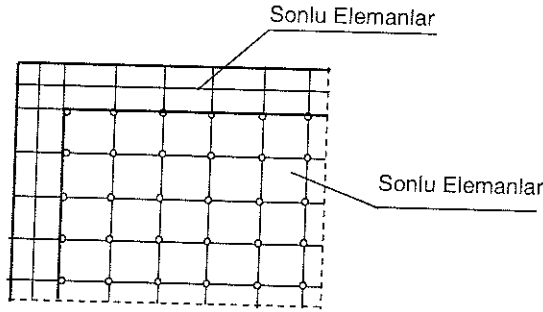
Şekil 4. Betonarme çerçeve ve dolgu duvar

Birinci tip olarak belirlenen sonlu eleman ağ modelinde, çerçeve elemanlar çubuk elemanlarla, dolgu duvarlar serbestlik dereceleri çubuk elemanlara uygun sonlu elemanlarla modellenmiştir (Şekil 5). Çubuk elemanlar ve sonlu elemanlar ara yüzey boyunca birbirlerine komşu düğüm noktaları ile bağlanmışlardır.



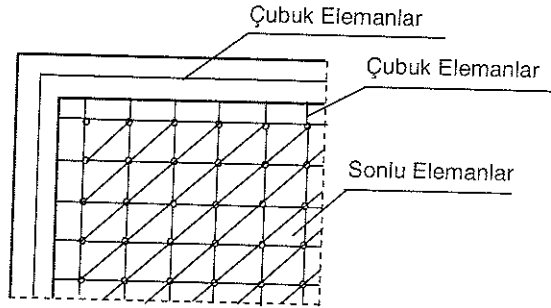
Şekil 5. Sonlu eleman ve çubuk elemanlarının birlikte kullanılması

İkinci tip olarak belirlenen sonlu eleman ağ modelinde, çerçeve ve dolgu duvar sonlu elemanlarla modellenmiştir (Şekil 6). Çerçeve ve dolgu duvarı meydana getiren elemanlar ara yüzey boyunca birbirlerine komşu düğüm noktaları ile bağlanmıştır.



Şekil 6. Sonlu elemanlarla oluşturulan dolgu duvarlı çerçeve modeli

Üçüncü tip olarak belirlenen sonlu eleman modelinde, çerçeve elemanlar çubuk elemanlarla, dolgu duvarlar sonlu elemanlarla modellenmiştir (Şekil 7). Çerçeve ve dolgu duvar arasındaki bağlantı, çubuk elemanlar olarak seçilen bağlantı elemanlarıyla sağlanmıştır.



Şekil 7. Sonlu ve çubuk elemanların bağlantı elemanlarıyla birlikte kullanılması

2.4. Duvarlı Çerçeve Deney Sonuçlarının Duvar Modelleriyle Karşılaştırılması

Dolgu duvarlı çerçeve deney sonuçlarını matematik bir modelle teorik olarak açıklayabilmek üzere yapılan bazı çalışmalar incelenmiştir.

2.4.1. Eşdeğer Basınç Çubuğu Modelinin Karşılaştırılması

Govindan ve diğ., çalışmalarında yatay yüklere maruz kalan yedi katlı duvarlı betonarme çerçeveyle dolgu duvarsız betonarme çerçevenin davranışlarını karşılaştırmışlardır. Dolgu duvarların betonarme çerçevenin davranışına olan etkilerini göstermek üzere yapılan bu deneysel çalışma sonucunda yük taşıma kapasitesi, süneklik, enerji yutma kapasitesi ve göçme yükü parametreleri, yatay yüklere tabi tutulan iki çerçeve için karşılaştırılmış ve duvarın yapıya olan etkileri ortaya konulmuştur. Deprem gibi yatay yükler etkisinde binada oluşacak kesme kuvvetlerinin deneysel sonuçlarının Smith tarafından önerilen dolgu duvar basınç çubuğu olarak modellenmesiyle yaptığı analiz sonuçlarıyla %11.7 farkla yaklaşık aynı olduğu görülmüştür (17).

2.4.2. Sonlu Eleman Modelinin Karşılaştırması

Yücesan, düzlem çerçeveyi meydana getiren betonarme kısmı çubuk elemanlarla, tuğladan oluşan duvarı ise birinci tip kabuk sonlu eleman kullanarak modellemiştir. Bu kabuk elemanlar içinde harç ve tuğla fazları bulunan sanal elemanlardır. Deneyde duvar, betonarme elemanlara ankrajla bağlandığı için eleman düğüm noktalarını serbest bırakmamıştır. Hazırladığı matematik modelde sınır şartı olarak kolon tabanlarında ankastre, duvar altında ise mafsallı birleşim kullanmıştır. Tuğla elemanının malzeme yönünden lineer olamayan özelliğini modelde yansıtmak ve uygun durumlarda kullanmak üzere kayma modülleri farklı diğer özellikleri tuğla kabuk elemanı ile aynı olan kabuk elemanlar tanımlamıştır. Ayrıca tuğla duvar ile kirişin arasını doldurmak için kullanılan harcı temsil etmek içinde kabuk eleman tanımlamıştır. Model kullanılırken, $\delta=0.292$ mm yer değiştirme halinde deney numunesindeki çatlaklar için (15x15) bölmeli birinci tip sonlu elemanlar modeli oluşturmuştur. Kiriş üzerindeki noktalara 0.292 mm yer değiştirme vermiş ve modeli çalıştırarak karşı gelen taban kesme kuvvetini deney sonuçlarıyla karşılaştırmıştır. Modelden okunan karşı gelen kuvveti 48.21 kN, deney sonucunu ise 46 kN olarak belirlemiştir (11).

2.5. DBYBHY 2007’de Dolgu Duvarları Modelleme Esasları

Dolgu duvarların yapı modelinde temsil edilmesi sırasında kullanılacak olan rijitlik ve dayanım özellikleri tanımlanmaktadır. Yapı modelinde betonarme çerçeve içinde düzenlenmiş ve köşegen uzunluğunun kalınlığına oranı 30’dan küçük olan dolgu duvarlar göz önüne alınacaktır. Duvar yüzey alanına oranı %10’u geçmeyen boşlukların bulunduğu duvarların yapı modeline katılmasına, boşlukların konumu köşegen basınç çubuğu oluşumunu engellememesi koşuluyla izin verilebilir. Dolgu duvarlar uygulanan deprem yönünde basınç kuvveti alan eşdeğer köşegen çubuk elemanları ile temsil edileceklerdir. Eşdeğer basınç çubuğunun kalınlığı güçlendirilmiş dolgu duvar kalınlığına eşittir. Genişliği (a_d) denklem (4)’den hesaplanacaktır.

$$a_d = 0.175 (\lambda_d h_k)^{-0.4} r_d \quad (4)$$

Burada a_d çubuk genişliği (mm), h_k kolon boyu (mm), r_d dolgu duvar köşegen uzunluğudur (mm). λ_d denklem (5)'den hesaplanacaktır.

$$\lambda_d = \left[\frac{E_d t_d \sin 2\theta}{4 E_c I_k h_d} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (5)$$

Denklem (5)'de E_d ve E_c dolgu duvar ve çerçeve betonunun elastisite modülü, t_d ve h_d güçlendirilmiş duvarın kalınlığı ve yüksekliği (mm), I_k kolonun atalet momenti (mm^4) ve θ köşegenin yatay ile olan açısıdır. Köşegen basınç çubuk elemanının aksel rijitliği denklem (6) ile hesaplanacaktır.

$$k_d = \frac{a_d t_d E_d}{r_d} \quad (6)$$

3. DÜZLEM ÇERÇEVE ÖRNEKLERİ

Tüm çerçevelerde kullanılan materyal ve modeller aşağıda tanımlanmıştır.

Kolon boyutları 30 x 30 cm ve kiriş boyutları 30 x 50 cm'dir.

Beton sınıfı: C20

Betonun elastisite modülü (E_c):28500 MPa

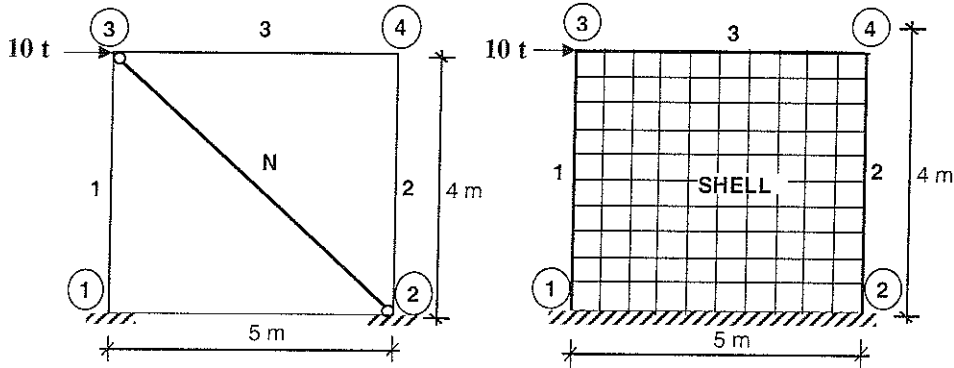
Duvarın Elastisite modülü (E_d):1000 MPa

Dolgu duvar kalınlığı (t_d):19 cm

Dolgu duvar iki ucu mafsallı çapraz eşdeğer sanal çubuk ve 10 x 10 dikdörtgen birinci tip sonlu elemanlar ağı ile shell eleman olarak modellenmiştir. Shell elemanın kalınlığı 19 cm olarak seçilmiştir. Tüm shell elemanlar aynı özellikte tanımlanmıştır. Eşdeğer sanal basınç çubuğu genişliği 0.68 m olarak hesaplanmıştır.

3.1. Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Düzlem Çerçeve

Tek katlı ve tek açıklıklı düzlem çerçeve sistemine 10 t'luk bir yatay kuvvet uygulanmış ve dolgu duvarın etkisi incelenmiştir (Şekil 8).



a) Eşdeğer Basınç Çubuğu Modeli

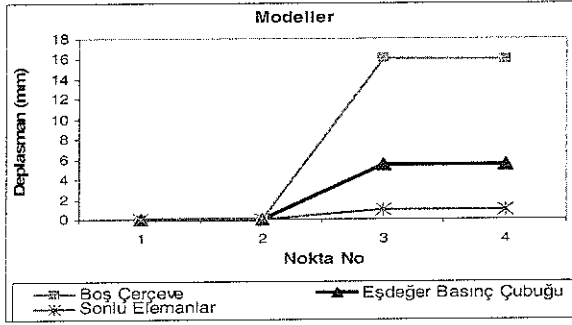
b) Sonlu Elemanlar Modeli

Şekil 8. Tek katlı ve tek açıklıklı çerçeve modelleri

Çizelge 2. Tek katlı ve tek açıklıklı çerçevenin deplasman değerleri

Nokta No	Modeller		
	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
	Deplasman (mm)		
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	16.00	5.46	1.01
4	15.94	5.44	0.95

Yapılan analiz sonucunda deplasman değerleri bulunmuştur (Çizelge 2). Bu deplasman değerlerinin grafikleri çizilmiştir (Şekil 9).

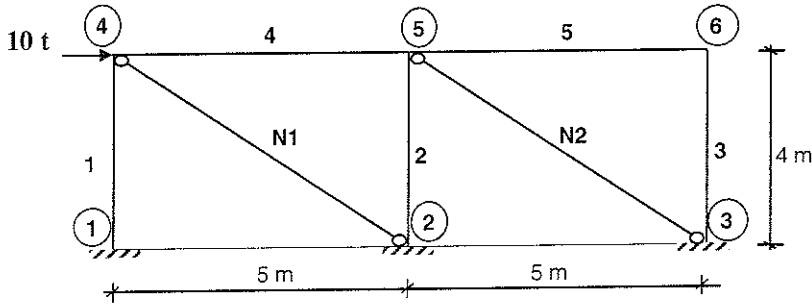


Şekil 9. Tek katlı ve tek açıklıklı çerçeve modellerinin deplasman grafikleri

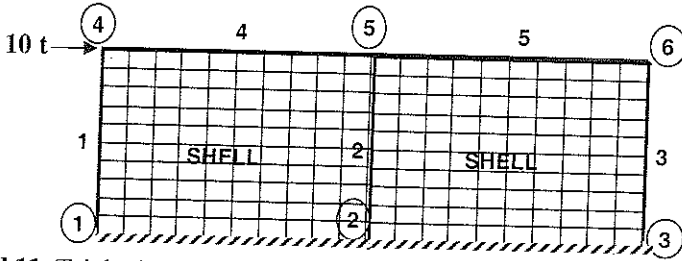
Grafikler incelendiğinde duvarlı çerçevenin deplasman değerlerinin boş çerçeveye göre daha rijit davrandığı görülmektedir.

3.2. Tek Katlı ve İki Açıklıklı Düzlem Çerçeve

Tek katlı ve iki açıklıklı düzlem çerçeve sistemine 10 t'luk bir yatay kuvvet uygulanmış ve dolgu duvarın etkisi incelenmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Tek katlı ve iki açıklıklı çerçevenin basınç çubuğu modeli

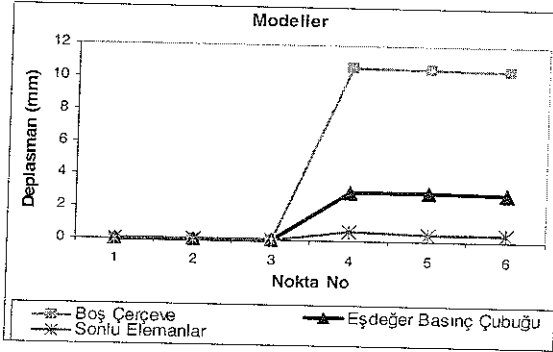


Şekil 11. Tek katlı ve iki açıklıklı çerçevenin sonlu elemanlar modeli

Yapılan analiz sonucunda deplasman değerleri bulunmuştur (Çizelge 3). Bu deplasman değerlerinin grafikleri çizilmiştir (Şekil 12).

Çizelge 3. Tek katlı ve iki açıklıklı çerçevenin deplasman değerleri

Nokta No	Modeller		
	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
	Deplasman (mm)		
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00
4	10.61	3.00	0.53
5	10.59	2.94	0.44
6	10.50	2.93	0.42

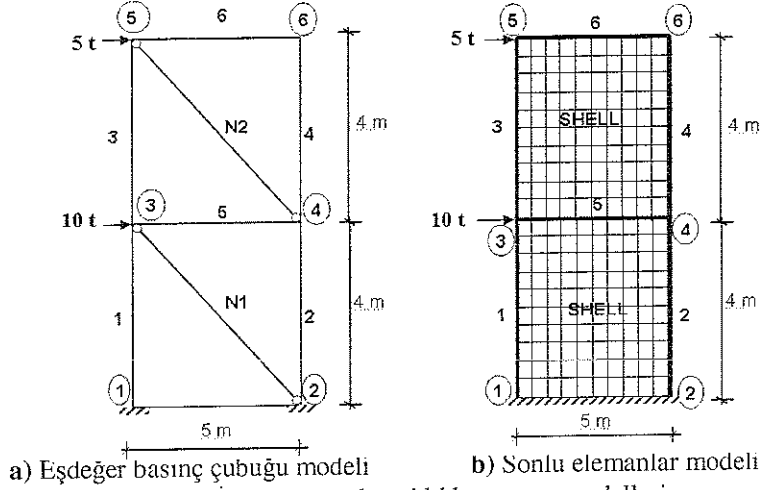


Şekil 12. Tek katlı ve iki açıklıklı çerçeve modellerinin deplasman grafikleri

Grafikler incelendiğinde duvarlı çerçevenin deplasman değerlerinin boş çerçeveye göre daha rijit davrandığı görülmektedir.

3.3. İki Katlı ve Tek Açıklıklı Düzlem Çerçeve

İki katlı ve tek açıklıklı düzlem çerçeve sistemine 10 t'luk bir yatay kuvvet uygulanmış ve dolgu duvarın etkisi incelenmiştir (Şekil 13).

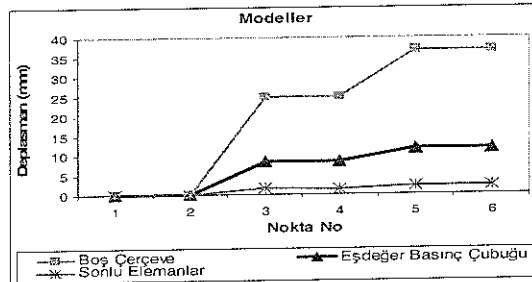


Şekil 13. İki katlı ve tek açıklıklı çerçeve modelleri

Yapılan analiz sonucunda deplasman değerleri bulunmuştur (Çizelge 4). Bu deplasman değerlerinin grafikleri çizilmiştir (Şekil 14).

Çizelge 4. İki katlı ve tek açıklıklı çerçevenin deplasman değerleri

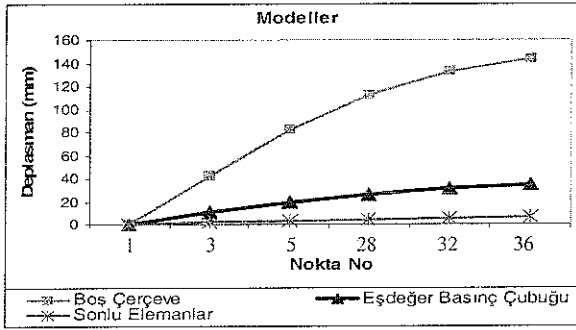
Nokta No	Modeller		
	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
	Deplasman (mm)		
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	24.84	8.27	1.53
4	24.79	8.29	1.48
5	36.78	11.66	2.26
6	36.76	11.65	2.23



Şekil 14. İki katlı ve tek açıklıklı çerçeve modellerinin deplasman grafikleri

Çizelge 5. Beş katlı ve üç açıklıklı çerçevenin deplasman değerleri

Nokta No	Modeller		
	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
	Deplasman (mm)		
1	0.00	0.00	0.00
3	41.87	10.35	1.77
5	82.00	19.41	3.34
28	112.54	26.42	4.70
32	133.21	31.33	5.79
36	144.04	34.11	6.60



Şekil 17. Beş katlı ve beş açıklıklı çerçeve modellerinin deplasman grafikleri

Grafikler incelendiğinde duvarlı çerçevenin deplasman değerlerinin boş çerçeveye göre daha rijit davrandığı görülmektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan analizler sonucunda dolgu duvar modeli düzlem çerçevelerin dolgu duvarsız modeli düzlem çerçevelere göre deplasman değerlerindeki değişimler incelenmiştir. Dolgu duvarın eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenmesi sonucu tüm düzlem çerçeve modelleri için boş çerçeveye göre deplasman değerleri %65.87 - %76.52 arasında azalma gösterirken, sonlu elemanlar modelinde bu değerler %93.68 - %96.00 arasında azalmıştır. Dolgu duvarlı çerçeve duvarsız çerçeveye göre daha rijit davranış sergilemiştir. Ayrıca dolgu duvarın çerçeveden ayrılmasını ve kayma gerilmesini dikkate almadan birinci tip sonlu elemanlarla modellenmesinin doğru olmadığı görülmüştür.

Dolgu duvar modellenerek deprem sırasında yapıda oluşacak davranışın gerçeğe yakın olması sağlanmalıdır. Ayrıca dolgu duvarın modellenmesiyle yapının iç kuvvetlerinde oluşan azalmalar göz önünde bulundurularak daha ekonomik kesitli çözümler yapılmaya çalışılmalıdır.

5. KAYNAKLAR

1. Klinger,R.E. and Bertero,V., "Infilled Frames in Earthquake-Resistant Construction", Report No. EERC 76-32, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, 1976.
2. Özcebe,G., Ersoy,U. and Türk,M., "Betonarme Çerçeveselerin Betonarme Dolgu Duvarlarla Depreme Karşı Onarım ve Güçlendirilmesi", Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 2003.
3. Canbay,E., "Contribution of R/C Infills to the Seismic Behaviour of Structural System", A Doctor of Philosophy Thesis in Civil Engineering, Middle East Technical University, 162s, 2001.
4. Sayın,B., "Mevcut Betonarme Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Projelendirilmesi ve Güçlendirilmesi Teknikleri", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003.
5. Yalçın,E., "Dolgu Duvarları ve Konumlarının Çok Katlı Betonarme Yapıların Deprem Kuvvetleri Altındaki Davranışına Etkileri", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, 67s,1999.
6. Tüzün,C., "Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçeve Sistemlerin Dinamik Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 104s, 1999.
7. Çağatay,İ.H. ve Güzeldağ,S., "Yeni Deprem Yönetmeliği (TDY 98) SAP2000N Uygulamaları", Birsen Yayınevi, İstanbul, 213s., 2002.
8. Budak,A., "Dolgu Duvarlı Çerçeveselerin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Malzeme Bakımından Doğrusal Olmayan Hesabı", Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 125s.,1997.
9. Çağlayan,E., "Betonarme Çerçeveselerin Yatay Yüklere Göre Analizinde Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 47s., 2006.
10. Türk Deprem Yönetmeliği, "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik", 6 Mart 2007 tarih ve 26454 sayılı Resmî Gazete, 2007.
11. Yücesan,B., "Betonarme Çerçeveselerin Güçlendirilmesinde Yüksek Dayanımlı Tuğla Duvarlar", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, 2005.
12. Smith,B.S., "Lateral Stiffness of Infilled Frames", ASCE Structural Division Journal, pp.183- 199, 1962.
13. Smith,B.S. and Carter,C., "A Method of Analysis for Infilled Frames", Institution of Civil Engineers (ice), Vol. 44, pp. 31-48, 1969.
14. Mainstone,R.J., "Supplementary Note on the Stiffness and Strengths of Infilled Frames", Building Research Station, UK, Current Paper 13/74, 1974.
15. Paulay,T. and Prestley,M.J.N., "Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings", New York: John Wiley, 1992.
16. Govindan,P., LakshmiapatyM., Santhakumar,A.R., "Ductility of Infilled Frames" A.C.I. Journal, pp. 567-576, 1986.