

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME ÇERÇEVELERİN YATAY YÜKLERE GÖRE ANALİZİNDE
DOLGU DUVAR ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisi Erhan ÇAĞLAYAN

Tez Danışmanı :Prof. Dr. Muhammed TEKİN

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilimdalı

Manisa 2006

İÇİNDEKİLER

• Önsöz	I
• Şekillerin Listesi	II
• Çizelgelerin Listesi	III
• Semboller Listesi	IV
• Özet	VII
• 1.1 Konunun Tanıtımı	1
• 1.2 Konu ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalar	2
• 1.3 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	5
• 2 Dolgu Duvarlı Çerçevesel	
• 2.1 Dolgu Duvar Panelleri	6
• 2.2 Geometrik Ve Mekanik Özellikler	6
• 2.3 Dolguların Düzlemsel Mukavemetinin Değerlendirilmesi	7
• 2.4 Eksantrik Eşdeğer Çubukların Yük-Deformasyon Davranışları	8
• 2.5 Dolgu Duvarın Ezilme Mukavemeti	10
• 2.6 Dolgu Duvarın Kesme Mukavemeti	10
• 2.7 Plastik Mafsallın Yerleştirilmesi	11
• 2.8 Eşdeğer Çubuk Kalınlığı	13
• 2.9 Kısmen Dolgu Çerçevesel	17
• 2.10 Delikli Paneller	18
• 2.11 Rijitlik Uzunluğu	19
• 2.12 Pushover Analizi	20
• 3 Sayısal Örnek	
• 3.1 Tanıtım	21
• 3.2 Çerçevenin Modellenmesi	23
• 3.3 Analizin Sonuçları	34
• 3.4 Çözümü Yapılan Modellerin Tanıtımı	34
• 3.5 Grafikler	34
• 3.6 Modellerin Çözümlerinden Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması	41
• 4 Sonuçlar ve Öneriler	42
• 5 Kaynaklar	43
• Ek-1Fema 356	45

ÖNSÖZ

Bu çalışmada düzensiz betonarme yapılarda dolgu duvar etkisi SAP 2000 programı kullanarak incelenmiştir.

Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde , yüksek lisans tezi olarak verilen bu çalışmanın hazırlanmasında , her konuda yardımcı olan Yapı Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Muhammed TEKİN ' e ,Ar.Gör. Erhan ALSANCAK'a ve değerli bilgilerinden beni faydalandıran tüm Mühendislik Fakültesi öğretim görevlilerine teşekkür ederim.

Yüksek Lisans eğitimine başlamam da beni teşvik eden ve daha sonra da destek olan aileme teşekkür etmeyi borç bilirim

MANİSA , Nisan 2006

İNŞ. MÜH. ERHAN ÇAĞLAYAN

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

SAYFA NO

- Şekil 2.1 Çubuğun Geometrik Özellikleri 7
- Şekil 2.2 Çerçeve Elemanları 8
- Şekil 2.3 $\Theta_{\text{çubuk}}$ Geometrisi 9
- Şekil 2.4 Yük Deformasyon Davranışı 10
- Şekil 2.5 Duvarın Kesme Sonrası Kırılması 11
- Şekil 2.6 Plastik Mafsalların Yerleştirilmesi 13
- Şekil 2.7 Örnek Hasar Şekli 14
- Şekil 2.8 Eşdeğer Basınç Çubuğu 14
- Şekil 2.9 Çubuğun Geometrisi 15
- Şekil 2.10 Çubuk Genişliğinin Üst / Alt Şartları 16
- Şekil 2.11 Kısmen Dolgulu Çerçeve 18
- Şekil 2.12 Boşluklu Panel 18
- Şekil 2.13 Rijitlik Uzunluğunun Yerleri 19
- Şekil 3.1 Binanın Dış Görünümü 21
- Şekil 3.2 Boşluklu Dolgulu Çerçeve 22
- Şekil 3.3 Kalıp Planı 23
- Şekil 3.4 Plastik Mesnetlerinin Yerleştirilmesi 34

Çizelgelerin Listesi

SAYFA NO

- Çizelge 3.1 Çerçeve – Dolgu Özellikleri 22
- Çizelge 3.2 A-A aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları 25
- Çizelge 3.3 C-C aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları 25
- Çizelge 3.4 D-D aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları 26
- Çizelge 3.5 E-E Aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları 27
- Çizelge 3.6 H-H Aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları 28
- Çizelge 3.7 I-I Aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları 29
- Çizelge 3.8 1-1 Aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları 30
- Çizelge 3.9 2-2 Aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları 31
- Çizelge 3.10 3-3 Aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları 32
- Çizelge 3.11 4-4 Aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları 33

Semboller Listesi

a	Eşdeğer basınç çubuğunun genişliği (cm)
$A_{açıklık}$	Seçilen dolgulu panelin toplam açıklık alanı (cm^2)
A_{panel}	panelin brüt alanı (cm^2)
A_s	Betonarme elemandaki donatının en kesit alanı (cm^2)
b_b	Çerçevedeki kiriş elemanın genişliği (cm)
b_c	Çerçevedeki kolon elemanın genişliği (cm)
C	Yön oranına göre basınç çubuğunun genişliğinin hesaplanması için kullanılan faktör
d	Dolgu panellerle ilişkili olan nonlineer yönelim (%)
D	Dolgunun diyagonal uzunluğu (cm)
E_c	Çerçevenin elastik modülü (kPa)
E_m	Basınç altındaki duvarın elastik modülü (kPa)
E_s	Çeliğin elastik modülü (kPa)
f'_c	Betonun basınç dayanımı (kPa)
f'_m	Duvarın basınç dayanımı (kPa)
f'_v	Duvarın kesme dayanımı (kPa)
G_m	Duvarın kesme modülü ($0.4 E_m$) (kPa)
H	Çerçevenin yüksekliği (cm)
h	Dolgulu panelin yüksekliği (cm)
h/t	Dolgulu panelin narinlik derecesi

h_b	Çerçeveadaki kiriş elemanın yüksekliği (cm)
h_c	Çerçeveadaki kolon elemanın yüksekliği (cm)
$h_{açıklık}$	Her dolgu açıklığının kendi yüksekliği (cm)
$I_{kiriş}$	Kirişin atalet momenti (cm^4)
I_{kolon}	Kolonun atalet momenti (cm^4)
$I_{çerçeve}$	$I_{kiriş}$ ve I_{kolon} dan küçük olan atalet momenti (cm^4)
l	Dolgu panelin uzunluğu (cm)
l/h	Dolgu panelin yön oranı (cm)
$l_{kiriş}$	Kolon - kiriş düğüm noktasıyla kirişteki ilk plastik mesnet arasındaki mesafe (cm)
l_{kolon}	Kolon -kiriş düğüm noktasıyla kolondaki ilk plastik mesnet arasındaki mesafe (cm)
L_f	Çerçevenin uzunluğu (cm)
$L_{açıklık}$	Her dolgu açıklığının kendi genişliği (cm)
R_{cr}	Dolgu duvarın ezilme dayanımına ulaşması için gereken kuvvet (kgf)
R_{kesme}	Dolgu duvarın kesme dayanımına ulaşması için gereken kuvvet (kgf)
$R_{çubuk}$	R_{cr} ve R_{kesme} den az olan (kgf)
$(R_1)_i$	Varolan dolgu açıklıkları için hesapta kullanılan azaltma faktörü
$(R_2)_i$	Varolan dolgu hasarları için hesapta kullanılan azaltma faktörü

t	Dolgunun brüt kalınlığı (cm)
t_{eff}	Dolgunun etkili kalınlığı (cm)
V_u	Pushover analiziyle hesaplanan , yapının son kapasitesi (Ton)
Δ	Binanın yatay deplasmanı (cm)
λ_1	Dolgu ile çerçevenin rijitlik parametresi
Θ	Eşdeğer diyagonal çubuğunun açısı (derece)
$\Theta_{kiriş}$	Eşdeğer diyagonal çubuğunun yatay ile yaptığı açı (Kolondan kolona bağlandı ise derece)
Θ_{kolon}	Eşdeğer diyagonal çubuğunun düşey ile yaptığı açı (Kirişden kirişe bağlı ise derece)
$\Theta_{çubuk}$	Eşdeğer diyagonal çubuğunun yatay ile yaptığı açı (Tam kesişme noktasına bağlanıyorsa derece)

ÖZET

Yapı çözümlerinde dikkate alınmayan dolgu etkisi sistem dayanım ve rijitliğini önemli ölçüde değiştirmektedir. Bu yüzden yapı elemanlarının doğrusal olmayan etkilerini dikkate alan gerçekçi bir çözümlü yapılmalıdır. Dolgulu betonarme çerçevelerin yatay yük kapasitelerinin belirlenmesinde yapısal ve yapısal olmayan her bir elemanın doğrusal olmayan davranışlarını dikkate almak gerekmektedir.

Bu çalışmada dolgulu betonarme çerçevelerin tüm eleman malzeme özelliklerinin gerçeğe daha yakın alındığı genel amaçlı Sonlu Elemanlar programı ile dolgulu çerçevelerin doğrusal olmayan çözümlü gerçekleştirilmiştir. Taşıyıcı sistemi oluşturan betonarme elemanlar çubuklar ile, dolgu elemanlar eşdeğer diyagonal basınç çubukları ile modellenmiştir. Eşdeğer diyagonal basınç çubukları genişlikleri kısmi dolgu duvarlı çerçeveleri de kapsayacak şekilde verilmiştir. Betonarme elemanların mafsallaşmalarında kirişlerde moment ve kesme etkileri, kolonlarda aksenal yük, moment ve kesme etkileri, dolgularda da sadece aksenal yük etkileri dikkate alınmıştır. Kirişlerin taşıma kapasiteleri ve kolonların karşılıklı etki diyagramları eleman geometrik ve malzeme özelliklerine göre belirlenmiştir. Önerilen yöntem ile çeşitli dolgu düzensizlikleri içeren dört katlı düzlemsel betonarme çerçevede kapasite analiziyle yapılan dayanım ve rijitlik değişimi araştırılmıştır.

ABSTRACT

The information compiled in this report was written following a logical sequence intended to help the engineer in the evaluation process

Masonry is one of the oldest construction materials currently in use around the world for reasons that include accessibility, functionality, and cost. This material has been used for hundreds of years in construction projects ranging from simple roadways to complex arch designs. Masonry has also commonly been used in frame building structures as infill, where it was intended to act as an environmental divider rather than a structural element. The primary function of masonry was either to protect the inside of the structure from the environment (rain, snow, wind, etc.) or to divide inside spaces. In either case, common practice has always been to ignore infill during the design and analysis of steel/reinforced concrete frame structures.

The influence of infills on overall behavior of the structure has been found to change with the direction in which the load is applied. This report gives guidelines on evaluating the lateral load capacity of infilled panels for in-plane loading. Further, guidelines are given that account for the effect of out-of-plane loading on in-plane capacity.

You can see all the effect of masonry wall on the structures in this report.

1.1 Konunun Tanıtımı

Ülkemizin büyük bir bölümü 1. derece deprem kuşağı üzerinde bulunduğundan yapı sistemlerinin depreme karşı dayanıklı olmaları şartını da beraberinde getirmektedir.Yapı mühendisleri yapı sistemlerinin deprem anındaki davranışlarını ve bu davranışlara karşı alınacak önlemler hakkında çeşitli çalışmalar yapmaktadırlar.

Mimari tasarım gereği yapı sistemlerinin iç kısımlarının kullanım şeklini belirlemek amacıyla düşey düzlemde dolgu malzemeleri (tuğla,beton,briket vb.) kullanılmaktadır.

Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde yatay yüklere karşı dolgu duvar ve çerçevenin ortak hareketinin,çerçeve ve dolgu duvarın ayrık hareketi toplamından daha fazla direnç gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Dolgu duvar malzemesinin cins ve kalitesine,çerçeve ile dolgu arasında bırakılan boşluk büyüklüğüne,betonarme çerçevelerde beton malzemesinin rötne ve sünmesine,buna benzer faktörle bağlı olarak değişebilmektedir.

Boş betonarme çerçeve sistemlerinin kritik gerilme bulunduğu noktalar ile dolgu çerçeve kabulü olan sistemlerdeki kritik gerilmelerin bulunduğu noktalar aynı olmamaktadır.Bundan dolayı taşıyıcı sistem tasarımında zayıf noktalar kalabilmektedir.Proje yapılırken dikkate alınmamış yarım bir dolgu duvar,yatay yükler etkisi altında yanındaki kolonların kısa kolon gibi davranmasına sebep olmaktadır.Kısa kolonlar,diğer kolonlara göre daha büyük kesme kuvveti almaktadır.Kısa kolonlarda sarılma bölgesinde etriye sıklaştırılması yapılması gerekmektedir.Normal kolonda bu sıklaştırma olmadığından dolayı hasar kaçınılmaz olacaktır.

1.2 Konu İle İlgili Daha Önce Yapılmış Çalışmalar

Benjamin Williams 1/8 ve 3/8 ölçekte tek katlı tek açıklıklı betonarme malzeme ile doldurulmuş betonarme çerçeve sistemlerini yatay yükler altında kırılma davranışını deneysel olarak incelemişlerdir. Kırkbeşe yakın örnekte boyutlar, dolgudaki dolgu miktarı ve yönüyle birlikte kolonları incelemişlerdir. Sonuç olarak dolgudaki donatı ve yönü çerçevenin yük taşıma kapasitesini ve düktilitesini etkilediklerini belirlemişlerdir.

Holmes Tek katlı tek açıklıklı tuğla ve betonarme dolgulu çelik çerçeveleri yatay yüklemeye maruz bırakmıştır. Bu çalışmalar sonucunda dolguyu eşdeğer bir diyagonal eleman olarak ifade eden yarı ampirik bir metod geliştirmiştir. Dolgu duvarlı çerçevelerin yatay yük taşıma kapasitesini, dolgunun ve çerçevenin boyutlarının, dolgunun basınç dayanımının bir fonksiyonu olarak ifade etmiştir. Bu basınç çubuğunun en kesit alanını, dolgunun "t" kalınlığı ve "d" diyagonal uzunluğu cinsinden $td/3$ olarak öngörmüştür. Ayrıca dolgunun sistem rijitliğine ve dayanımına katkısının da incelemiştir.

Brayn Stafford Smith Basınç çubuğu yöntemini daha ayrıntılı olarak ele almıştır. Dolgu duvarlı sistemlerin yatay yükler altındaki davranışını tespit etmek için hem analitik hem deneysel çalışmalar yapmıştır. Dolgulu duvarlı çerçevelerin, rijitlik ve dayanımının yalnızca fiziksel özelliklere boyutlara değil ayrıca dolgu ve etrafındaki çerçeve ile olan temas yüzeyine bağlı olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Temas uzunluğunun dolgu ve çerçevenin bağıl rijitlikleri ile değiştiğini belirterek dolgu duvar davranışını belirleyen görelî rijitlik parametresini tanımlamıştır.

W basınç çubuğu genişliğinin çerçevenin değişik (yükseklik / açıklık) oranlarına göre diyagonal uzunluğunu 1/4 ile 1/11 arasında değiştiği sonucuna varmıştır.

Mallick Severn, 1967 yılında dolgu duvarlı çerçevelerin yatay rijitliğini belirlemek için sonlu elemanlar yöntemi kullanmışlardır. 1967 yılında kare panel dolgular için sonlu elemanlar yöntemiyle deneysel ve analitik çalışmalar arasında iyi bir uyum bulmuşlardır. Çalışmalarda dolgu ve çerçeveyi ayrı ayrı elastik yapılar olarak modellemişlerdir. Bu elastik yapıları basınç ve kayma kuvvetlerini aktaran bağ elemanları ile bağlanmışlardır.

Fedarkin,kagir örgü duvarlı betonarme çerçevelerin analizi için ayrı bir fiziksel model geliştirmişlerdir.Dolgu duvar sonlu "n" adet yay sistemiyle temsil edilmiştir.Rijit bir ortamın düzlemsel gerilme ve deformasyonları kütle yay sistemiyle ifade edilmiştir.Bu model dolgulu çerçeve sisteminin dinamik ve statik davranış analizinde kullanılmıştır.

Ersoy ve arkadaşları tarafından TÜBİTAK desteği ile ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü ile yapılan araştırma projesinde dokuz adet tek katlı tek açıklıklı betonarme monoton artan yükler altında test etmişlerdir.Sonuçlarda dolgunun yatay yük kapasitesini %700 arttırdığını ,yatay deplasmanı %65 azalttığını belirtmişlerdir.Sistemin elastik yatay rijitliğinin %500 arttığı sonucuna varmışlardır.

Klinger ve Bertero (1976),Betonarme çerçevelerin sismik davranışı üzerindeki dolgu duvar etkisini deneysel ve analitik olarak araştırmışlardır.Dolgulu çerçeveler boş çerçevelere göre kuvvetli yer hareketleri sırasında daha rijit bir davranış yaptıkları saptanmıştır.Dolgu duvar eşdeğer bir kafes kiriş olarak modellenmiştir.

Liauw,1979 yılında dinamik yükleme altında deneyler yapmıştır.Tek açıklıklı dört katlı dolgulu çerçeveler örnek olarak seçilmiştir.Boşlukların etkisi ve dolgu ile çerçeve arasındaki bağlantılar incelenmiştir.Sert dolgulu modeller diyagonal basınç kırılması göstermişlerdir.Ancak bağlantı kullanıldığında çerçeve ile dolgu arasında kesme göçmesi meydana gelmiştir.Boşluklu modellerde bağlantılar olduğu durum ve olmadığı durumlarda da kirişlerde eğilme kırılmaları oluşmuştur.Dolgularında boşlukların dayanım ve rijitliği azalttığı sonucuna varılmıştır.

Bertera Brokken dolguların betonarme çerçevelerin deprem davranışına etkisini incelemiştir.Depremi temsil eden 18 örneği incelemiştirler.Dört tür dolgu malzemesi kullanılmışlardır.Sonuç olarak boş çerçeveye eklenen dolgu sistemi (betonarme olsun yada olamasın) yatay rijitliği önemli ölçüde arttırmıştır.Yatay rijitlik dayanıma etki eden yükün etki biçimine bağlıdır.Tüm örneklerde hasarlar ilk katlarda oluşmaktadır.Boş çerçeveye dolgunun eklenmesi sistemin dinamik özelliklerini de etkilemektedir.Boş çerçeveye dolgunun eklenmesi maksimum deplasmanların azalmasına neden olmuştur.

1985 yılında Dawe & Yong tek açıklıklı tek katlı çelik çerçeveleri test etmişlerdir. Dolgudaki boşlukların ilk kırılma anındaki yükü etkilediğini fakat taşıma kapasitesini etkilenmediği görülmüştür.

1.3 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Dolgu duvarlar betonarme yapılarda betonarme çerçevelerin yatay yüklerle karşı rijitliğine ve dayanımına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır.Bu katkının pratik proje yapımında dikkate alınması daha doğru bir proje yapımına katkıda bulunacaktır.

Bundan dolayı gerçekçi bir çözüm yapılabilmesi için yapı elemanlarının doğrusal olmayan etkileşimlerinde dikkate almak gerekir.

Bu analizde çerçeve ve dolgu duvar lineer elastik olarak alınmıştır.Ayrıca dolgu duvar farazi çubuk ile temsil edilmiştir.Bu amaçla dolgudan dolayı çerçeve sistemlerindeki rijitlik artışının hesaplanabilmesi için çözümde genel amaçlı sonlu elemanlar programından faydalanılmıştır.

2-DOLGU DUVARLARLI ÇERÇEVELER

2.1 Dolgu Duvar Panelleri :

Genelde dolgular iki değişik kategoride gruplandırılabilirler : yalıtılmış dolgular ve normal dolgular (bazen kesme dolguları da denir)

Yalıtılmış dolgular tamamen sınırlandırılmış çerçevelerin üstünden ve her iki yanından tamamen izole edilmiş panellerdir.Dolgu ve çerçeve arasındaki izolasyon (boşluklar) mümkün olan her çerçeve deformasyonundan büyük olmalıdır ki bu şekilde herhangi dolgu - çerçeve etkileşimi engellenmiş olsun.Bu dolgular yapısal elemanlar gibi düşünülemez .

Bu çalışmada normal dolgular incelenecektir.Bu dolgular yapının yanal kuvvet-dayanım sisteminin bir bölümü gibi hareket eder.Bu kategorideki dolgular sınırlandırılmış çerçevelerin her dört yanında sıkı sıkı etkileşimde olmalıdır yani aralarında hiç boşluk kalmamalıdır.Buna göre boşlukların tam harç bağlantılı olduğu kabul edilmiştir.ilikisini garantilemek için tamamen doldurulmalıdır.

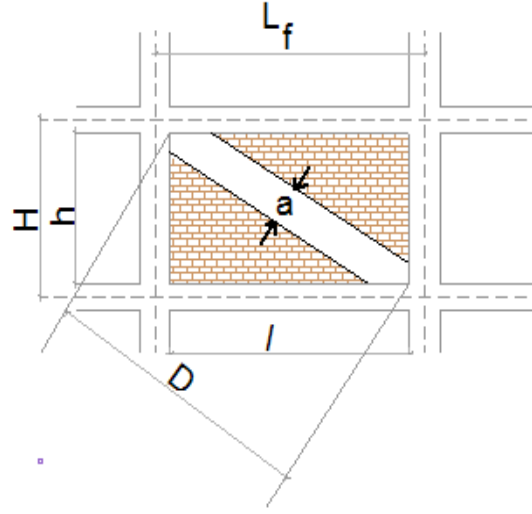
Dolgu çerçevelerin düzlemsel olan davranışları dolgunun ve çerçevenin basit mekanik ve geometrik özellikleri dışında daha bir çok sayıda faktöre bağlıdır.Bu ilave faktörler dolgu çerçevelerin orijinal rijitliğini ve dayanımını değiştirebilmektedir.

2.2 Geometrik ve Mekanik Özellikler :

Binaların taşıma güçlerinin tayin edilebilmesi için bütün elemanların geometrik ve mekanik özelliklerinin bilinmesi gerekir.Bütün dolgu duvarların ölçüleri,yeri ve çerçeve elemanın sınırları yani bütün geometrik özellikleri belirlenmelidir.Dolgu duvar ölçüleri yüksekliği (h), uzunluğu (l) ve kalınlığı (t) var olan bina planlardan veya yerindeki ölçülerinden elde edilmelidir.Çerçeve elemanında konuyla ilgili ölçülerinin de elde edilmesi gerekir.Çerçeve yüksekliği H,genişliğide L_p olarak belirtilir. (H , L_f , h_b , b_b , h_c , b_c , v_b) . Bu boyutların tanımı kitabın sonunda verilmiştir .

Dolgu duvarın mekanik madde özelliklerini değerlendirmek için ihtiyaç duyulan testler ; güç (f_m) , basınç altındaki elastik modu (E_m) , ve kesme kuvveti (f_v) değerlerindeki bilinmesi gerekmektedir.(maddenin özellikleri) bölümüne bağlı olarak taşınmalıdır.Madde özellikleri

yönetmeliklerden deneylerden ve aynı zamanda değerlendirilen binanın yapıldığı yıldan veya mümkünse binanın planlarından elde edilebilir .



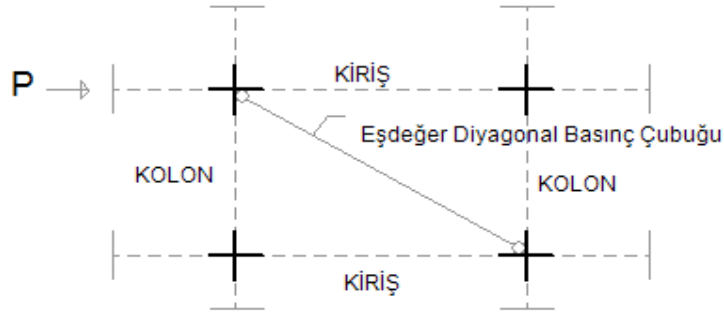
Şekil 2.1 Çubuğun Geometrik Özellikleri

2.3 Dolguların Düzlemsel Mukavemetinin Değerlendirilmesi:

Yanal kuvvetlerin dolgulu çerçeveye uygulanmasıyla dolgu ve çerçeve elemanlarında değişken gerilim dağılımına sebep olur.Yanal kuvvetler arttıkça dolgularda bozulmaya sebep olana kadar gerilme dağılımları değişikliğe uğrar.Kesme ya da basınç mukavemetine ulaşıldığında dolguda bozukluklar oluşur.

Dolgu panellerini kuşatan çerçeve elemanlarının beklenen eğilme ve kesme mukavemetleri de değerlendirilmelidir.Kolon ve kirişlerdeki kesme ve eğilme mukavemeti dolgunun bozulması için gerekli olan kuvvetin yatay ve düşey bileşenlerini aşmalıdır.Bu olay bozulmanın dolguyu kuşatan çerçeveden önce dolguda meydana gelmesini sağlar.

Bu çalışmada dolgulu çerçevelerin taşıma kapasitelerinin hesaplanmasında aşağıda Şekil 2.2 'de görülen model dikkate alınmıştır.



Şekil 2.2 Çerçeve Elemanları

Çerçeve-dolgu sistemlerinin yanal yük taşıma kapasiteleri tüm malzemelerin doğrusal olmayan davranışlarını içeren doğrusal olmayan sınırlı elemanlar programıyla bulunmalıdır.(tuğla duvar, harç, beton ve çelik) Fakat bu seçenek kullanışlı ya da pratik olmadığı için birçok durumda daha kolay analitik bir metot önerilir.Önerilen bu metot tuğla duvar yerine eşdeğer basınç çubukları içeren çerçevenin pushover analizidir.Bu metot tamamen dolgu duvarlarda uygulanabildiği gibi kısmen dolgu duvarlarda ve delikli duvar panellerinde de uygulanabilir.

Bu genel analizde basınç çubukları kullanmak kolonda direkt olarak dolgu etkilerine boyun eğse de bu elemanları lokal olarak değerlendirmenin gerekliliğini reddeder.Önerilen bu metodun güvenilirliği deneysel datalarla ve doğrusal olmayan sınırlı eleman analiziyle ispatlanmıştır.

2.4 Eksantrik Eşdeğer Çubukların Yük-Deformasyon Davranışları

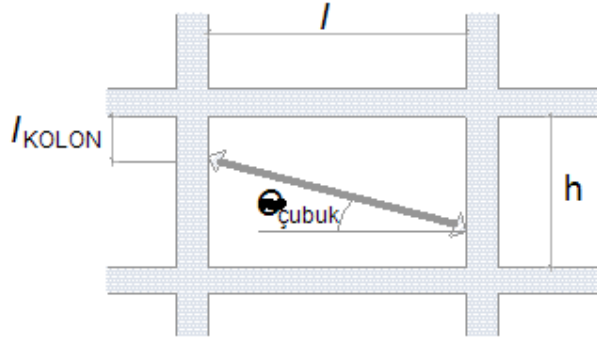
Dolgu duvarları modellendirmekte kullanılan eksantrik eşdeğer çubuklar çerçeve elemanlarına düğüm noktalarına sabit olarak bağlanmıştır.Böylece moment transferi oluşmaz. Çubuğun rijitliği , duvar materyalinin elastisite modülü (E_m) ve kesit alanı ($a \cdot t_{eff}$) alınmaktadır.Dolgu duvarın ezilme dayanımına (R_{cr}) (Denklem 2.3) ulaşması için gerekli olan yükün hesaplanması ve dolgu duvarın kesme mukavemetine (R_{kesme}) (Denklem 2.4) ulaşması için gerekli yükün hesaplanmasıyla çubuğun mukavemetine ulaşip ulaşmadığına karar verilir.Eşdeğer çubuk yönünde olan kuvvetlerin bileşenleri çubuğun "basınç" mukavemetini göstermektedir.Bu mukavemet $R_{çubuk}$ (Denklem 2.1) olarak tanımlanır ve çubuktaki plastik mafsalı gösterir.

$$R_{\text{çubuk}} = \min \left(\begin{array}{c} R_{\text{cr}} \\ R_{\text{kesme}} / \cos \Theta_{\text{çubuk}} \end{array} \right) \quad (2.1)$$

$$\tan \Theta_{\text{çubuk}} = \frac{h - 2 l_{\text{kolon}}}{l} \quad (2.2)$$

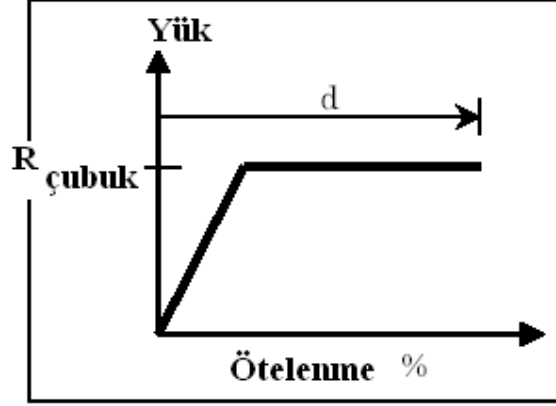
Burada ;

$\Theta_{\text{çubuk}}$ =Denklem 2.2'de verilen ve Şekil 2.3'de gösterilen yatayla,eksantrik çubuk arasındaki açı



ŞEKİL 2.3 $\Theta_{\text{çubuk}}$ Geometrisi

Şekil 2.4 de gösterildiği gibi eşdeğer basınç çubuğunun lineer olmayan ötelenmeyi başka yöne çevirdiği varsayılır



ŞEKİL 2.4 Yük Deformasyon Davranışı

Dolgu panellerle ilgili olan lineer olmayan yatay ötelenmeyi temsil eden d parametresi FEMA 356 'da Tablo 7.7 de tanımlanmıştır.

2.5 Dolgu Duvarın Ezilme Mukavemeti

Dolgu duvarı ezilme dayanımı, eşdeğer basınç çubuğunun duvar ezilmeden taşıyabileceği basınç yükü kadardır. (R_{cr}) Dolgunun ezilme dayanımı Denklem 2.3'den bulunabilir.

$$R_{cr} = a_{indirgeme} * t_{eff} * f'_m \quad (2.3)$$

f'_m = duvarın basınç dayanımı (kPa)

t_{eff} = panelin net kalınlığı (cm)

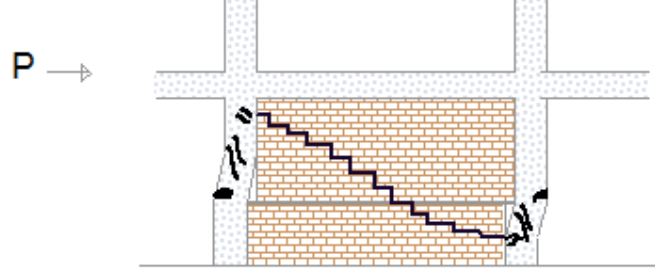
$a_{azaltılan}$ = Hasar ya da boşluk durumuna göre basınç çubuğu kalınlığının azaltılması (cm)

a = basınç çubuğunun genişliği (cm)

2.6 Dolgu Duvarın Kesme Mukavemeti

Duvarın kesme kuvvetlerine karşı kapasitesi iki ayrı mekanizmanın kombinasyonu ile karşılanır. Kayma mukavemeti ve duvarın harçla arasındaki sürtünme. Kayma mukavemetinin konsepti Şekil 2.5'de gösterilmiştir.

Burada tipik bir,basamaklı kesme çatlağı , basit bir kesme çatlağına derz boyunca yaklaşmaktadır.Basamaklı çatlağın düşey bileşeni gerilim altındadır ve bunun kesme mukavemetine olan yardımı ihmal edilir.Bu yüzden,dolgunun kesme dayanımı için gerekli olan yatay yanal yük Denklem 2.4'den hesaplanabilir.



ŞEKİL 2.5 Duvarın Kesme Sonrası Kırılması

$$R_{\text{kesme}} = A_n \cdot f_v \cdot (R_1)_i \cdot (R_2)_i \quad (2.4)$$

A_n = Dolgu panelinin uzunluğu boyunca dolgu harcının net kesit alanı (cm^2)

f_v = Duvarın kesme mukavemeti (kPa)

Not : Dolgu üzerindeki dikey yükler hakkında kusursuz bir tahminde bulunulmаса da,normal gerilimin %20'si dolgu tarafından karşılanıyormuş gibi farz edilir ve karşılayan mekanizmanın sürtünme bileşenine dahil edilir.

2.7 Plastik Mafsallın Yerleştirilmesi

Kolonlardaki plastik mafsall,eksenel kuvvetle moment kapasitesinin birbirlerine tesirlerini karşılamalıdır.Bu mafsallar kiriş yüzünden en az l_{kolon} uzaklığında yerleştirilmelidir.Bu uzaklık denklem 2.5 ve 2.6' da tanımlanmıştır ve çubuk kalınlığı , a , kullanılarak , azaltma çarpanları kullanılmadan hesaplanır.

$$l_{\text{kolon}} = \frac{a}{\cos \Theta_{\text{kolon}}} \quad (2.5)$$

$$\tan \Theta_{\text{kolon}} = \frac{h - \frac{a}{\cos \Theta_{\text{kolon}}}}{l} \quad (2.6)$$

Kirişlerdeki mesnetler ise elemanın eğilme davranışına göre tanımlanır. Bu mesnetler de kolon yüzünden en az $l_{\text{kiriş}}$ uzaklığında yerleştirilmelidir. Bu uzaklık Denklem 2.7 ve 2.8'den hesaplanabilir.

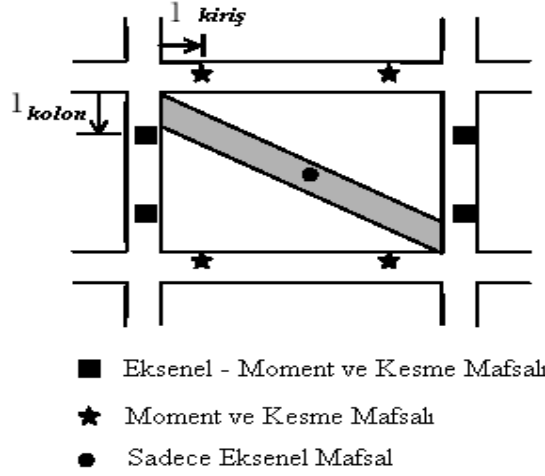
Şekil 2.3 de anlatıldığı gibi $\Theta_{\text{kiriş}}$ açısı dolgu kuvvetlerinin kirişle arasındaki açıdır.

$$l_{\text{kiriş}} = \frac{a}{\sin \Theta_{\text{kiriş}}} \quad (2.7)$$

$$\tan \Theta_{\text{kiriş}} = \frac{h}{l - \frac{a}{\sin \Theta_{\text{kiriş}}}} \quad (2.8)$$

Dolgu kuvvetlerinin doğruca kolonlara etkideği farz edilmesine rağmen, kirişlerde hala mesnetlenme olur ve kolon yüzünden plastik mesnete kadar olan $l_{\text{kiriş}}$ uzaklığı mantıklı bir yaklaşımdır.

Hem kolonlarda hem de kirişlerde kesme mesnetleri olmalıdır. Eşdeğer çubuk da yalnızca aksenal yükü karşılayacak mesnete ihtiyaç duyar. Bu mesnet elemanın ortasına yerleştirilmelidir. Genel olarak dolgu çerçevede elastik olmayan hareketler için kullanılması gereken mesnet çeşitleri ve sayıları Şekil 2.6 'da gösterilmiştir.

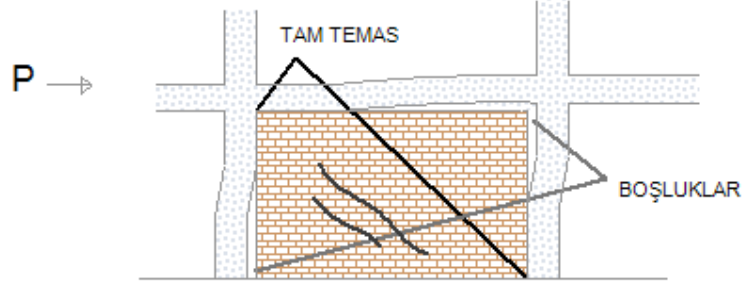


ŞEKİL 2.6 Plastik Mafsalların Yerleştirilmesi

Yanal yüklemede genellikle mafsallaşmalar elemanın sonunda olmasına rağmen, diğer yerlerde elastik olmayan deformasyonlar olabilir. Özellikle de çok büyük özyükler varsa. Bu yüzden, açıklığın ortasının mafsallaşacağı ihtimali de gözden geçirilmelidir. Ek olarak, mühendisler öngörülerine göre de mesnet yerleştirebilirler.

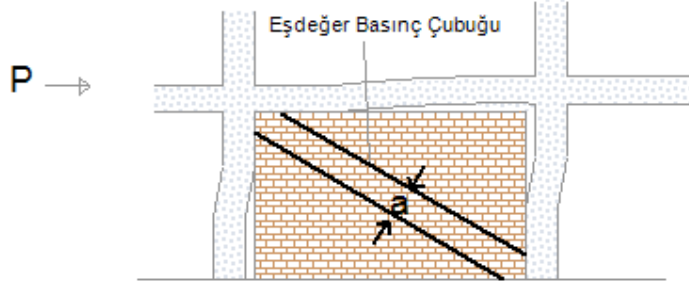
2.8 Eşdeğer Çubuk Kalınlığı

Dolgu çerçevelerin doğrusal mukavemetlerinin tahmini kompleks ve statik olarak belirsiz bir problemdir. Bileşik dolgu çerçeve sistemlerinin mukavemeti dolgu ve çerçevenin özelliklerinin basit bir toplamı değildir. Dolgu duvar çerçevelerinin bileşik davranışlarını daha iyi anlamak için hem analitik yönden hem de deneysel olarak büyük çabalar sarf edilmiştir. Dolgu duvarların doğrusal davranışlarının şekillenmiş kaidelerini anlamak ve tahmin etmek üzere çalışanlardan birkaçı Polyakov (1960), Stafford-Smith (1962, 1966, 1969), Mainstone (1971), Klingner ve Bertero (1976, 1978)'dir. Bu kişilerin yaptıkları dolgu çerçevelerin yanal yükler altındaki deneysel testler Şekil 2.7 'de gösterildiği gibi sonuçlanmıştır.



ŞEKİL2.7 Örnek Hasar Şekli

Modelin test edilmesi sırasında,panelin merkezinde diyagonal çatlaklar gözlenir ve modelin karşılıklı çapraz yüklenmemiş köşelerinde çerçeveyle dolgu arasında boşluklar oluşur , bu arada da yüklenmiş iki çapraz köşede de tam bir temas gözlenir. Bu davranış ilk olarak Polyakov tarafından gözlenmiştir ve dolgu çerçevelerinin analizini kolaylaştırmak için dolgu duvarlara eşdeğer basınç çubukları Şekil 2.8 'de gösterildiği gibi yerleştirilmiştir.



ŞEKİL2.8 Eşdeğer Basınç Çubuğu

Eşdeğer duvar çubuklarının kalınlığı , a , dolgunun kendi net kalınlığı ve mekanik özellikleri (elastisite modülü gibi E_m) aynıdır ve sınırlanmış çerçevenin her iki sonuna bağlanmış farz edilir.

Eşdeğer kalınlığın , a , değerlendirilmesi kişiden kişiye değişiklik göstermektedir.En kolay yaklaşımlar Paulay ve Pristley (1992) , Angel ve diğerleri. (1994) tarafından sunulan çubuk kalınlığı, a ,sabit bir değer olarak (dolgunun ya da çerçevenin özelliklerini göz önüne almaksızın) dolgunun diyagonal boyutlarının %12.5 - %25'i arasında olması öngörülmüştür. Stafford –Smith ve Carter (1969) , Mainstone (1971) ve diğerleri eşdeğer çubuk kalınlığı , a , hakkında fikir edinmek için daha kompleks bir ifade çıkarmışlardır,kolon/kiriş arasındaki temas boyu gibi parametreleri ve dolgu ile çerçeve arasındaki nispi rijitliği göz önünde tutmuşlardır.

Smith'e göre,bir dolgu panelin diyagonal rijitliği ve dayanımı,panelin sadece malzemesine,kalınlık ve boyutlarına değil,aynı zamanda panelin yerleştirildiği çerçeveyle olan temas uzunluğuna da bağlıdır.Eşdeğer basınç çubuğu genişliği (a) için aşağıdaki denklem kullanılarak değerlendirilecektir.

$$\lambda_1 H = H \left| \frac{E_m t \sin 2\Theta}{4E_c I_c h} \right|^{1/4} \quad (2.9)$$

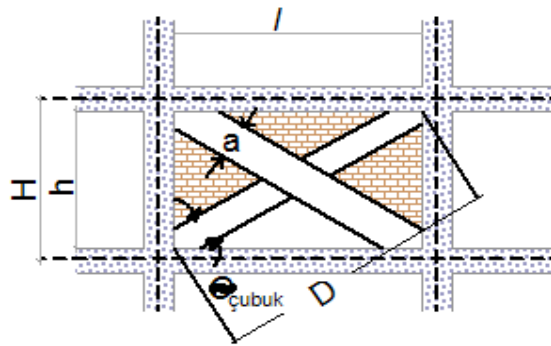
Bu eşitlikte verilen $\lambda_1 h$ çerçevenin dolguyla birlikte rijitliğini belirten boyutsuz parametre olmaktadır. E_m dolgu panelin, E_c ise çerçevde kullanılan malzemenin elastisite modülü , t duvar kalınlığı , Θ dolgu diyagonalinin yatayla yaptığı açđ ,h dolgunun yüksekliği , I_c ise kolonun atalet momentidir.

Bu ifadeyi kullanarak Maistone denklem 2.10 da gösterildiği gibi panelin eşdeğer çubuk kalınlığının değerlendirilmesinde çerçeve ve dolgu esnekliğiyle ilgili olarak düşünür.

$$a = 0.175 D (\lambda_1 H)^{-0.4} \quad (2.10)$$

Mainstone (1971) ve Stafford-Smith ve Carter (1969)'ın dolgu çerçevenin doğrusal davranışı ile ilgili tahminlerinin,Mainstone (1971) ; ve Al-Chaar (1998)'ın deneysel sonuçları ile karşılaştırıldığında bütün şartlarda hatasız olması sonucunda bu raporda kullanılan ifadeler kabul edilmiştir.

Dolgu duvar paneli kalınlığı , a , ve net kalınlığı t_{eff} olan bir eşdeğer diyagonal çubuk tarafından tasvir edilir.(şekil 2.8)

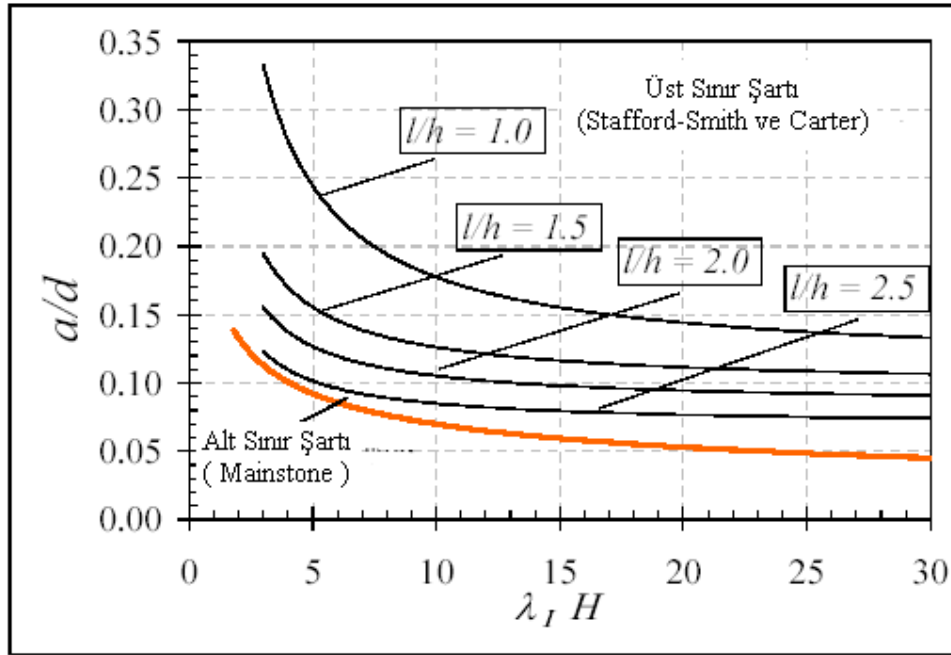


şEKİL 2.9 Çubuğuun Geometrisi

Eşdeğer basınç çubukları ve kapasite tayini için modellendirilen dolgu duvar yapının pushover eğrisi deneysel sonuçlarla ilgili olarak çok fazla esnek olacaktır.İlk rijitlik çok küçük ve sondaki

yerdeğiştirme çok büyük olacaktır.Bu sonuçlar,dolgu duvar panellerini temsil eden eşdeğer basınç çubuğu kullanıldığı zaman ki tahminlerin ana hatları olacaktır .

Dolgu panellerin kapasitesinin değerlendirilmesi için eşdeğer basınç çubuğunun genişliği hesaplanırken kullanılan denklem,dolgunun beklenen elastik rijitliğinin (Şekil 4 deki azalan eğride gösterilmektedir) alt sınırın tespiti Mainstone 'un (1971) yaklaşımı üzerine dayanmaktadır Mainstone (1971) panellin eşdeğer basınç çubuğunun genişliğini değerlendirirken sadece dolgu ve çerçeve esnekliği ilişkisinin üzerinde düşünmüştür.Elastik rijitlik için üst sınır , sadece dolgu-çerçeve ilişkisiyle değişmeyen aynı zamanda şekil 2.10 ($l/h = 1.0 , 1.5 , 2.0$ ve 2.5 için) de gösterilen panelin (l/h) boyutlarının oranı yönünden de değiştiren Stafford-Smith ve Carter (1969) 'a göre belirlenmiştir. a/d için en büyük olası değerlere grafikten karşı gelen panellerin (l/h) oranı 1.0 dir. 1 'den küçük l/h değerleri için eşdeğer basınç çubuğunun genişliğinin tayininde kullanabilmek için bu oranın tersi kullanılmalıdır.



Şekil 2.10 Çubuk Genişliğinin Üst / Alt Şartları

Stafford-Smith ve Carter (1969) tarafından tespit edilen eşdeğer basınç çubuğu genişliği aynı zamanda oranı 1.5 e eşit veya daha büyük olan paneller için denklem 2.11 ve 2.12 kullanılarak elde edilebilir .

Oranı 1.0 olanlar için denklem 2.11 kullanılmalıdır; oranları 1.0 ve 1,5 arasında değişen paneller için de doğrusal interpolasyon yapılabilir.

$$l/h > 1.5 \text{ için } a = \frac{0.0835 CD}{\lambda_1 H} \quad 2.574 \quad (2.11)$$

$$C = -0.3905 \left| \frac{l}{h} \right| + 1.7829 \quad (2.12)$$

$$l/h = 1.0 \text{ için } a = 0.1106D \left| 1 + \frac{6.027}{\lambda_1 H} \right| \quad (2.13)$$

Eğer hala oluşan boşluklar varsa ve l veya dolgu bozuklukları varsa, eşdeğer çubuk kalınlıkları Denklem 2.12 'ye indirgenmelidir.

$$a_{\text{azaltılan}} = a \cdot (R_1)_i \cdot (R_2) \quad (2.14)$$

$(R_1)_i$ = Delikli paneller bölümünde tarif edildiği gibi azaltma faktörünün tanımlanan boşluk durumuna göre değerlendirilmesi

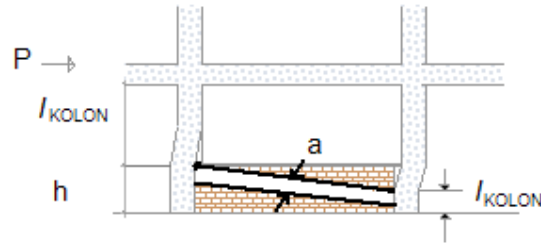
$(R_2)_i$ = Azaltma faktörünün varolan dolgu bozukluklarına göre değerlendirilmesi

Denklem 2.9 ve 2.11 de verilen eşdeğer çubuk kalınlığının ifadesi dolgu panellerinin elastik rijitliğini göstermek üzere çıkarılmasına rağmen, bu doküman bunların kullanımını kapsamına alarak dolgu yapıların son kapasitesine karar verir. Çubuğun mukavemet parametreleri dolgunun özelliklerine uygun olmalıdır. Doğrusal olmayan statik prosedürlerde, dolgu yapıların kapasitesine karar verebilmek için çoğunlukla pushover analizine başvurulur.

2.9 Kısmen Dolgu Çerçevesel:

Kısmen dolgulu çerçeve olması durumunda, azaltılmış kolon boyu l_{kolon} , yükün geldiği yöndeki kolonda azaltılmış açıklık boyuna eşit olurken, yük altı yönündeki kolonda her zamanki kadar l_{kolon} olur (Şekil 2.11). Çubuk kalınlığı, indirilmiş dolgu yüksekliği h için Denklem 2.1'de kullanılarak Denklem 2.13'den hesaplanmalıdır.

Ayrıca hesaba alınması gereken tek azaltma faktörü $(R_2)_i$ 'dir, o da dolgu bozuklukları varsa kullanılır.



ŞEKİL 2.11 Kısımın Dolgulu Çerçeve

2.10 Delikli Paneller

Delikli duvar paneli olması durumunda, eşdeğer çubuğun davranışı tamamen dolgu çerçevelerde olduğu gibidir. Bundan dolayı, eksantrik çubuk kiriş yüzünden I_{kolon} uzaklığında Şekil 6'da gösterildiği gibi yerleştirilmelidir.

Eşdeğer çubuk kalınlığı, a , açıklıkta kaybedilen mukavemeti hesaba almak için bir azaltma faktörüyle çarpılmalıdır. Azaltma faktörü, $(R_1)_i$; Denklem 2.15 kullanılarak hesaplanır.

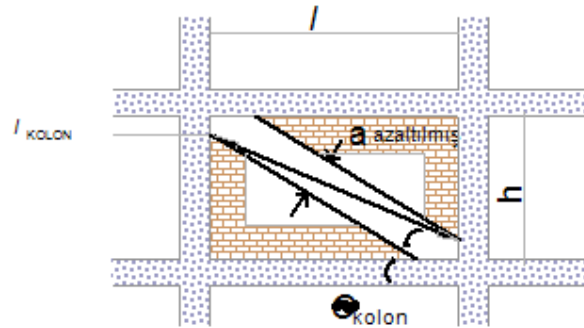
$$(R_1)_i = 0.6 \frac{(A_{boşluk})^2}{(A_{boşluk})^2} + 1.6 \frac{(A_{açıklık})}{(A_{panel})} + 1 \quad (2.15)$$

Burada;

$A_{açıklık}$ = açıklığın alanı (cm^2)

A_{panel} = dolgu panelinin alanı (cm^2) = $l \cdot h$

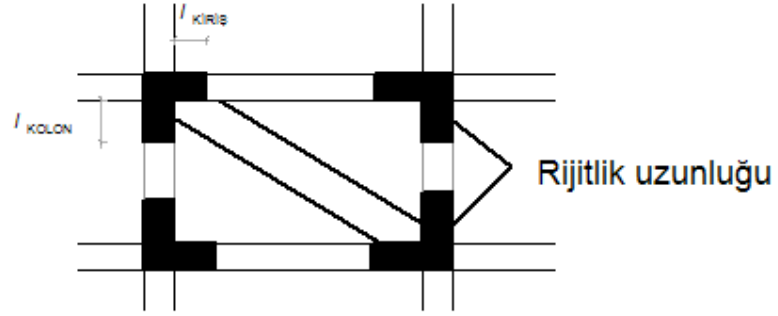
Not: Eğer açıklıkların alanı ($A_{açıklık}$), dolgu panelinin alanının (A_{panel}) %60'na eşitse ya da daha büyükse, dolgunun etkileri ihmal edilebilir. Örneğin, $(R_1)_i = 0$



ŞEKİL 2.12 Boşluklu Panel

2.11 Rijitlik Uzunluğu

Matematiksel modelde çeręeve elemanlarıyla çevrili panel içinde eşdeğer basınç çubuğu bulunduğunu da düşünürsek bu model çok esnek olacaktır. Bu esnekliğin giderilebilmesi için kolon ekseni ile kiriş ekseni arasındaki belirli bölge kabul edilerek çözüm yapılması uygun olur. Rijit bölge uzunluklarının dolgulu çeręevelerde gösterim şekli şekil 2.13 de gösterildiği gibidir.



ŞEKİL 2.13 Rijitlik Uzunluğunun Yerleri

2.12 Pushover Analizi

Dolgulu duvarların taşıma kapasitesinin hesaplanmasında değişik analiz yöntemleri mevcuttur. Bu çalışmada SAP2000 bilgisayar programı Pushover analiz yöntemi kullanılmıştır. SAP2000 pushover analizi kullanarak dolgulu çerçevelerin analizinde izlenmesi gerekli işlemler şu şekildedir;

1) Çerçeve elemanlarının geometri ve yapıdaki malzeme özellikleri verilmelidir. Bunlar : Geometri özellikleri h , H , l_b , l_c , h_b , h_c , l_{kol} , L , l malzeme özellikleri f_c' , f_y , E_c , E_s değerlerini içerir.

2) Dolgu panellerini temsil eden eşdeğer diyagonal basınç çubuğu tanımlanmalıdır. Eşdeğer diyagonal basınç çubuğun genişliği a , denklem 2.9 ve denklem 2.10 kullanılarak hesaplanır. Dolgu kısmi dolgu duvar veya boşluklu ise gerekli olan değişim katsayıları uygulanarak dolgu genişlikleri yeniden düzenlenmelidir.

3) Çerçevelerde oluşması beklenen plastikleşme durumlarının belirlenmesi gerekmektedir. Tek eksenli eğilme momentini içeren (M3) mafsalı (genellikle kirişlerde kullanılmaktadır), iki eksenli eğilme momenti ve eksenel kuvvetin etkileşimini içeren (PMM) mafsalı (genellikle kolon ve perdelerde kullanılmaktadır), sadece kesme kuvvetini içeren (V) mafsalı (genellikle kolon ve perdelerde kullanılmaktadır) ve sadece eksenel kuvveti içeren (P) mafsalıdır.

4) Eşdeğer diyagonal basınç çubukları için plastik mafsallar çubuğun ortasına yerleştirilir. Malzeme özelliklerinin oluşturduğu yük-deformasyon karakteristikleri için Şekil 2.4'deki elastoplastik davranış kabul edilir.

5) Dolguyu sınırlandıran çerçeve elemanlarının gerçeğe yakın olarak belirlenebilmesi için rijitlik bölge (rijit offset) uzunlukları çerçevenin düğüm noktalarında belirtilmelidir. Rijit bölge uzunluğu düğüm noktasından başlayarak kolon ve kiriş boyunca plastik mafsallarla kesişinceye kadar devam etmelidir.

6) Beklenen deprem kuvvetleri yapıya eşdeğer deprem yükleri olarak kat hizalarında etkileyecektir.

7) Sıfır değerinden başlayarak statik yük artımı (Pushover) yöntemi kullanılarak, plastik mafsallaşma yerleri ve yük deplasman değerleri belirlenmelidir.

Bu işlemler dizisi kullanılarak, dolgulu çerçevelerin yatay yük taşıma kapasiteleri belirlenebilir.

Yukarıda sayılan bu işlemler ve bilgiler 3. bölümde sayısal örnek üzerinde gösterilmiştir.

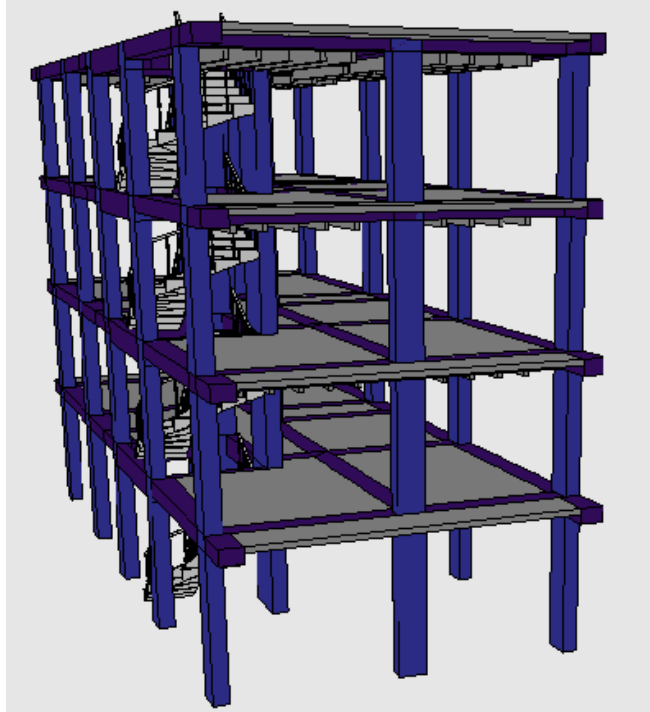
SAYISAL ÖRNEK

3.1 Tanıtım

Genel amaçlı sonlu elemanlar ile yapılacak olan dolgulu betonarme çerçevenin çözümünde kapasite eğrisi oluşturulmaya çalışılmıştır.Yapısal analiz programı (SAP2000) yük artımı (pushover) analizi kullanılarak dolgu düzensizlik durumları dört katlı bir çerçeve örneğinde incelenecektir.ilk önce tüm açıklıklarında dolgunun bulunmadığı durum için çözüm gerçekleştirilecek.Sonra projesine göre dolgulu olması ve kapı pencere boşluklarının düzenlenmesi durumu için çözümler karşılaştırılacaktır.Örnek yapıda ilk başta hiçbir dolgu elemanında hasar olmadığı kabul edilir.

Şekil 3.1'de incelenecek çerçeve şekli gösterilmektedir.Boşluk durumu ve Şekil 3.2 de açıklandığı gibidir.

Çerçevenin, dolgu duvarın ve açıklıkların boyutları ve fiziksel özellikleri çizelge 3.1'de verildiği gibidir.



ŞEKİL 3.1 Binanın Dış Görünümü



ŞEKİL 3.2 Boşluklu Dolgulu Çerçeve

ÇİZELGE 3.1 Çerçeve - Dolgu Özellikleri

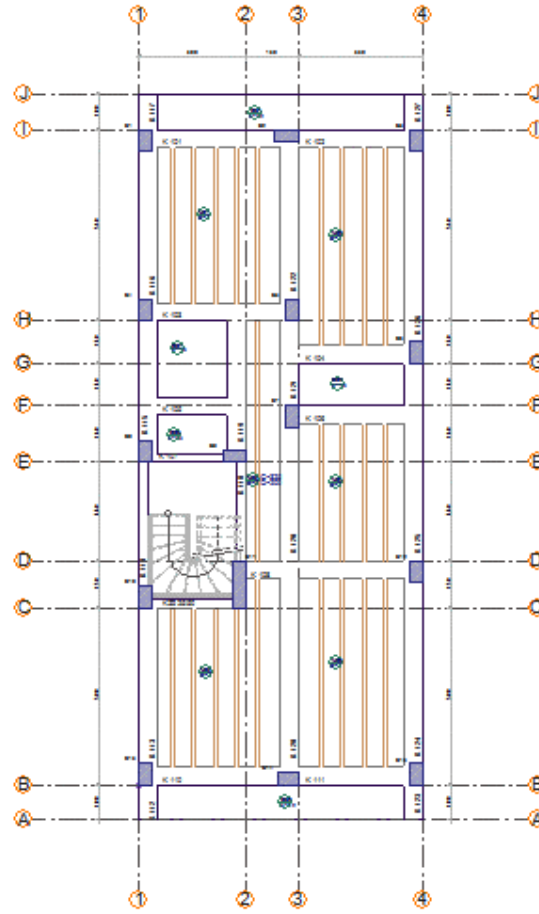
ÇERÇEVE	DOLGU	BOŞLUK
$E_c = 296000 \text{ kgf / cm}^2$	$E_m = 7138 \text{ kgf / cm}^2$	$h_{\text{kapı}} = 220 \text{ cm}$
$f'_c = 300 \text{ kgf / cm}^2$	$f'_m = 5 \text{ kgf / cm}^2$	$b_{\text{kapı}} = 90 \text{ cm}$
$f_y = 4200 \text{ kgf / cm}^2$	$f'_v = 1.5 \text{ kgf / cm}^2$	$h_{\text{pencere}} = 150 \text{ cm}$
$h_{\text{kol}} = 60 \text{ cm}$	$\theta = 0.943 \text{ rad}$	$b_{\text{pencere}} = 140 \text{ cm}$
$b_{\text{kol}} = 35 \text{ cm}$		$A_{\text{kapı}} = 19800 \text{ cm}^2$
$I_{\text{kol}} = 630000 \text{ cm}^4$		$A_{\text{pencere}} = 21000 \text{ cm}^2$

Çözüm aşağıdaki adımlarda gerçekleştirilir.

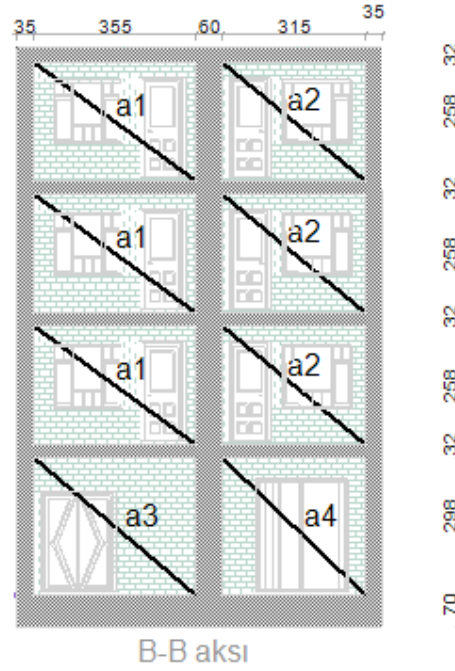
3.2 Çerçevenin Modellenmesi

Dolgunsuz çerçeve Çizelge 3.1 de verilen uygun ölçüler ve fiziksel özelliklere göre modellenecektir. Betonarme çerçeveler için standart modelleme yöntemine uygun olarak modellenmelidir.

Modelleme yapıldıktan sonra dolgu duvarları temsil eden eşdeğer basınç çubukları tanımlanmalıdır. Dolguların büyük bir bölümü tam dolgu olduğundan ilk önce eşdeğer diyagonal basınç çubuğu tam dolgulu duvarları temsil edecek şekilde tasarlanmalıdır. Sonra dolgu duvarlardaki boşluk durumları için genişlikler azaltma faktörleri kullanılarak hesaplanabilir. Şekil 3.3'de gösterilen kalıp planına göre her aks için akslardaki dolgu duvarların eşdeğer basınç çubuğu hesabı yapılmıştır.



ŞEKİL 3.3 Kalıp Planı



Eşdeğer basınç çubuğu genişliği Denklem 2.9 veya 2.10 kullanılarak hesaplanır.Önce B-B aksında bulunan "a1" eşdeğer basınç çubuğu $\lambda_1 H$ değeri Çizelge 3.1'deki bilgilerden yararlanılarak denklem 2.9 kullanılarak belirlenir.

$$\lambda_1 H = H \left| \frac{E_m t \sin 2\Theta}{4E_c l_c h} \right|^{1/4} = 290 \left| \frac{7138 \times 20 \times 0.950}{4 \times 296000 \times 630000 \times 258} \right|^{1/4} = 1.49$$

$$a = 0.175 D (\lambda_1 H)^{-0.4} = 0.175 \times 439 \times (1.49)^{-0.4} = 65.49$$

Pencere ve kapı boşluğu olduğu için eşdeğer basınç çubuğu genişliği hesabında azaltma faktörü R_1 değeri uygulanmalıdır.Bundan sonrada basınç çubuğunun azaltılmış genişliği aşağıdaki gibi denklem 2.14'den hesaplanır.

$$(R_1)_i = 0.6 \times \left(\frac{40800}{91590} \right)^2 - 1.6 \times \left(\frac{40800}{91590} \right) + 1$$

$$(R_1)_i = 0.4068$$

$$a_{azaltılmış} = 65.49 \times (0.4068) \times (1.0)$$

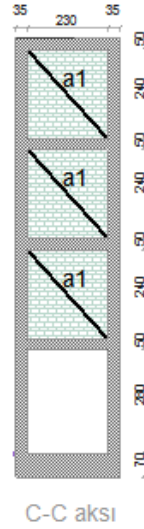
$$a_{azaltılmış} = 26.64 \text{ cm}$$

Her açıklık için yukarıdaki işlemler sırayla yapılarak a değerleri hesaplanmıştır ve bunun sonucunda B-B aksı için Çizelge 3.2'de değerler elde edilmiştir.

ÇİZELGE 3.2 B-B aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları

	a (cm)	a_{azaltılmış}
a ₁	65.49	26.64
a ₂	60.72	21.13
a ₃	66.47	34.70
a ₄	62.31	19.81

C-C aksında bulunan her eşdeğer basınç çubuklarının yerleri aşağıdaki gibidir.

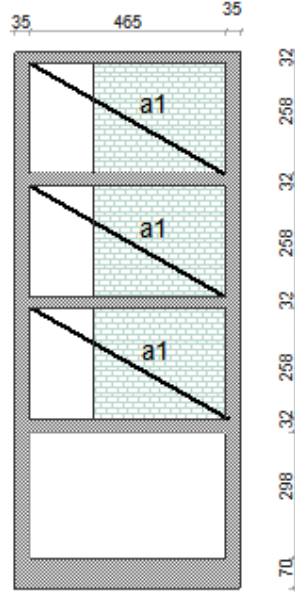


Her açıklık için ayrı ayrı yapılan hesaplamalar sonucunda C-C aksı için bulunan "a" değerleri Çizelge 3.3'de gösterilmiştir.

ÇİZELGE 3.3 C-C aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları

	a (cm)	a_{azaltılmış}
a ₁	49.14	-

D-D aksında bulunan eşdeğer basınç çubuklarının yeri aşağıdaki gibidir.



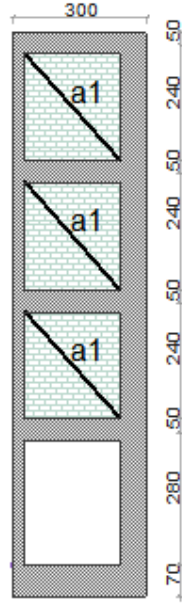
D-D aksı

Her açıklık için ayrı ayrı yapılan hesaplamalar sonucunda D-D aksı için bulunan “a” değerleri Çizelge 3.4’de gösterilmiştir.

ÇİZELGE 3.4 D-D aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları

	a (cm)	a azaltılmış
a ₁	84.98	46.48

E-E aksında bulunan eşdeğer basınç çubuklarının yeri aşağıdaki gibidir.



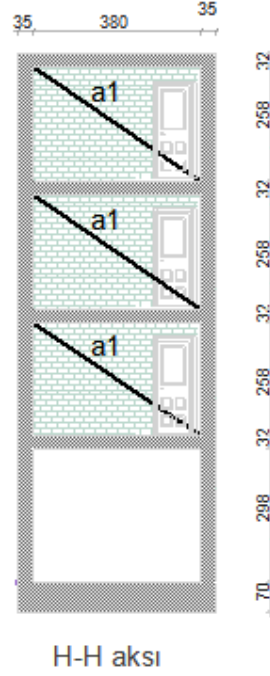
E-E aksı

Her açıklık için ayrı ayrı yapılan hesaplamalar sonucunda E-E askı için bulunan “a” değerleri Çizelge 3.5’de gösterilmiştir.

ÇİZELGE 3.5 E-E Aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları

	a (cm)	a_{azaltılmış}
a ₁	47.66	-

H-H aksında bulunan eşdeğer basınç çubuklarının yeri aşağıdaki gibidir.

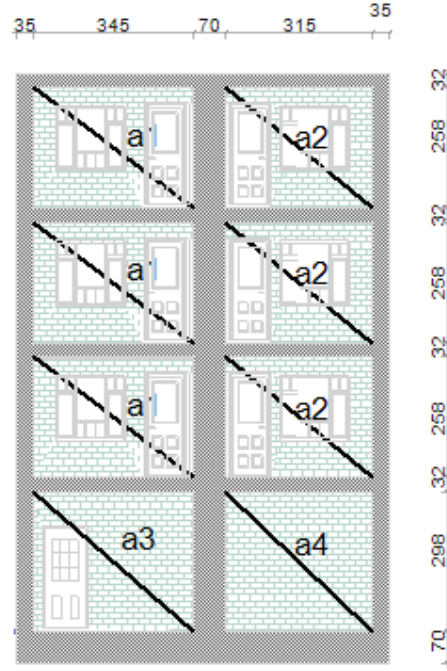


Her açıklık için ayrı ayrı yapılan hesaplamalar sonucunda H-H aksı için bulunan "a" değerleri Çizelge 3.6'da gösterilmiştir.

ÇİZELGE 3.6 H-H Aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları

	a (cm)	a azaltılmış
a ₁	73.32	51.40

I-I aksında bulunan eşdeğer basınç çubuklarının yeri aşağıdaki gibidir.



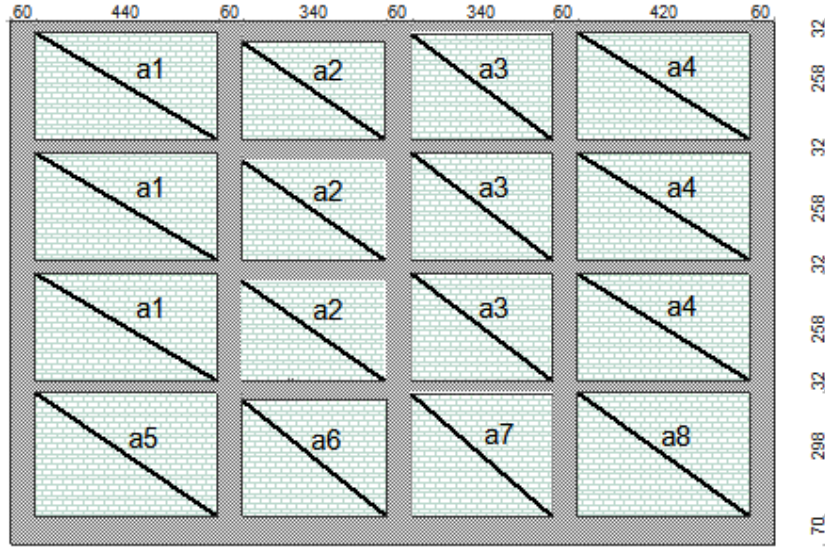
I-I aksı

Her açıklık için ayrı ayrı yapılan hesaplamalar sonucunda I-I aksı için bulunan “a” değerleri Çizelge 3.7’de gösterilmiştir.

ÇİZELGE 3.7 I-I Aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları

	a (cm)	a_{azaltılmış}
a ₁	64.15	25.21
a ₂	60.72	21.13
a ₃	65.47	33.32
a ₄	62.31	-

1-1 aksında bulunan eşdeğer basınç çubuklarının yeri aşağıdaki gibidir.



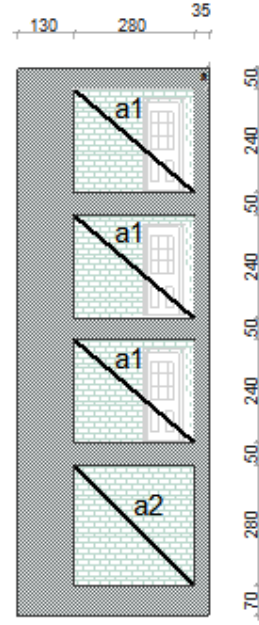
1-1 aksı

Her açıklık için ayrı ayrı yapılan hesaplamalar sonucunda 1-1aksı için bulunan “a” değerleri Çizelge 3.8’de gösterilmiştir.

ÇİZELGE 3.8 1-1 Aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları

	a (cm)	a_{azaltılmış}		a (cm)	a_{azaltılmış}
a ₁	76.09	-	a ₅	76.24	-
a ₂	62.31	-	a ₆	64.30	-
a ₃	63.56	-	a ₇	64.75	-
a ₄	73.55	-	a ₈	73.94	-

2-2 aksında bulunan eşdeğer basınç çubuklarının yeri aşağıdaki gibidir.



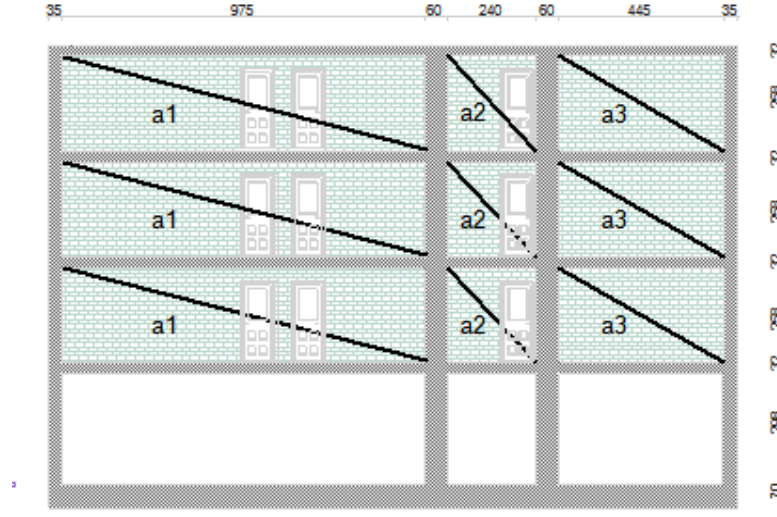
2-2 aksı

Her açıklık için ayrı ayrı yapılan hesaplamalar sonucunda 2-2 aksı için bulunan "a" değerleri Çizelge 3.9'da gösterilmiştir.

ÇİZELGE 3.9 2-2 Aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları

	a (cm)	a_{azaltılmış}
a ₁	54.61	-
a ₂	56.58	-

3-3 aksında bulunan her eşdeğer basınç çubuklarının yeri aşağıdaki gibidir.



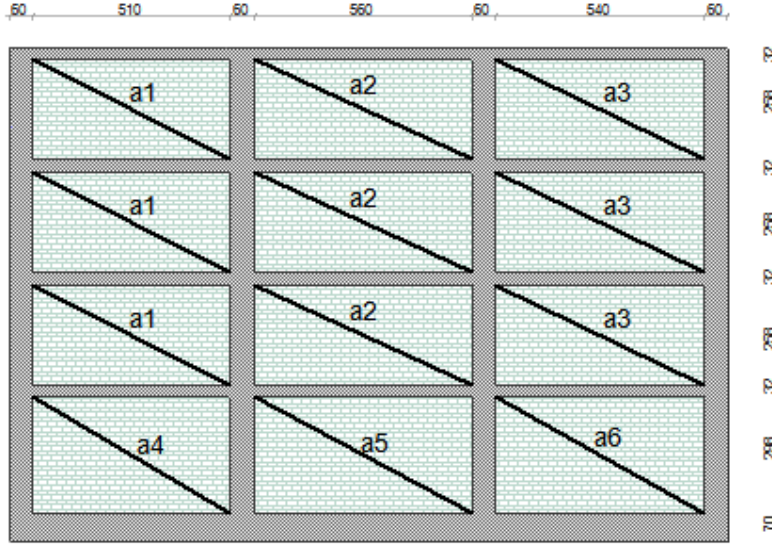
3-3 aksı

Her açıklık için ayrı ayrı yapılan hesaplamalar sonucunda 3-3 aksı için bulunan "a" değerleri Çizelge 3.10'da gösterilmiştir.

ÇİZELGE 3.10 3-3 Aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları

	a (cm)	a_{azaltılmış}
a ₁	161.18	122.98
a ₂	56.23	30.92
a ₃	82.11	-

4-4 aksında bulunan eşdeğer basınç çubuklarının yeri aşağıdaki gibidir.



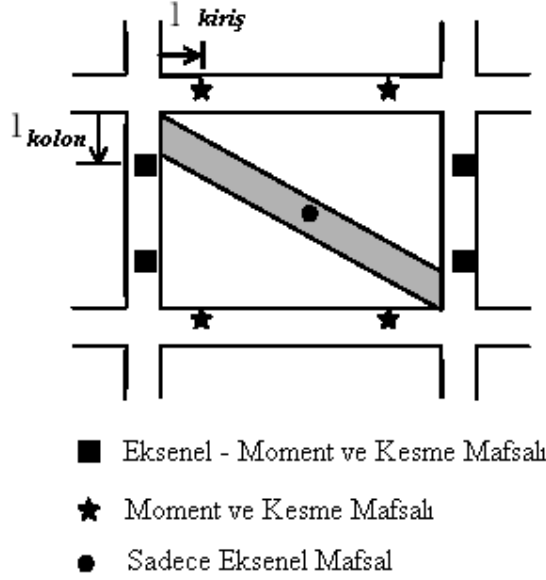
4-4 aksı

Her açıklık için ayrı ayrı yapılan hesaplamalar sonucunda 4-4 askı için bulunan “a” değerleri Çizelge 3.11’de gösterilmiştir.

ÇİZELGE 3.11 4-4 Aksındaki Eşdeğer Çubuk Kalınlıkları

	a (c m)	a azaltılmış		a (c m)	a azaltılmış
a₁	85.34	-	a₄	84.85	-
a₂	92.05	-	a₅	91.03	-
a₃	89.22	-	a₆	88.59	-

Daha sonra çerçevenin olası zayıf noktalarını temsil etmesi için plastik mafsalları yukarıda belirttiğimiz şekilde tanımlarız ve yerlerini program otomatik olarak tanımlanmalıdır.Çubuk sadece aksenal basınç kuvveti tarafından kontrol edildiği kabul edilir. Şekil 3.4 örnek bir panellin etrafındaki mafsal tiplerinin yerleşimini göstermektedir.



ŞEKİL 3.4 Plastik Mesnetlerin Yerleşimi

En son yatay yükler ve pushover işlemleri tanımlanmalıdır.

3.3 Analiz Sonuçları

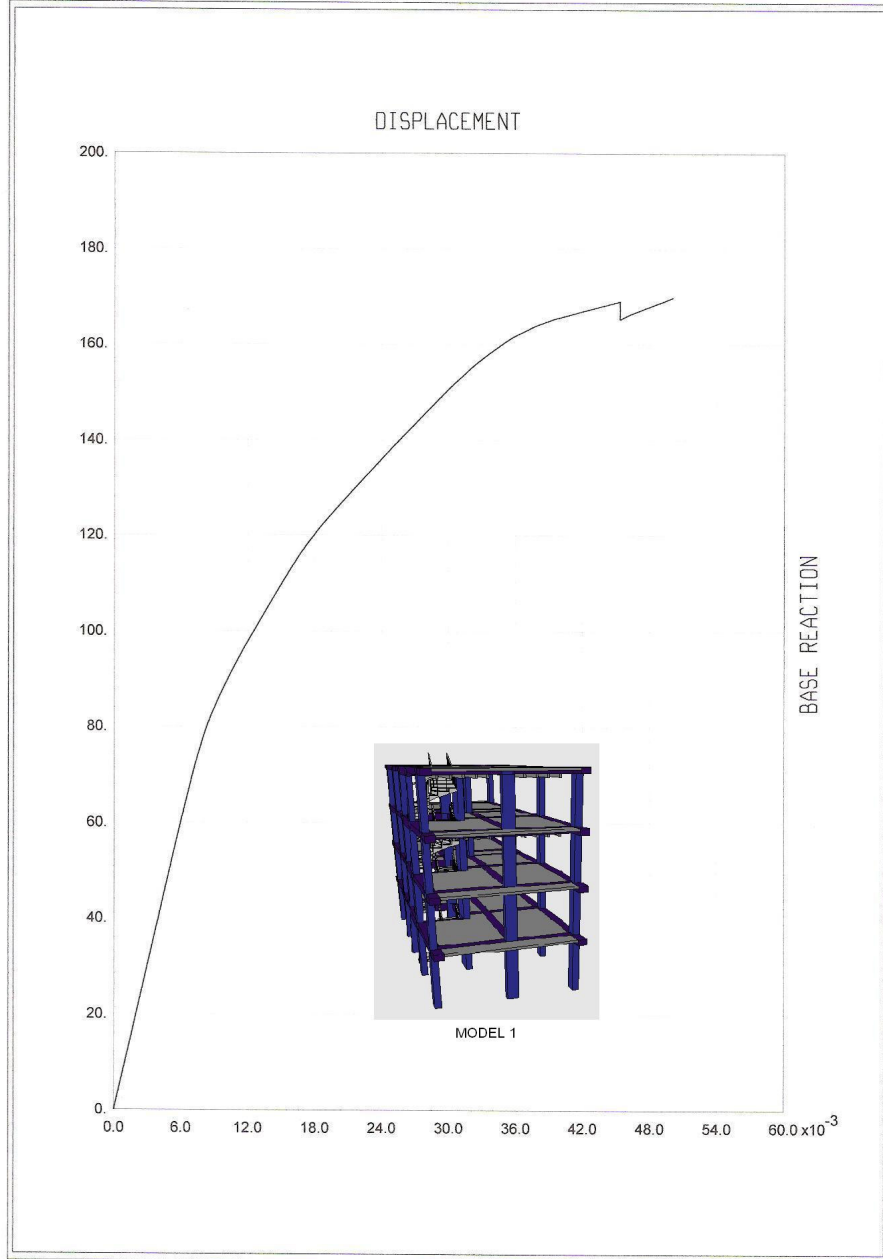
Boş çerçeve ve dolgu duvarlı çerçeve durumları için değişik yük dağılım durumuna göre statik pushover analizleri yapıldıktan sonra oluşturulan pushover eğrileri ve grafikler sunulmaktadır.

3.4 Çözümü Yapılan Modellerin Tanıtımı

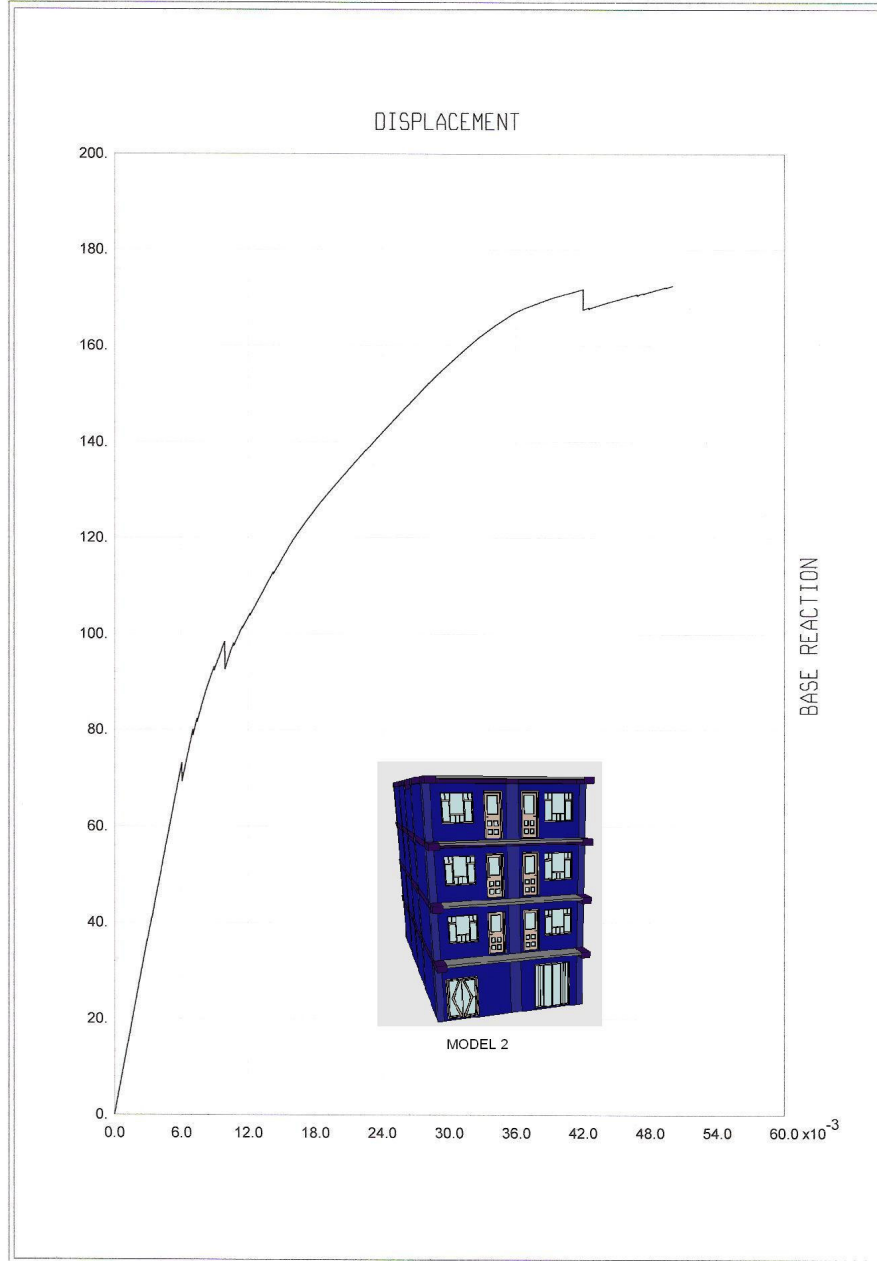
- Model 1** 4 katlı betonarme binada dolgu duvarlarının olmadığı kabul edilerek modellenmiştir.
Model 2 4 katlı dolgu duvarlı betonarme binanın kapı ve pencere boşlukları dikkate alınarak modellenmiştir.
Model 3 3 katlı betonarme binada dolgu duvarlarının olmadığı kabul edilerek modellenmiştir.
Model 4 3 katlı dolgu duvarlı betonarme binanın kapı ve pencere boşlukları dikkate alınarak modellenmiştir.
Model 5 2 katlı betonarme binada dolgu duvarlarının olmadığı kabul edilerek modellenmiştir.
Model 6 2 katlı dolgu duvarlı betonarme binanın kapı ve pencere boşlukları dikkate alınarak modellenmiştir.

3.5 Grafikler

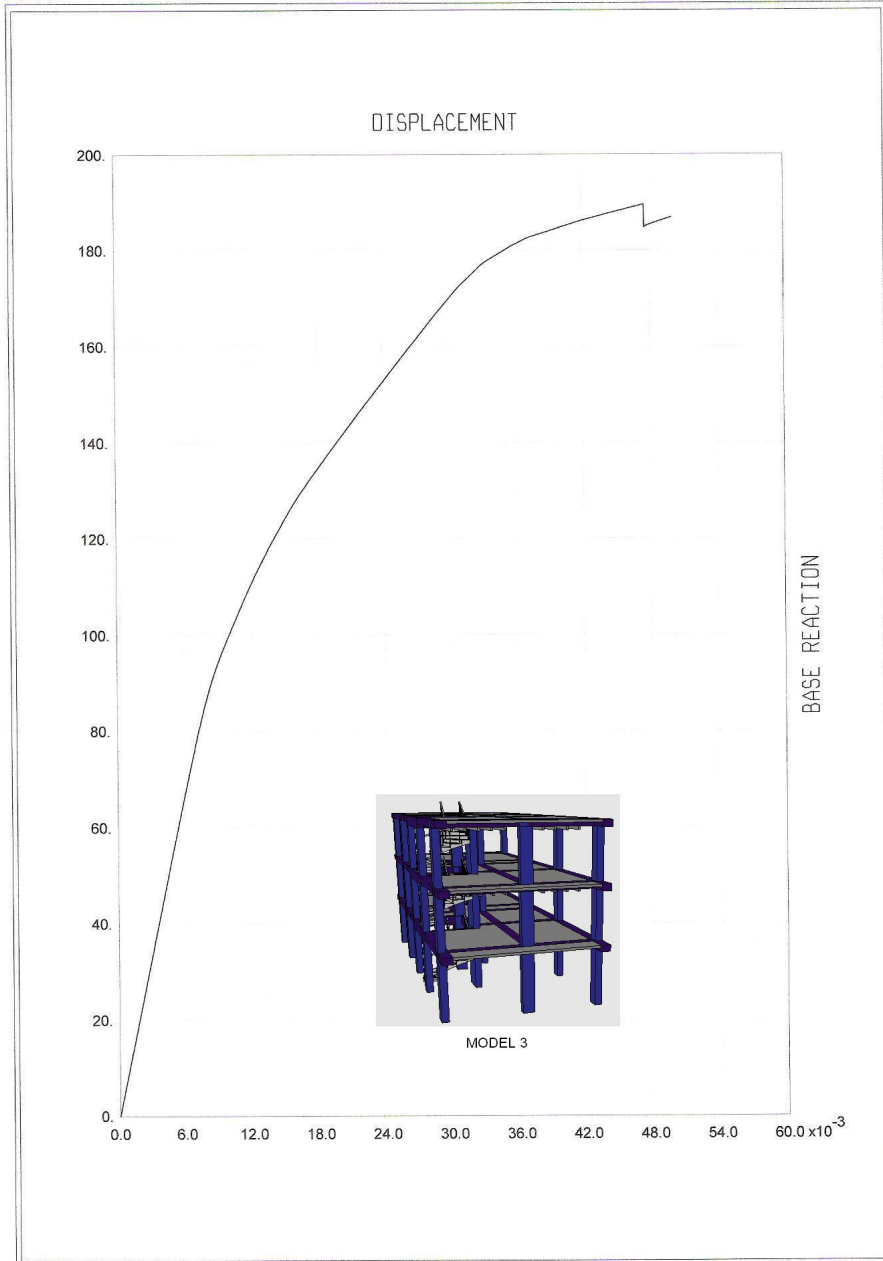
Bu kısımda sap 2000 Bilgisayar Programı kullanılarak Pushover eğrileri birbirleriyle karşılaştırılmıştır.



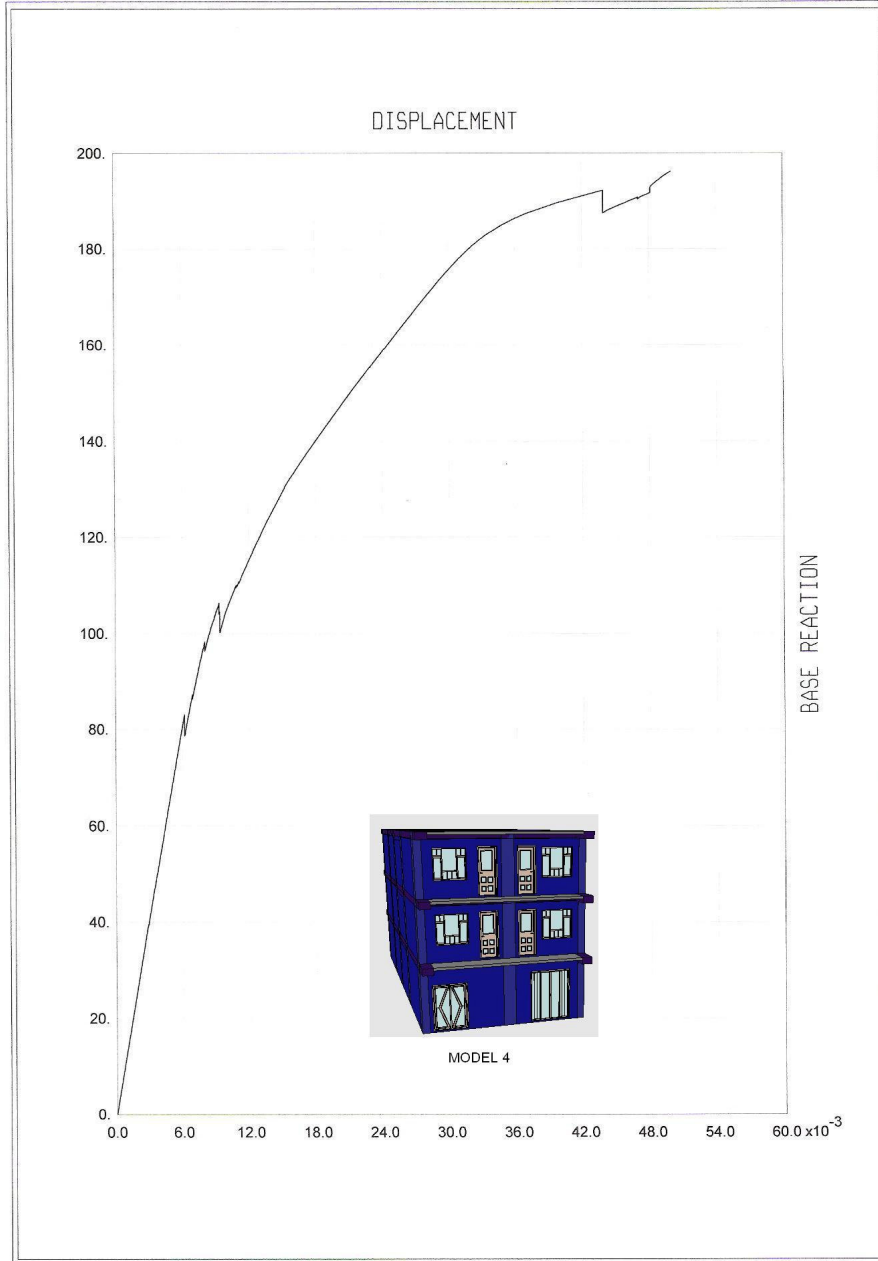
SAP2000 v9.0.1 - File:betonarme çerçeve - Ton, m, Ç Units
Pushover Case PUSH-0.9G+Ex



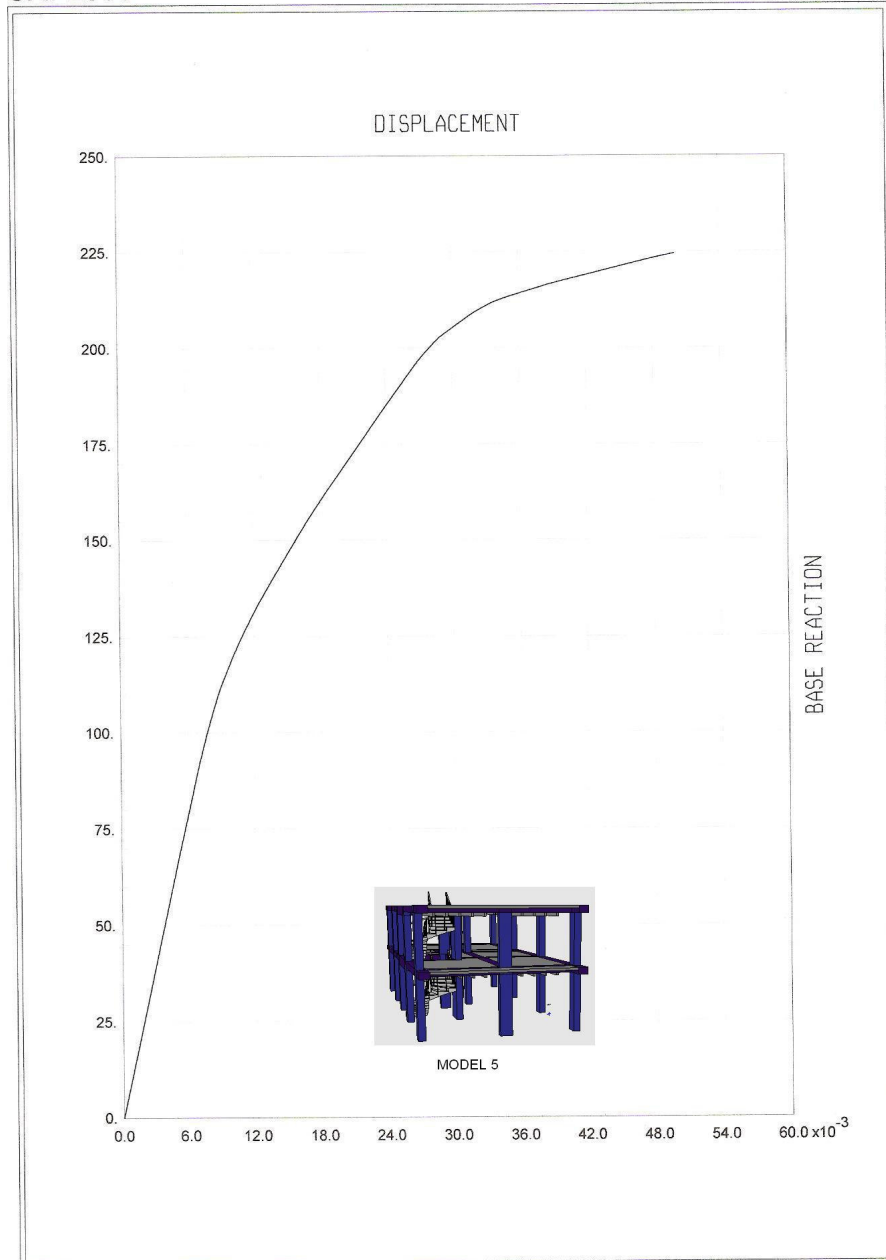
SAP2000 v9.0.1 - File:dolgulu betonarme çerçeve - Ton, m, C Units
Pushover Case PUSH-0.9G+Ex



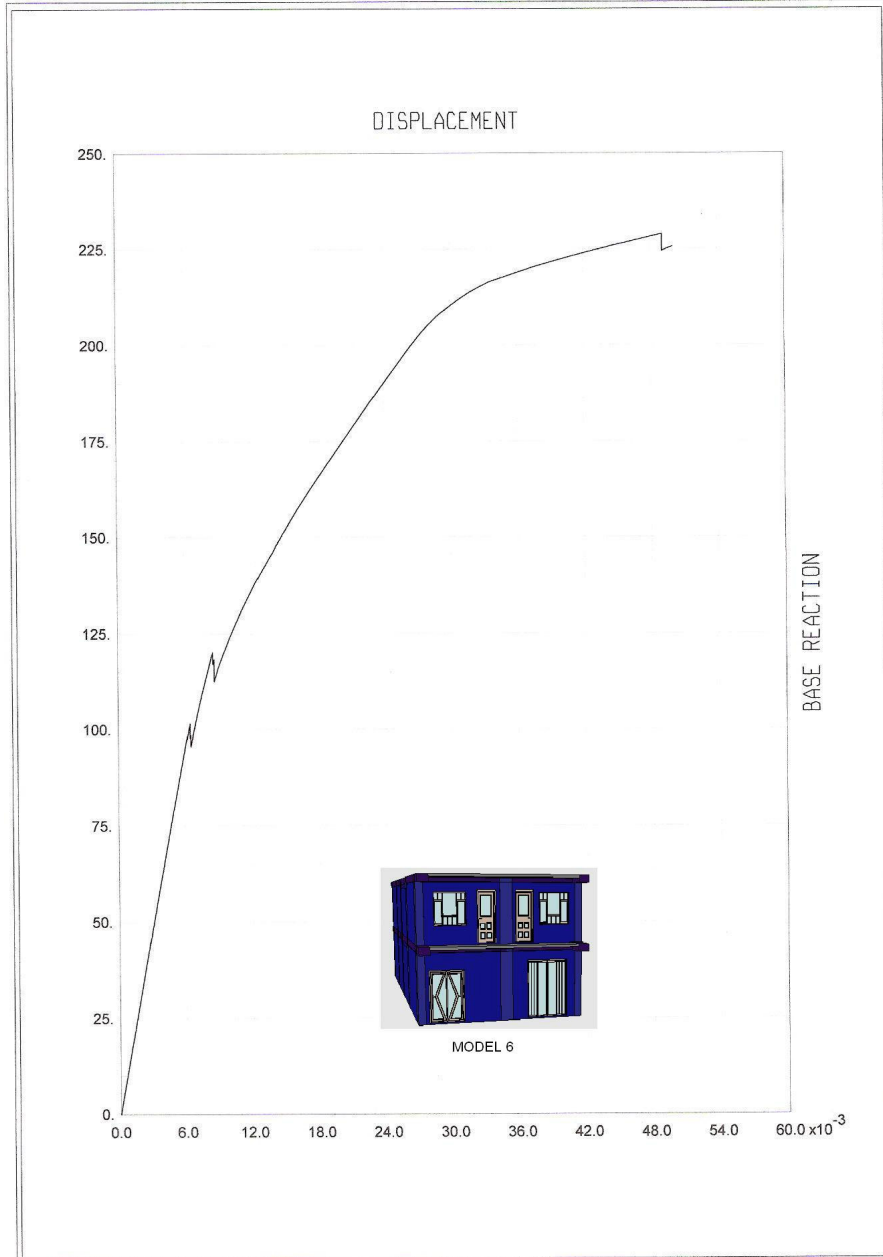
SAP2000 v9.0.1 - File:betonarme çerçeve - Ton, m, C Units
Pushover Case PUSH-0.9G+Ex



SAP2000 v9.0.1 - File:dolgulu betonarme çerçeve - Ton, m, C Units
Pushover Case PUSH-0.9G+Ex



SAP2000 v9.0.1 - File:betonarme çerçeve - Ton, m, C Units
Pushover Case PUSH-0.9G+Ex



SAP2000 v9.0.1 - File:dolgu lu betonarme çerçeve - Ton, m, C Units
Pushover Case PUSH-0.9G+Ex

3.6 Modellerin Çözümlerinden Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

Elde edilen sonuçları daha iyi değerlendirebilmek için aşağıdaki çizelge yardımcı olmaktadır.

Model Numarası	IP	Uu
Model 1	169.59	0.0499
Model 2	172.35	0.0499
Model 3	187.10	0.0499
Model 3	197.24	0.0499
Model 5	224.65	0.0499
Model 6	231.57	0.0499

Burada verilen;

IP : Kapasite kuvveti

Uu :Kapasite ötelemesi'dir.

Yukarıda ki tabloda sunulan SAP 2000 programının pushover analizi sonuçları kullanılarak elde edilen pushover eğrilerinde de görülebileceği gibi dolgu duvar etkisi hesaba katılmadan önceki kapasite kuvveti sonuçlarıyla hesaba katıldığı durum arasında %5 bir artış olduğu bulunmaktadır.Bu yaklaşımla, dolgu duvarların rijitlik ve mukavemet katkısını ihmal eden hesap metotları ile yapılacak yapı hesaplarının güvenilirliğinin,en azından tartışmalı olduğu söylenebilir.

4-SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Ülkemizde olduğu gibi , deprem kuşağı üzerinde bulunan ülkelerin,depremle ilgili her türlü konuyu araştırmaları ve imkanlar ölçüsünde bu araştırmaların sonuçlarını uygulamaya geçirmeleri gerekmektedir.Dolgu duvarlar hakkında gerek bugüne kadar yapılan araştırmalar,gerekse bu çalışma , bu konu ile ilgili standartların oluşturulmasının gerekliliğini ortaya koymuştur.

Mühendislik açısından çözülmüş gözükmesede , dolgu duvarların etkilerinin ihmal edilmesi , bazı yapıların çözümlerinde yapı emniyeti açısından rahatsız edici olmayabilir.Öte yandan, dolgu duvarların yapının dinamik özelliklerini değiştirdiği , elemanların tahmin edilenden çok daha büyük atalet kuvvetleri çekmesine neden olduğu ve ayrıca yapının davranışını karmaşık hale getirdiği açıktır. Bu nedenle dolgu duvarların etkilerini ihmal eden çözüm yöntemleri, bazı yapı elemanlarının daha güvensiz boyutlandırılmış olması sonucunu doğurabilir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara dayanarak, dolgu duvarlı çerçeve sistemlerinin tasarımı için , ortaya güvenilir bir standart konuluncaya kadar, yapıların en azından .bir kez duvarların katkıları ihmal edilerek , bir kez de dolgu duvarların katkıları gözetilerek hesaplanıp, her iki hesabın belirlediği en elverişsiz kesit tesirleri altında elemanların boyutlandırılması ve donatı seçimi yerinde bir yaklaşım olur . Dolgu duvarların etkileri , çalışmada anlatıldığı gibi , eşdeğer basınç diyagonalleri olarak yapı modeline konulmak suretiyle dikkate alınabilir. Diğer taraftan bu tür bir çözüm gerçekleştirilse dahi, ülkemizde çok sık karşılaşılan,yapının mimarisini değiştirmek amacıyla , bilinçsizce , mevcut dolgu duvarların yıkılmasına ve mimari plandan farklı yerlere duvar örülmesine izin verilmemesi yerinde olur.

Dolgulu duvarlarının , çatlama ve göçme safhalarında tükettikleri sismik enerjiyle , yapıya geçen kinetik enerjinin kısa zamanda tüketilerek veya küçültülerek yapının daha ağır hasarlar görmemesini sağladığı da bilinir. Yani , bölme duvarları , pratik olarak yapının gerek elastik (küçük depremler) , gerekse plastik (büyük depremler) davranışında yapıya olumlu katkıda bulunabilir. Önemli olan duvar katkısını , aşırıya kaçmadan doğru ve emniyetli bir yaklaşımla tahmin edebilmektedir.

Özellikle servis yükleri ve olağan küçük yer sarsıntıları halinde dolgu duvarlarının yapı rijitliğine katkısının yüksek oluşu dikkate alınarak yapıda simetrik olmayan dolgu duvarı düzenlerinden kaçınılmalıdır.

Literatürde sıkça yer alan “kısa kolon” davranışı ile kolonların kesme hasarı görmesini önlemek bakımından kısmi dolgulu ve özellikle dolgu ile giriş arasında basık bant pencereleri oluşturacak şekilde duvar düzenlerinden kaçınılmalıdır.Ülkemizin büyük bölümünün önemli deprem kuşakları üzerinde bulunduğunu başta mimari tasarımcılar ve mühendisler gözardı etmemelidir . Kısa kolon teşkili mutlak gerekmişse, yapının bu kısmının mukavemet ve düktilitesini donatı tedbirleriyle (sık etriye gibi) arttırmak gerekir.

5-KAYNAKLAR

1. Polyakov, S.V., "On The Interaction Between Masonry Filler Walls and Enclosing Frame When Loaded In The Plane Of The Wall," Translations in Earthquake Engineering Research Institute, 1952.
2. Benjamin,C.S. and Williams, H.A. (1957). "The behaviour of one-story reinforced Concrete shear walls . Proceedings of A.S.C.E., Cilt83,No:S.T.3,Makale No:1254
3. Holmes , M. (1961) " Steel frames with brickwork and concrete infilling " proc. , Instn. Of Civ. Engrs. , London, England, Part 2, Vol.65 , 749-760
4. Stafford-Smith, B., "Lateral Stiffness of Infilled Frames," Journal of the Structural Division,ASCE, Vol. 88, December 1962.
5. Smith , B.S. (1967) Lateral Stiffness of infilled frames . ASCE Structural Division Journal pp183- 199 .
6. Mallick D.V. and Severn R.T. (1967) The Behaviour of infilled Frames under static loading . Institution of Civil Engineering, Vol 38 pp 639-956
7. Stafford-Smith, B., and C. Carter, "A Method of Analysis for Infilled Frames," Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Vol. 44, 1969.
8. Ersoy U. , Uzsoy Ş.,Aktan E. (1971) Dolgulu Çerçevesi davranış ve mukavemeti . Tübitak , Proje MAG-205, Ankara
9. Klingner, R.E., and V. Bertero, Infilled Frames in Earthquake-Resistant Construction, Report No. EERC 76-32, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, December 1976.
10. Mustafa Düzgün (1988) Dolgu Duvarlı Düzlemsel Çerçevesi Farklı Yükleme Altındaki Davranışının Analizi için Yaklaşık bir Hesap Yöntemi . Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi .
11. T. Aydan Erkaya (1996) Betonarme çerçeve yapılarında dolgu duvarların deprem davranışına etkisi. Yüksek Lisans Tezi. İ.T.Ü.
12. Ersin Murat Değer (1996)In Patial fulfillment of the requirements . Yüksek lisans Tezi,O.D.T.Ü.
13. Cem Cemal Erdem (1998) Tuğla dolgulu çerçevesi yanıl yükler altında nümerik analizi . Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi
14. A. Karaduman (1998). Dolgu duvarlarının çerçevesi yatay yükler altındaki davranışlarına etkileri. Doktora Tezi.Selçuk üniversitesi
15. Stafford-Smith, B., "Behavior of Square Infilled Frames," Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 92, February 1966.
16. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Vol. 49, June 1971.
17. Mallick ,D.V., and Garg,R.P. (1971). "The Behaviour of infilled frames under static loading." Proc.,Instn. Of Civ. Engrs.,London,England,Part2,Vol.38,639-656
18. Mallick, D.V., and R.P. Garg, "Effects of Openings on the Lateral Stiffness of Infilled Frames,"
19. Mainstone, R. J., "On the Stiffness and Strength of Infilled Frames," Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 1971.

20. Council on Tall Buildings and Urban Habitat, Structural Design of Tall Concrete and Masonry Buildings, Monograph, Vol. CB, 1978.
21. Klingner, R.E., and V. Bertero, "Earthquake Resistance of Infilled Frames," Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 104, June 1978.
22. FEMA 178, NEHRP Handbook for the Seismic Evaluation of Existing Buildings, FEMA, June 1992.
23. Paulay, T., and M.J.N. Priestley, Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley & Sons, 1992.
24. Proceedings from the NCEER Workshop on Seismic Response of Masonry Infill, Technical Report NCEER-94-0004, National Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York, Buffalo, March 1994.
25. Proceedings of the U.S.-Italy Workshop on Guidelines for Seismic Evaluation and Rehabilitation of Unreinforced Masonry Buildings, Technical Report NCEER-94-0021, National Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York, Buffalo, July, 1994.
26. Drysdale, R.G., A.A. Hamid, and L. R. Baker, Masonry Structures: Behavior and Design, Englewood Cliffs, NJ, 1994.
27. Angel, R., D.P. Abram, D. Shapiro, J. Uzarski, and M. Webster, Behavior of Reinforced Concrete Frames with Masonry Infills, Structural Research Series No. 589, UILU-ENG-94-2005, University of Illinois at Urbana, Illinois, March 1994.
28. Mehrabi, A. and M. Schuller, "Experimental Evaluation of Masonry-Infilled RC Frames," Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 122, No. 3, March 1996.
29. Angel, R. and J. Uzarski, "Estimating Transverse Strength of Masonry Infills," Proceedings of the World Advances in Structural Concrete and Masonry Conference, Chicago, IL, April, 1996.
30. FEMA 274, NEHRP Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA, October 1997.
31. Federal Emergency Management Agency (FEMA) 273, NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA, October 1997.
32. FEMA 310, Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings – A Prestandard, FEMA, January 1998.
33. Al-Chaar, G. and D. Abrams, "Parametric Studies on Seismic Behavior of Frame-Infill Systems," Proceedings of the Ninth Canadian Masonry Symposium, New Brunswick, Canada, June 2001.
34. Al-Chaar, G., G. Lamb, and D. Abrams, "Seismic Behavior of a Multistory and Multibay Frame-Infill System," Proceedings of the Ninth Canadian Masonry Symposium, New Brunswick, Canada, June 2001.
35. Al-Chaar, G., Non-Ductile Behavior of Reinforced Concrete

EK - 1 FEMA 356 TABLO 7.7

Table 7-7 Modeling Parameters and Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Reinforced Masonry In-plane Walls

f_{ae}/f_{me}	L/h_{eff}	$\rho_g f_{ye}/f_{me}$	c	d %	e %	Acceptable Drift Ratio (%) ¹				
						Performance Level				
						Component Type				IO %
						Primary		Secondary		
LS %	CP %	LS %	CP %							
Wall Components Controlled by Flexure										
0.00	≤ 0.5	0.01	0.5	2.6	5.3	1.0	2.0	2.6	3.9	5.3
		0.05	0.6	1.1	2.2	0.4	0.8	1.1	1.6	2.2
		0.20	0.7	0.5	1.0	0.2	0.4	0.5	0.7	1.0
	1.0	0.01	0.5	2.1	4.1	0.8	1.6	2.1	3.1	4.1
		0.05	0.6	0.8	1.6	0.3	0.6	0.8	1.2	1.6
		0.20	0.7	0.3	0.6	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6
	≥ 2.0	0.01	0.5	1.6	3.3	0.6	1.2	1.6	2.5	3.3
		0.05	0.6	0.6	1.3	0.2	0.5	0.6	0.9	1.3
		0.20	0.7	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4
0.038	≤ 0.5	0.01	0.4	1.0	2.0	0.4	0.8	1.0	1.5	2.0
		0.05	0.5	0.7	1.4	0.3	0.5	0.7	1.0	1.4
		0.20	0.6	0.4	0.9	0.2	0.3	0.4	0.7	0.9
	1.0	0.01	0.4	0.8	1.5	0.3	0.6	0.8	1.1	1.5
		0.05	0.5	0.5	1.0	0.2	0.4	0.5	0.7	1.0
		0.20	0.6	0.3	0.6	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6
	≥ 2.0	0.01	0.4	0.6	1.2	0.2	0.4	0.6	0.9	1.2
		0.05	0.5	0.4	0.7	0.1	0.3	0.4	0.5	0.7
		0.20	0.6	0.2	0.4	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4
0.075	≤ 0.5	0.01	0.3	0.6	1.2	0.2	0.5	0.6	0.9	1.2
		0.05	0.4	0.5	1.0	0.2	0.4	0.5	0.8	1.0
		0.20	0.5	0.4	0.8	0.1	0.3	0.4	0.6	0.8
	1.0	0.01	0.3	0.4	0.9	0.2	0.3	0.4	0.7	0.9
		0.05	0.4	0.4	0.7	0.1	0.3	0.4	0.5	0.7
		0.20	0.5	0.2	0.5	0.1	0.2	0.2	0.4	0.5
	≥ 2.0	0.01	0.3	0.3	0.7	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7
		0.05	0.4	0.3	0.5	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
		0.20	0.5	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3
Wall Components Controlled by Shear										
All cases ²	All cases ²	All cases ²	0.4	0.75	2.0	0.4	0.6	0.75	0.75	1.5

1. Interpolation shall be used between table values.

2. For wall components governed by shear, the axial load on the member must be less than or equal to $0.15 A_g f'_m$, otherwise the component shall be treated as force-controlled.

