

## DEPREME KARŞI TEK KATLI KARGİR YAPILARIN DAYANIMINI YÜKSELTECEK BİR YAPIM ÖNERİSİ

### A CONSTRUCTION PROPOSAL TO INCREASE THE RESISTANCE OF SINGLE-STOREY MASONRY BUILDINGS TO EARTHQUAKE EFFECT

E. Lomlu<sup>1</sup>

**Posta Adresi:** <sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü Yapı Üretimi Bilim Dalı 80750-Beşiktaş/İstanbul

**E-posta:** lomlu@yildiz.edu.tr

---

**ÖZ** Bu çalışma; taşıyıcı sistem davranışı ile temel mukavemet bilgileri ilişkilendirilerek kendi mimari konseptine ulaşan "konstrüktif" özgün bir çalışmayı kapsar.

Bilindiği gibi, dünyada ve özellikle Türkiye’de kırsal bölgelerdeki kargir binalar; daha çok konut, sağlık ocağı, okullar vb. fonksiyonlara uygun olarak genellikle tek katlı inşa edilmektedir. Türk afet yönetmeliğinde, sayısal analiz yapılmadan da; maks. ve min. belirleyici /sınırlayıcı ölçülerle inşa edilebilme izni verilen tek katlı kargir binalar, bu özellikleri ile "konstrüktif" binalar diye adlandırılabilir.

Çalışmanın birinci aşamasında; tek katlı kargir bir binanın genel davranışı incelenerek, tasarım kriterleri-yanal yük-farklı yönetmelikler ilişkisi saptanmıştır. Zorunlu tasarım girdilerinin tek katlı kargir binanın rijitliğine etkileri ve yanal kuvvetlere karşı yeterli dayanımının baskın kriterleri "etkileşimli akış şeması" üzerinde belirginleştirilmiştir.

İkinci aşamada; deprem etkisi altında bina dış duvarlarında oluşan, bilinen hasar türleri bir tabloda verilmiştir.

Üçüncü aşamada da; "konstrüktif" bir öneri sunulmuştur. Bu önerinin özü, rijitliği arttırılmış duvar geometrisinin bulunmasıdır. Tasarım gereği ortaya çıkan farklı duvarların plansal geometrileri, strüktürel rolleri sınıflandırılmış ve bu duvarların yanal yük karşısındaki ortak davranış gösterdiği "zayıf" bölge saptanmıştır. Bu bölgeye "konstrüktif" müdahale yapılarak duvarın yeni plansal geometrisi elde edilmiştir. Öneri kesitli duvar elemanı kendi yeni kesit geometrisinin "direnç" özelliklerini de tanımlayacağından; binaya gelen toplam deprem yükünden her farklı duvar ya da duvar parçası kendi kesit geometrisine bağlı olarak pay alacağından da hareketle, bu kesit geometrisi özelliği rijitlik düzeyi ile ifade edilmiştir. Kargir bir binada dayanım düzeyi onun rijitliği ile doğru orantılı artacağı ilkesine ilişkili olarak, elde edilen bu özellik sayısal analiz ile de tablo oluşturularak desteklenmiştir. Bu tablonun değerlendirilmesi ile öneri bütünsel duvarın olası üstünlükleri açıklanmıştır. Söz konusu öneri bütünsel duvarın "Mimari Tasarım" için farklı fonksiyonlara ve büyüklüklere bağlı olarak "plan şemaları" sunulmuştur. Önerilen bu konstrüktif çözüm ile inşa edilecek kargir bir binanın tasarım-dayanım ilişkisi tanımlanmıştır. Ayrıca, deprem etkisi dışında, farklı nedenlerden dolayı dış duvarlarda oluşan çatlaklarında öneri konstrüksiyon ile engellenebileceği şekillerle gösterilmiştir.

**ABSTRACT** *This paper encompasses an original "constructive" study which creates its own architectural concept by associating the behavior of a bearing system with basic resistance principles.*

*As it is known, masonry buildings in the world, especially in rural areas of Turkey are generally built with a single storey to function as housing, village clinic or schools etc.*

*The single-storey masonry buildings whose construction is allowed within limited measures according to the Turkish Disaster Regulations, without the necessity of a numerical analysis, can be defined as "constructive" buildings.*

*At the first stage of the study, the general behavior of a single-storey masonry building is analyzed and the relationships between design criteria, lateral load and different regulations are determined. The effects of basic design input on the rigidity of single-storey masonry buildings and the dominant criteria of its sufficient resistance to lateral loads is highlighted in "the interactive flow diagram".*

*At the second stage, the already known types of damages that occur on external walls under the earthquake effect are given in a table.*

*At the third stage, a "constructive" proposal is given. The essence of this proposal is about a wall geometry whose rigidity is increased. The horizontal geometry of different walls that are created as a result of design and their structural roles are classified, and then the "critical" region where the common behavior of these walls in response to lateral load is determined. This region is treated in a constructive manner and the new horizontal geometry of the wall is obtained. Since the wall element with a cross-section will define the "resistance" features of its new cross-section geometry, each wall or part of a wall will acquire a different portion of the total earthquake load that the building will receive, the cross-section geometry feature is expressed in terms of the rigidity level in the proposal. As the resistance of a masonry building is directly proportional to its rigidity, the feature obtained is supported by a table of numerical analysis. With the evaluation of this table, the possible superiority of the crosswall is explained in the proposal. The proposal in question presents the "plan schemes" of the crosswall for "Architectural Design" in terms of different functions and sizes. With the help of this proposal, the resistance-design of a masonry building to be built is defined. Moreover, it is proved in the given diagrams that the cracks occurring on external walls because of various reasons other than the earthquake effect can be avoided thanks to the proposed construction.*

## **GİRİŞ**

Depreme dayanıklı yapılar inşa etmek için gerekli kriterler ve alınması gereken önlemler; farklı depremlerde hasarlanmış binalar incelenerek elde edilen bulgulara bağlı olarak, deneme-yanılma yöntemiyle geliştirilmektedir. Her ne kadar laboratuvar deneyleriyle, farklı yöntemler kullanılarak inşa edilmiş binaların deprem etkisine karşı davranışı incelenebilse de, bu binaların deprem anında gerçek dayanımının gözlenmesinin çok yararlı olduğu kabul edilmelidir. Bu ise, bir bakıma, mevcut afet yönetmelik kurallarının

sinavdan geçmesi anlamındadır. Eğer bir bina, mevcut yönetmeliğe uygun inşa edilmesine karşın, depremde büyük hasar görmüş ise, bu durumda, mevcut yönetmeliğin yetersiz olduğu göz önüne alınmalıdır.

Elde edilen bulgular ile oluşturulan yönetmeliklerde, özellikle Türk Afet Yönetmeliği'nde, hem sayısal analizler yapılarak hem de oluşturulan genel konstrüktif kurallar ile, belirlenmiş maksimum ve minimum ölçülerle, inşa edilme izni verilen binalar vardır. Her iki yöntemin de yeterliliği kabul edilerek inşa edilme izni verilen binalar kargir binalardır. Bu binalar, bu özellikleriyle dikkat çekicidir. Dünyada, özellikle Türkiye'de, kırsal bölge binaları olarak bilinen kargir binalar; daha çok konut, sağlık ocağı, okullar vb. fonksiyonları kapsar ve çoğunlukla tek katlı inşa edilirler. Ucuza mal oluşları nedeniyle tercih edilmekte olan tek katlı kargir binalar, ağır olmaları ve yatay yüklere karşı dayanımlarının az olması nedeni ile depreme dayanıklı bina olarak önem arz etmektedirler. Yaşanmış depremlerden sonraki gözlemler de bu durumu onaylamaktadır. Ekonomik koşullar karşısında Türkiye'de de, dünyada da kargir bina yapımı süreceleceğinden, bu binaların mümkün olduğunca depreme dayanıklı yapılması, deprem karşısındaki davranışlarının bilinmesi ve dayanımlarının artırılması gerekmektedir.

Kargir binalar hem rijit olmaları, hem de çok gevrek malzemelerden inşa edilmeleri nedeniyle, depreme direnebilmeleri için yönetmeliklere uygun inşa edilmeleri gerekir. Yaşanmış depremlerden elde edilen sonuçlarla, sayısal analiz yapılmadan, maks. ve min. belirleyici ve sınırlayıcı ölçülerle inşa edilebilme izni verilen tek katlı kargir binalar; bu ilginç özellikleriyle "kostrüktif" binalar olmaktadır. Bu özellikten hareket edilerek yeni yöntemler ile tek katlı kargir binaların dayanımlarının daha da artırılacağı görülmektedir.

## **TEK KATLI KARGİR BİR BİNANIN GENEL DAVRANIŞI**

Deprem hareketine karşı tek katlı bir binanın davranış modeli Şekil 1'de gösterilmiştir [1]. Bina salınımı önce temelde başlar. Kargir bina güçlü bir temel üzerinde oturuyorsa, etkili olarak yatay kuvvetle direnç gösterir. Bu, kargir bir binanın rijit olmasından dolayıdır ve rijit bir binanın periyodu kısadır. Daha sonra çatı aynı davranışı tekrar eder. Salınım hareketi yatay bir yer değiştirmedir. Deprem hasarı, tek katlı bir kargir binanın üç bölgesinde ortaya çıkar (Şekil 2). Yatay sürtünme kuvveti ve yatay toprak basıncının kombinasyonu olarak temelde yeterli direnç oluşur (Şekil 2a). Kayma belirtisi, oldukça zayıf bağlanmış çatının yerini terk etmesi olan klasik bir durum olarak bina strüktürü içersinde aynı zamanda oluşur (Şekil 2b). Eğilme etkisinin bir formu devrilme hareketidir ve bu, binanın temeli ile beraber yada temel üstünden devrilmesi ile sonuçlanabilir (Şekil 2c) [2].

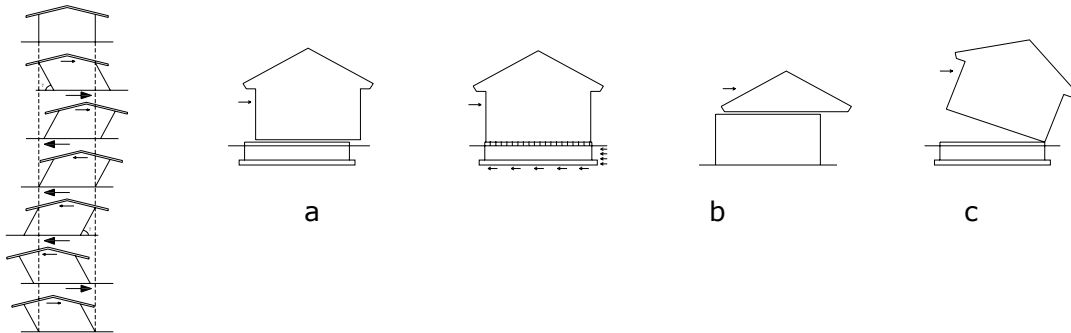
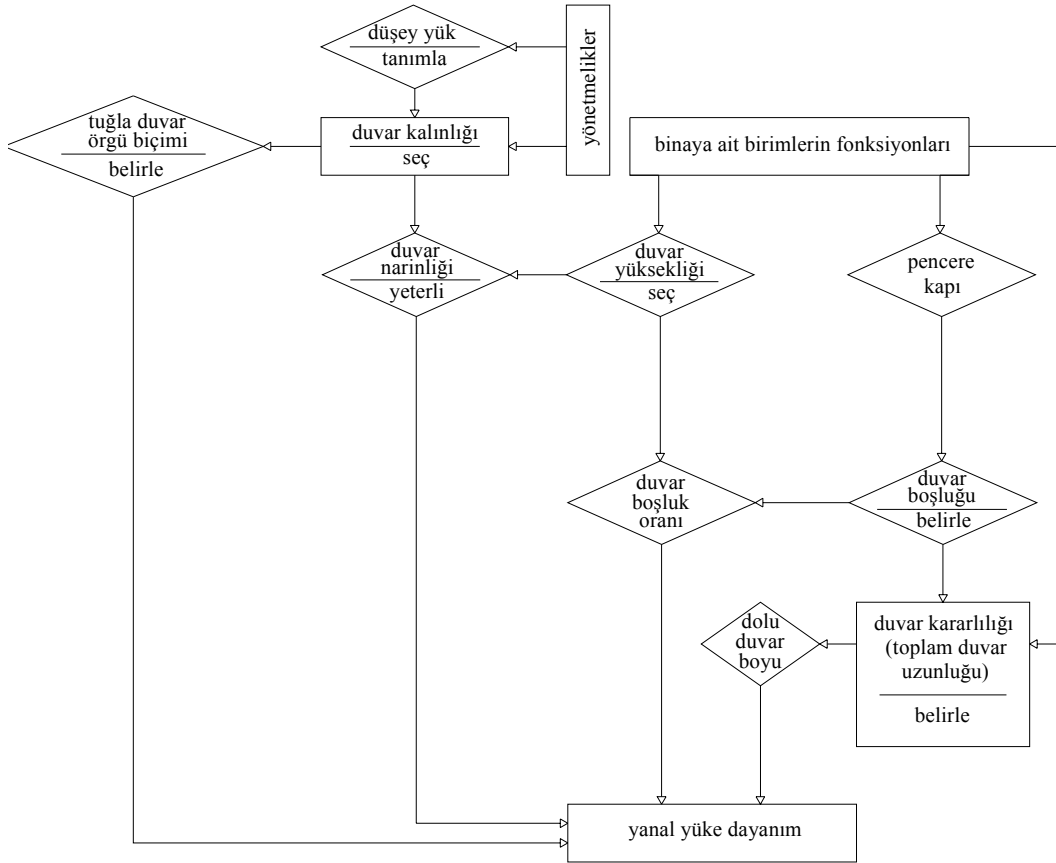
Genellikle mimari planlama amaçları için oluşturulan bina duvarları, düşey diyaframlardır (kesme duvarları (shear walls), daha yaygın olarak perde duvarları diye isimlendirilir). Bundan dolayı, kesme duvarları aynı zamanda çeşitli mimari fonksiyonların tümünü üstlenir ve ölü yükler için taşıyıcı duvarlar olarak da görev alırlar. Duvarların yerleri, kullanılan malzemeler ve yapım detayları bu fonksiyonların tümü için tasarlanmalıdır.

Kargir binalar rijit oldukları için deprem esnasında yatay kuvvetler tarafından oldukça zorlanırlar. Bu yatay kuvvetlere karşı, kargir binanın yeterli direncini sağlayan elemanlar

bilinmektedir. Bu elemanlar arasındaki ilişki ağı, "Etkileşim Akış Şeması"nda sunulmuştur (Tablo 1).

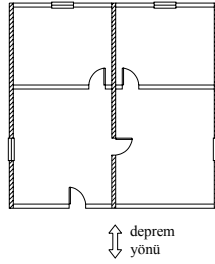
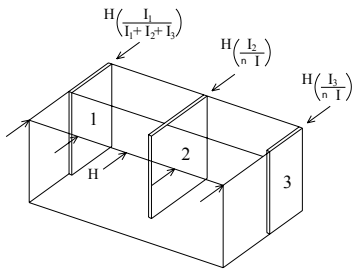
Görüleceği gibi, yatay kuvvetlere karşı kargir binanın yeterli dayanımı dört kritere çok fazla bağlıdır. Bunların arasında ise dolu duvar boyu [4], yönetmeliklere bağlı olarak öncelikli ve etkili kabul edilerek sayısal analizlerde esas oluşturmaktadır

**Tablo-1.** Tasarım kriterleri-Bina özellikleri-Yanal yük Etkileşim Şeması [yazar]



**Şekil-1.** Deprem etkisi altında tek katlı bir binanın davranışı [1]

**Şekil-2.** Yatay yükün yanal yer değiştirme ve devirme etkisi [2]



$$a) l_d / A \geq 0,25 I \quad (1) [3]$$

$l_d$  = Taralı alan uzunluğu (m)

$A$  = Brüt kat alanı (m<sup>2</sup>)

$I$  = Bina önem katsayısı

sağlık ocağı = 1,5

okul = 1,4

konut = 1,0

$$b) L = \alpha \cdot Q / (\tau_{em} - t) \quad (2)$$

$L$  = Taşıyıcı duvarın gerekli uzunluğu

$Q$  = Herbir kat için kesme kuvveti

$\tau_{em}$  = Kargir duvarın kesme dayanımı

$t$  = Duvarın kalınlığı

$\alpha$  = Kesme kuvveti faktörü (1,5-2,0 arasında)

$$c) L \text{ (cm)} / A \text{ (m}^2) \geq 20 \quad (3) [6]$$

$L$  = Dolu duvar uzunluğu (cm),  $A$  = Alan (m<sup>2</sup>)

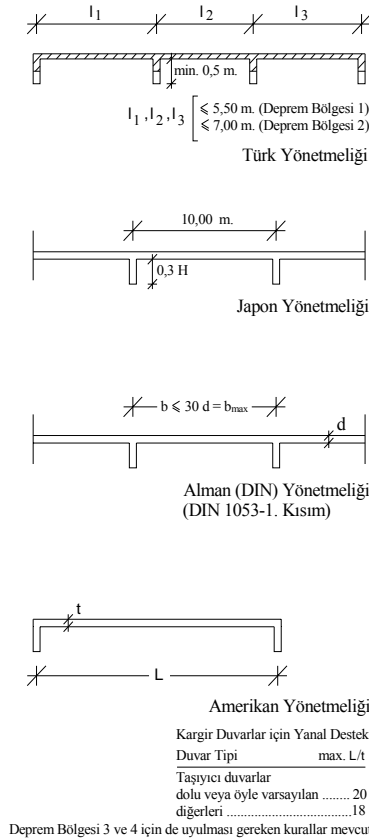
Dolu duvar elemanlarının karakteristik özelliklerine bağlı olarak rijit bir diyaframdan gelen yatay yükün oransal dağılımı [2]

Dolu duvar uzunluğunun hesaplanması için uygulanan çeşitli sınır değerler (plan, Türk yönetmeliği syf.68) [3]

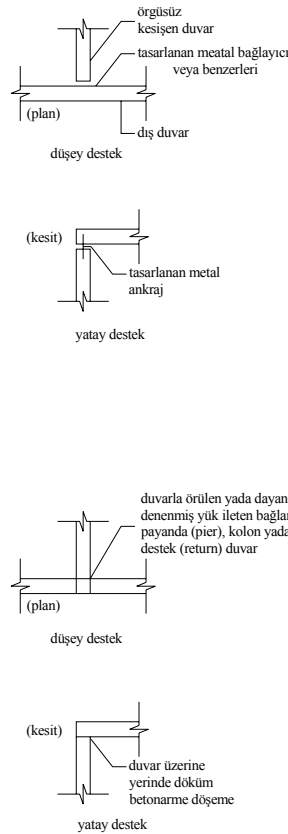
### Şekil-3. Dolu duvar boyu-Yanal yük etkileşimi

Deprem etkisi, kargir bir binada devrilme riski yaratır. Bu durumda, kargir duvar yük taşıyor ise, tamamen desteklenmelidir. Kargir bir binanın yük taşıyan duvarı, iki yöndeki yüzeylerde, alt ve üstlerinden genellikle desteklenir. Bu, yüklerin bir aks üzerinde düşey yük şeklinde olması durumundadır. Çatı-döşeme duvar kesit yüzeyi üzerinde özellikle "kuşaklama" destek tipi, yatay yükü iletebilmelidir. Bu olanaklı değilse, yük taşıyan duvar "serbest bir duvar" gibi davranacaktır. Buna ilave olarak, eğilme uzunluğu çok büyük olduğundan, deprem yükü etkisine bağlı olarak devrilme riski olacaktır [5].

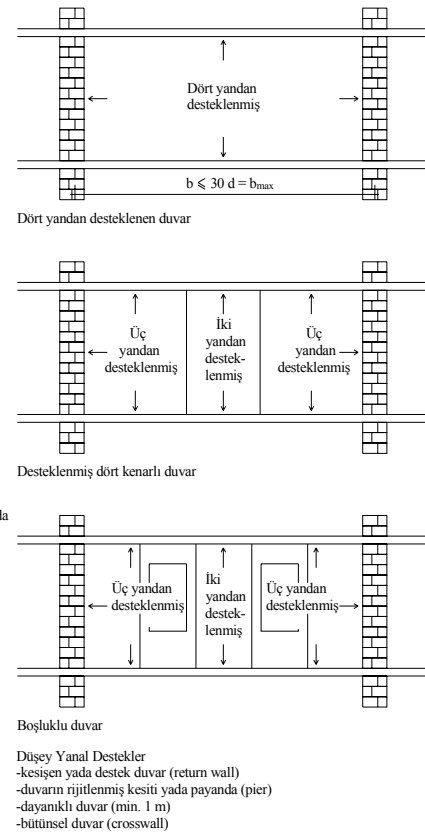
Yük taşıyan duvar yatay olarak sınırlandırılırsa üç yada dört taraftan desteklenen duvarlar oluşacaktır. Bu çift yönde taşınan yüklerle sonuçlanabilir. Böyle bir durumda, duvar rijitlendirilebilir. Destek duvar (return wall) belirli bir açıklığı aşarsa, bu etki kaybolur yada çok düşüktür [5]. Bu açıklık limitleri için çeşitli standartlar oluşturulmuştur (Şekil 4,5,6,7).



**Şekil-4.** Çeşitli yönetmeliklerde önerilen düşey yanal destekler arasındaki mesafe



**Şekil-6.** Mesnetlerde sürekliliğe sağlayan detaylar [6]



**Şekil-7.** Duvarların desteklenmesi [5]

### 3. DEPREM ETKİSİ ALTINDA BİNA DIŞ DUVARLARINDA OLUŞAN HASAR TÜRLERİ

Genellikle kısa periyotlu yapılarda sönüm oranı küçüktür. Bundan dolayı, binaya depremden gelen yatay kuvvetler büyük olur. Tuğla yığma yapılar da çok kısa periyotlu olduklarından depremlerde büyük yatay kuvvetlere maruz kalmaktadırlar. Yığma binalar rijit olmaları yanında, gevrek davranış gösterdiklerinden duvarlarda kırılma ve çatlama olduktan sonra, kırılma öncesine göre hızla taşıma güçlerini yitirirler ve yıkılırlar. Türkiye’de ve dünyada farklı tarihlerde olmuş yıkıcı deprem etkileri karşısında hasar görmüş tek katlı yığma binalar incelendiğinde, iki hasar bölgesi tespit edilmektedir. Bunlardan biri dış beden duvarı diğeri ise bina dış köşeleridir (Tablo 2).

Depremlerde yapılara gelen kuvvetler tek yönlü değildir. Yapılar her iki asal doğrultularında yatay kuvvetlerle aynı anda zorlanmaktadır. Bu durum özellikle yapıların köşelerinde iki yönden gelen duvarların kesiştikleri yerler olan “dış köşelerde” gerilim birikimlerini ortaya çıkarmaktadır. Bu durumda, yapının köşelerinde duvarlar birbirini dışarıya doğru itmeye çalışmaktadır (Tablo 2). Bu tür hasar gören yığma yapılara depremlerde sık rastlanmaktadır. Özellikle betonarme döşeme plaklarının, rijit çatı makaslarının veya yığma yapı köşelerinde betonarme düşey hatıl olmadığı hallerde bu tür hasarların olma olasılığı yüksektir [8].

**Tablo-2.** Tek katlı bir kargir binada deprem etkisi ile oluşan çeşitli karakteristik hasarlar [8 no'lu kaynaktan yazar tarafından uyarlanmıştır]

a) Duvarlar	Çekme ve Kesme Çatlakları	Duvar Yüzeyine Paralel Hasarlar	
	Üst Başlıktan Yeterli Biçimde Bağlanmamış Yığma Yapı Duvarlarındaki Hasarlar	Duvarların Düzlemlerine Dik Yönde	
	Basınç Çatlakları		
b) Köşelerde	İki Yönlü Yükleme Altında Yapı-Köşe Davranışı		

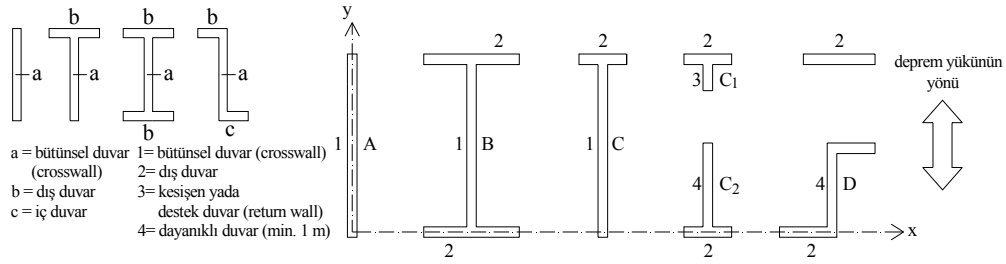
#### 4. ÖNERİ

Yukarıda tanımlandığı gibi; bir kargir binanın en çok hasar gören elemanı dış duvarları ve bu dış duvarların birleştikleri, binanın dış köşeleridir.

Bir dış duvar aşağıdaki nedenlerden dolayı olumsuz özelliklere sahiptir:

- Daha az düşey (ölü) yük taşır.
- Üzerinde pencere ve kapı boşlukları bulunur.
- Bina sınırını oluşturur (dış etkilere açık).
- Burulma etkisinden çok fazla etkilenir.
- Diğer yanal etki olan rüzgar etkisi ile doğrudan karşılaşır.

Sonuçta bir dış duvar, bir kargir binada, şüphesiz dayanımı mutlak artırılacak bir yapı elemanıdır. Dış duvarlar, kendisine dik bütünsel duvarlar (crosswal = boşluksuz yatayda boyuna duvar) ile kesiştiklerinde, basit dikdörtgen biçimlerinden T, I ve Z kesitlerine dönüşürler [7].



Şekil-8. Bir binada düşeyde yanal destek tipleri [7]

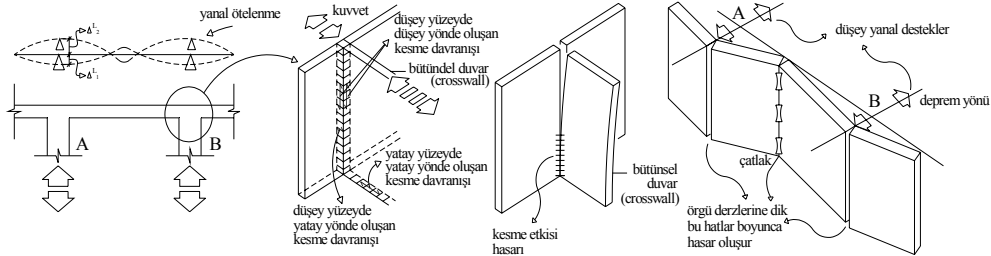
Kesme duvarlarının plansal geometrisi ve plandaki yeri, yanal kuvvetlere karşı direniminde önemlidir. Bu durum, bütünsel duvarın dayanımını ve rijitliğini belirler. Bu özellikler dikkate alınarak, kesme duvar için bir rijitlik katsayısı kabul edilmiştir. Bir kesme duvarın rijitliği şu parametrelere dayandırılmıştır [8].

$$k=A.G/\alpha.H \rightarrow k/G=D \text{ (rijitlik)} =A/(\alpha.H) \quad \text{Formül 1}$$

A= plandaki dolu duvar alanı, H= duvarın yüksekliği

$\alpha$ = duvarın yatay geometrisine bağlı katsayı, G= duvarın ağırlığı

Görülebileceği gibi; rijitlik, yatay dolu duvar alanı ile doğru orantılı olup, duvarın plandaki geometrisi ve duvarın yüksekliği ile ters orantılıdır.

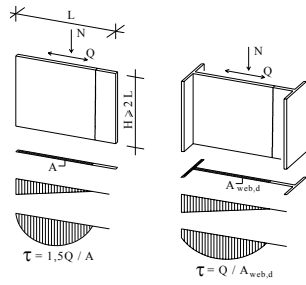


Şekil-9. Duvarların kesiştikleri arakesitin oluşturduğu kritik bölge [7, yazar]

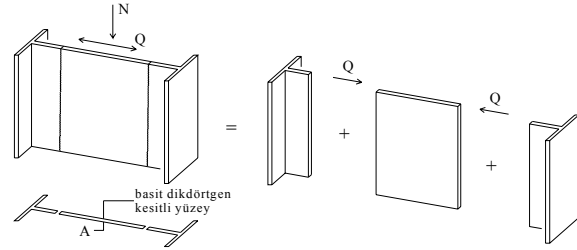
Birleşik kesitlerde en kritik alan, duvarların birbirleri ile kesiştikleri ara kesit yüzeyleridir. Bu yüzeyler içinde kesme etkileri nedeniyle kesme çatlakları oluşur.

Birleşik kesitlerde diğer bir kusur ise, birleşik kesite ait bütünsel duvarın yüzeyinde oluşur (Şekil 10). Bu durumda kesme etkisinin dağıtımını, basit eğilme teorisi ya da plaka (yüzey) teorisine göre tanımlanırsa, kesme etkisi bir çatlakın içinden geçerek karşı tarafa transfer edilemeyeceği için, duvar göreceli olarak iki kısma ayrılacaktır [5]. Bu tür bir çatlama basit dikdörtgen kesitli bir yüzeyde oluşursa, ortaya boyu (l) kısalmış bir başka basit dikdörtgen kesitli yüzey çıkar. Ancak çok daha rijit olan I kesitli yüzeyde oluşan çatlama derzi, I kesiti farklı bir kesit formuna dönüştürür. Bu, T kesit formudur. T kesit, I kesitten daha az rijittir. Bu değişim ile, yüzeyin genel dayanımı azalacaktır. Deprem etkisi tersinir bir davranışa sahip olduğundan, I kesitli bir bütünsel duvarın iki ucunda oluşacak çatlama sonucu, iki adet T kesit formunda, bir adet basit dikdörtgen formunda üç adet duvar ortaya çıkabileceği varsayılabilir.





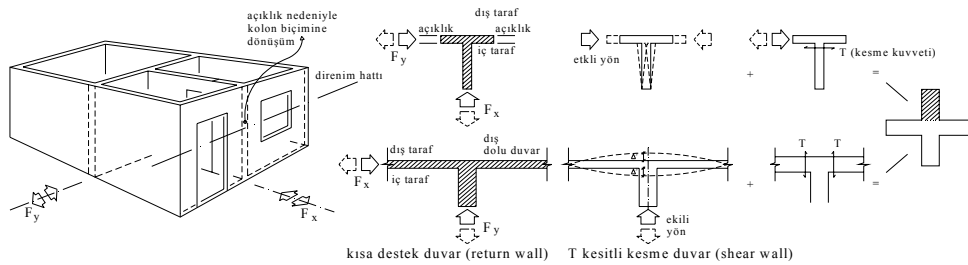
**Şekil-10.** Kargir yüzeylerde kesme etkisinin dağılımı [5]



**Şekil-11.** Kargir yüzeylerde kesme etkisine bağlı şekillenen yeni kesitler için varsayımlar [yazar]

Gerçekte, deprem etkisinin yönünün, bir binanın plansal asal eksenlerine dik yada paralel doğrultularda olup olmadığı -özel durumlar hariç- bilinemez. Bu nedenle, deprem kuvvetinin bileşkelere ayrılarak her iki yönde de binaya tesir ettiği kabul edilir. Bu durumda, T kesitli parça x-x eksenı yönünde kararsız denge halinde olacaktır (Şekil 12).

T kesit bütünsel duvar , üç farklı biçime sahip olabilir (Şekil 8). Ancak, bunlardan C2 tipi kısa T kesit formu ile iki durumda karşılaşılır. Birinci durum, tasarım evresinde tasarımcı tarafından karar verilerek oluşan biçimdir. İkincisi ise, yukarıda açıklanan deprem etkisi sonucu biçim değişikliği ile ortaya çıkabilir. Yukarıda açıklananlardan bağımsız olarak, birleşik kesitlerin dış duvarlarında bir başka sorun daha ortaya çıkabilir. Bu; kesitlerin dış duvar parçasının, aynı kesitin bütünsel duvar kısmının deprem esnasında ileri geri harekete zorlanması nedeni ile şişmesi olarak kendini gösterir (Şekil 9,12).



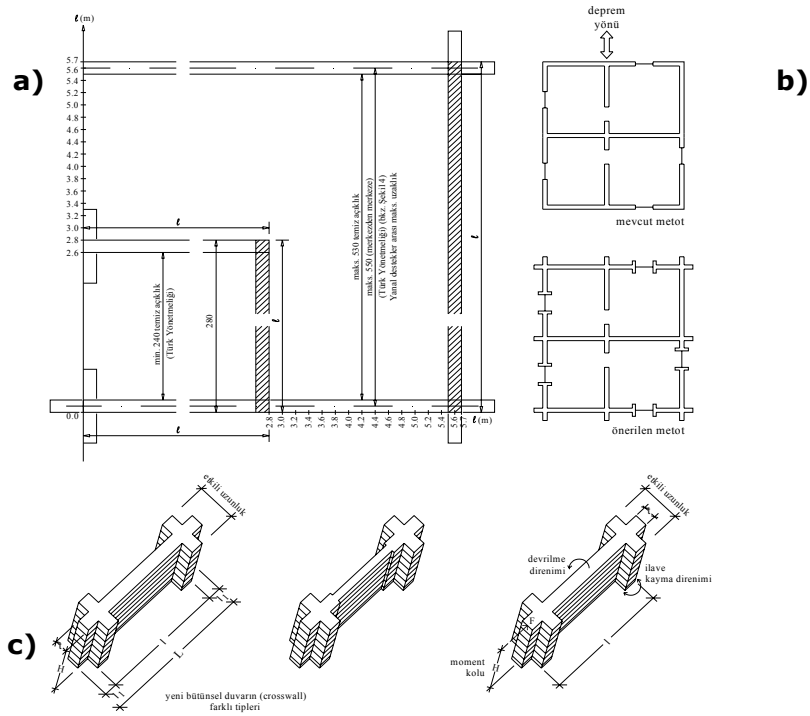
**Şekil-12.** Kısa destek duvar gibi davranan T kesitli kesme duvar davranışı [yazar]

## 1. Öneri Bütünsel Duvar (Crosswall) ve Yapısal Ayrıntılar

Deprem etkisine bağlı ortaya çıkan bu olumsuz durumlar önlenemez. Bunu başarmak için, bütünsel duvarın aksı yönünde, dış duvarın yüzeyine dik bir duvar parçası ilave edilerek, "T" kesit geometrisi "+" kesit geometrisine dönüştürülmelidir. Böylece, bütünsel duvar ile dış duvarın kesişmesinde her iki doğrultuda, sürekli duvarlar elde edilecektir. Bu yeni geometri, binanın yapım evresinde, kargir duvar örgü kuralları ile birlikte oluşturulmak zorundadır (Şekil 13,14).

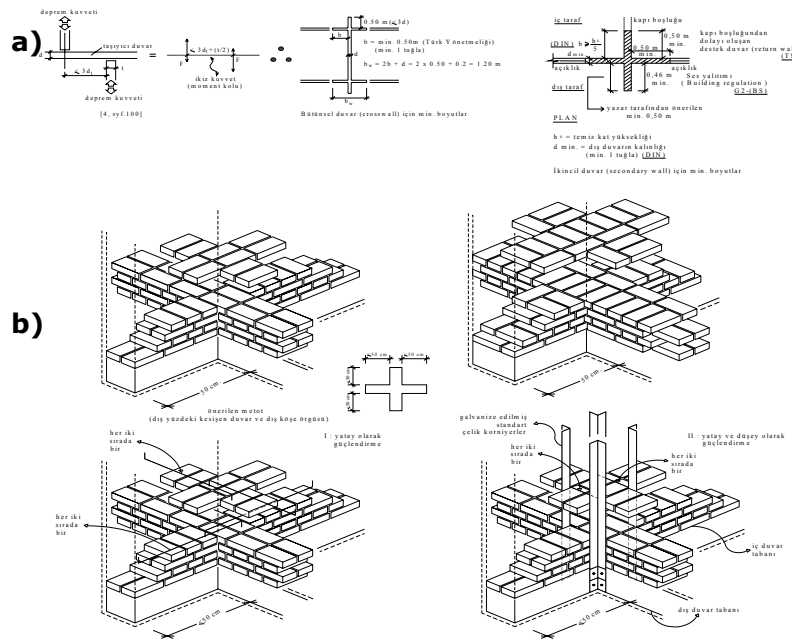
Şekil 14a'da görüldüğü gibi, taşıyıcı duvarın her iki tarafından kuvvet çifti ile zorlandıysa varsayılırsa, yük taşıyan duvarın; yalnız harç ile tuğla arasındaki aderans ile kuvvet ileten moment kolu gibi davranarak, yük taşıyan duvarda hasar olmadan, maks. bu uzunluk içinde kuvvet ilettiği kabul edilebilir [5]. Bu noktadan hareketle, önerilen bütünsel duvar tipinin kanadının bir kolunun uzunluğu maks. 3d kabul edilebilir. Yanal kuvvete bağlı basınç etkisindeki etkili kanat genişliği  $b_{\square} = 0.3hw + bw$  ( $hw$ =duvar yüksekliği,  $bw$ =yanal

kuvvete maruz duvarın kalınlığı) varsayılmasında ise [6] bu durumda da  $b_w = 0.3(3.0) + (0.20) = 1.20\text{m}$ . olup tek kanat genişliği, yine,  $1.20/2 = 0.60\text{m}$ . bulunmaktadır.



**Şekil-13.** Öneri bütünsel duvarın sınır değerleri [yazar]

a-Türk Afet Yönetmeliği esas alınarak, dört tarafı çevrili bir mekanın, her iki yönde minimumdan maksimuma alacağı boyutlar, b-Bu mekan sınırlarının yan yana gelmesi ile oluşan öneri planının mevcut planla karşılaştırılması, c-Öneri planı oluşturan bütünsel duvar tipleri ve ilgili ölçüler



**Şekil 4.** a-Yeni bütünsel duvarın (crosswall) ve ikincil duvarın (secondary wall) boyutlarının elde edilmesi [yazar], b-Yapısal detay seçenekleri [yazar]

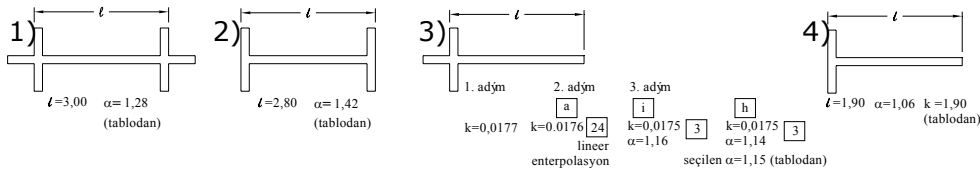
Seçilen 0.50 m., bu üst sınırdan ( $0.20 \times 3 = 0.60$  m.) küçüktür. Ayrıca, gerek olunursa, bu kanatların yatay derzleri içine donatı ilave edilerek daha güçlü birlik sağlanabilir (Şekil 14b). Bilindiği gibi; dişli duvar (fin wall), çift kesitli duvar (diaphragm wall) ve payandalı duvarın (piered wall) etkili kanat genişliği  $6d$ 'dir [5]. Bu değer, seçilen değer iki katından fazladır. Pratikte, seçilen değer üzerinde kanat boyunun oluşması, rijitlik yönünden güvenlik artışı sağlayacaktır.

Kompozit kesite dönüşen dikdörtgen kesitli duvar elemanı, kendi yeni kesit geometrisinin özelliğini de tanımlayacaktır. Buradan hareketle, binaya gelen toplam deprem yükünden, her farklı duvar yada duvar parçası, kendi kesit geometrisine bağlı olarak pay alacaktır. Bu kesit geometrisi özelliği ise, rijitlik yani deformasyon yapmama yeteneği ile ilişkilendirilerek ifade edilebilir. Kargir bir binanın dayanım yeteneği, onun rijitliği ile doğru orantılı artışına göre, bu özellik sayısal analiz ile de ifade edilebileceğinden, yeni inşaat yönteminin değerlendirilmesi aşağıda yeteri kadar örnekler ile desteklenmiştir.

#### 4.2. Öneri Hesap Metodu Bütünsel duvar (crosswall)

Bir odayı çevreleyen duvarlardan genelde en az ikisi doludur. Bir başka ifade ile, onun üzerinde kapı ve pencere açıklığı yoktur. Maks. uzunluk ve maks. alan özelliğine sahip bu duvarlar, bütünsel duvar olarak adlandırılacaktır ve bunlar esas duvarlar varsayılacaktır. Kompozit kesit biçimine sahip olan bu duvarlar, bir binada 6 tipte tasarlanabilir. Tasarımda temel ilke, bu duvarların uzun akslarına göre simetrik olmalarıdır. Bunda amaç; duvara etkidiği var sayılan deprem kuvvetinin, duvarın uzun aksı üzerinde olmasıdır ve dolayısı ile ekzantriklik olmamasıdır.

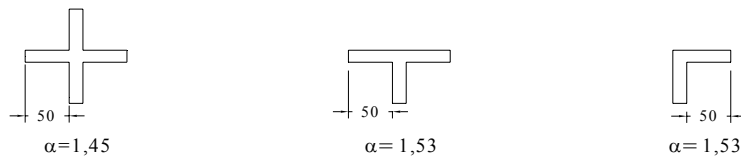
Türk yönetmeliklerine göre, bir odayı çevreleyen bütünsel duvarların min. ve maks. uzunluklarına bağlı olarak Tablo 3 oluşturulmuştur. Bu tabloda, "k" rölatif rijitlik faktörüne bağlı olarak "a" rölatif rijitlik faktörü verilmiştir. Aşağıda dört ayrı duvar geometrisine ve "l" uzunluğuna bağlı, "k" rölatif rijitlik faktörüne bağlı, "a" rölatif rijitlik faktörünün elde edilmesi gösterilmiştir.



Şekil-15. Bütünsel duvara ait "a" katsayısının bulunması için örnekler

#### İkincil duvar (secondary wall)

Bütünsel duvar hariç diğer tüm duvarlar, "duvar parçaları"dır ve "ikincil duvar (secondary wall)" olarak adlandırılacaktır. Bu duvar parçalarının kendi kesit geometrilerine bağlı olarak, bağımsız bir duvar parçası varsayılarak; 1. adımda kendi atalet momentleri hesaplanır, 2. adımda (2) no'lu formül kullanılarak "k" hesaplanır, 3. adımda bu "k" sayısına, Tablo 2'de aynı rijitlik faktörüne sahip olan bütünsel duvar için karşılık gelen "k" sayısı bulunur ve ona ait "a" faktörü seçilir (3 no'lu örnek buna dahildir- Şekil 15). Ayrıca; +, T ve Γ kesitlerinin olabilecek minimum ölçüleri ve onlara ait sabit "a" değerleri aşağıda verilmiştir.



Şekil-16. İkincil duvar için sabit "a" değerleri

Duvar sapmaları;

(TM 5-809-3/NAVFAC DM-2.9/AFM 88-3, Chap.3, p.7/7) [9]

$$\Delta f = \Delta b + \Delta v = [(Vh^3) / (12EmI)] + (1,2Vh / EvA) \quad (\text{denklem 7-8}) \quad \text{Formül 2}$$

$\Delta f$  = toplam sapma (elemanın (üst ve alt) her iki ucu sabitlendiğinde)

$\Delta b$  = eğilme sapması

$\Delta v$  = kesme (kayma) deformasyonu  $Ev$  = kargir kesme elastisite modülü = 0.4 Em

$I$  = bükülme yönünde duvarın kesit atalet momenti

$A$  = duvarın yataydaki kesit alanı

$$\Delta c = \Delta b + \Delta v = [(Vh^3) / (3EmI)] + (1,2Vh/EvA) \quad (\text{denklem 7-9}) \quad \text{Formül 3}$$

(duvar yada duvar parçası yalnızca alttan sabitlendiği zaman)

$$k = 1 / \Delta b + \Delta v = \text{kesme duvarın rijitliği} \quad (\text{denklem 7-10}) \quad \text{Formül 4}$$

Tablo 3. "k"ya bağlı "a" değerleri (- Bütünsel duvarın plansal kesit geometrisi, - Farklı duvar tipleri oranlarının karşılaştırılması- - Ortalama değer, lineer enterpolasyon ile elde edilmektedir.

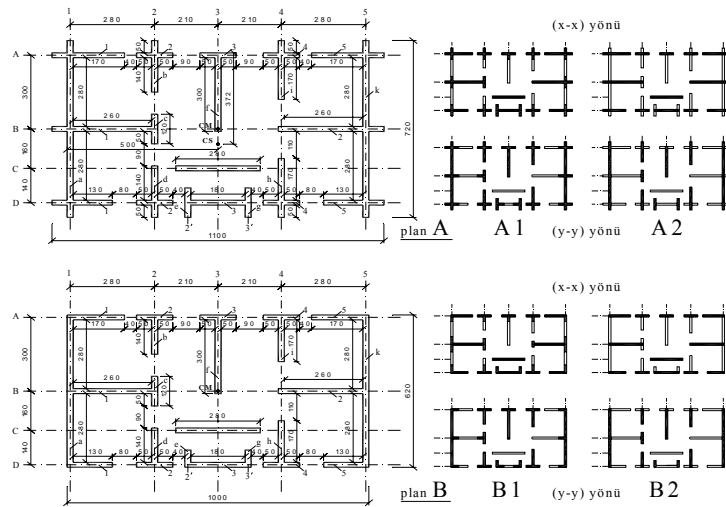
		p	o	n	m	l	k	j	i	h	g	f	e	d	c	b	a		
tipler		ℓ	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.7	
1	A <sub>1</sub>		0.56	0.60	0.64	0.68	0.72	0.76	0.80	0.84	0.88	0.92	0.96	1.00	1.04	1.08	1.12	1.14	42
	I <sub>1</sub>		0.366	0.450	0.547	0.656	0.779	0.916	1.068	1.237	1.422	1.625	1.846	2.087	2.348	2.629	2.932	3.092	41
	P <sub>11</sub>		150.784	139.994	130.675	122.545	115.390	109.035	103.356	98.245	93.625	89.426	85.594	82.078	78.841	75.856	73.088	71.780	40
	P <sub>12</sub>		169.241	154.999	143.040	132.893	124.073	116.418	109.687	103.714	98.381	93.588	89.257	85.319	81.723	78.429	75.395	73.967	39
	k <sub>1</sub>		6.632	7.143	7.652	8.160	8.666	9.171	9.675	0.0101	0.0106	0.0110	0.0116	0.0121	0.0126	0.0131	0.0136	0.0139	38
	α		1.60	1.58	1.56														37
	k <sub>c1</sub>		5.908	6.451	6.991	7.527	8.055	8.589	9.116	9.641	0.0101	0.0106	0.0112	0.0117	0.0122	0.0127	0.0132	0.0135	36
2	A <sub>2</sub>		0.76	0.80	0.84	0.88	0.92	0.96	1.00	1.04	1.08	1.12	1.16	1.20	1.24	1.28	1.32	1.34	35
	I <sub>2</sub>		0.6152	0.7445	0.8894	1.0512	1.2304	1.4279	1.6447	2.0804	2.1388	2.4178	2.7193	3.0436	3.3916	3.7652	4.1644	4.3777	34
	P <sub>12</sub>		110.238	104.274	98.957	94.185	89.871	85.952	82.369	78.965	76.052	73.252	70.653	68.239	65.985	63.877	61.902	60.961	33
	P <sub>13</sub>		121.230	113.360	106.560	100.620	95.360	90.680	86.480	82.210	79.215	76.048	73.138	70.462	67.980	65.673	63.526	62.504	32
	k <sub>2</sub>		9.0712	9.590	0.0101	0.0106	0.0111	0.0116	0.0121	0.0126	0.0131	0.0136	0.0141	0.0146	0.0151	0.0156	0.0161	0.0164	31
	α		1.54	1.52	1.50														30
	k <sub>c2</sub>		8.248	8.821	9.384	9.938	0.0104	0.0110	0.0115	0.0121	0.0126	0.0131	0.0136	0.0141	0.0147	0.0152	0.0157	0.0160	29
3	A <sub>3</sub>		0.86	0.90	0.94	0.98	1.02	1.06	1.10	1.14	1.18	1.22	1.26	1.30	1.34	1.38	1.42	1.44	28
	I <sub>3</sub>		0.768	0.920	1.038	1.279	1.487	1.715	1.964	2.235	2.529	2.846	3.188	3.555	3.948	4.367	4.814	5.048	27
	P <sub>13</sub>		91.117	92.447	88.338	84.413	80.924	77.726	74.781	72.059	69.533	67.184	64.990	62.940	61.017	59.210	57.509	56.696	26
	P <sub>14</sub>		105.920	99.790	94.856	89.703	85.470	81.670	78.220	75.086	72.206	69.559	67.109	64.842	62.728	60.759	58.912	58.033	25
	k <sub>3</sub>		0.0102	0.0108	0.0113	0.0118	0.0123	0.0128	0.0133	0.0138	0.0143	0.0148	0.0153	0.0158	0.0163	0.0168	0.0173	0.0176	24
	α		1.48	1.46	1.44														23
	k <sub>c3</sub>		9.440	0.0100	0.0105	0.0111	0.0116	0.0122	0.0127	0.0133	0.0138	0.0143	0.0149	0.0154	0.0159	0.0169	0.0169	0.0172	22
4	A <sub>4</sub>		0.96	1.00	1.04	1.08	1.12	1.16	1.20	1.24	1.28	1.32	1.36	1.40	1.44	1.48	1.52	1.54	21
	I <sub>4</sub>		1.042	1.235	1.447	1.680	1.935	2.212	2.512	2.837	3.186	3.561	3.962	4.391	4.848	5.333	5.848	6.117	20
	P <sub>14</sub>		86.535	82.823	79.439	76.340	73.484	70.842	68.396	66.115	63.985	61.994	60.124	58.367	56.714	55.151	53.673	52.964	19
	P <sub>15</sub>		93.029	88.302	84.115	80.367	76.981	73.901	71.089	68.500	66.109	63.894	61.831	59.908	58.110	56.419	54.830	54.070	18
	k <sub>4</sub>		0.0115	0.0120	0.0125	0.0130	0.0136	0.0141	0.0146	0.0151	0.0156	0.0161	0.0166	0.0171	0.0176	0.0181	0.0186	0.0188	17
	α		1.42	1.40	1.38														16
	k <sub>c4</sub>		0.0107	0.0113	0.0118	0.0124	0.0129	0.0135	0.0140	0.0145	0.0151	0.0156	0.0161	0.0167	0.0172	0.0177	0.0182	0.0185	15
5	A <sub>5</sub>		1.06	1.10	1.14	1.18	1.22	1.26	1.30	1.34	1.38	1.42	1.46	1.50	1.54	1.58	1.62	1.64	14
	I <sub>5</sub>		1.291	1.579	1.889	2.102	2.399	2.875	3.065	3.433	3.836	4.262	4.717	5.200	5.714	6.260	6.835	7.136	13
	P <sub>15</sub>		78.159	75.062	72.244	69.715	67.332	65.069	63.042	61.103	60.145	57.570	55.956	54.433	52.991	51.625	50.329	49.705	12
	P <sub>16</sub>		83.400	79.347	75.826	72.933	70.152	67.422	65.249	63.074	61.046	59.158	57.390	55.734	54.175	52.706	51.319	50.653	11
	k <sub>5</sub>		0.0128	0.0133	0.0138	0.0143	0.0148	0.0153	0.0158	0.0163	0.0168	0.0173	0.0178	0.0183	0.0188	0.0193	0.0198	0.0201	10
	α		1.36	1.34	1.32														9
	k <sub>c5</sub>		0.0120	0.0126	0.0131	0.0137	0.0142	0.0148	0.0153	0.0158	0.0163	0.0169	0.0174	0.0179	0.0184	0.0189	0.0194	0.0197	8
6	A <sub>6</sub>		1.16	1.20	1.24	1.28	1.32	1.36	1.40	1.44	1.48	1.52	1.56	1.60	1.64	1.68	1.72	1.74	7
	I <sub>6</sub>		1.592	1.852	2.137	2.446	2.781	3.142	3.531	3.948	4.393	4.868	5.374	5.911	6.480	7.081	7.717	8.047	6
	P <sub>16</sub>		71.242	68.715	66.375	64.202	62.171	60.275	58.495	56.820	55.241	53.751	52.339	51.005	49.736	48.530	47.382	46.830	5
	P <sub>17</sub>		75.490	72.360	69.541	66.967	64.603	62.428	60.411	58.530	56.781	55.141	53.598	52.150	50.780	49.486	48.259	47.670	4
	k <sub>6</sub>		0.0140	0.0145	0.0150	0.0155	0.0160	0.0165	0.0170	0.0175	0.0181	0.0186	0.0191	0.0196	0.0201	0.0206	0.0211	0.0213	3
																			2
	k <sub>c6</sub>		0.0132	0.0138	0.0143	0.0149	0.0154	0.0160	0.0165	0.0170	0.0176	0.0181	0.0186	0.0191	0.0196	0.0202	0.0207	0.0209	1
	α		1.30	1.28	1.26	1.24	1.22	1.20	1.18	1.16	1.14	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.00	

Tablo 3'ün değerlendirilmesi;

- Aynı rijitlik değerlerine sahip olan bütünsel duvar tipleri (6-4-2 ve 4-2-1 no'lu tipler) duvar uzunluğunda 1'er metrelik farka sahiptir. Bu tasarım için avantaj olacaktır.
- Aynı duvar uzunluğuna sahip bütünsel duvar tipleri arasında rijitlik artışları eşittir ve 1,2,4 ve 6 no'lu tipler aynı düşey hattı üç eşit bölgeye bölmektedir. Önerilen "a" katsayısında bu özellik ayrıca görülebilmektedir.
- Oda boyutunu oluşturan duvarın kesit biçimi, o duvara ait rölatif rijitlik faktörünü değiştirir.
- Odanın duvar uzunluğu büyüdükçe tipler arası fark azalmaktadır.
- Odanın duvar uzunluğunun kısalması ile deformasyon büyümektedir.
- Tip 3,5 ve 6 bu çalışma ile tanıtılan yeni kompozit kesit geometrisine sahip duvarlardır.
- Tip 6 tek katlı bir yığma binaya ait tasarlanabilecek maks. rijitliğe sahip kompozit kesit geometrisine sahip duvardır. Bu özellik, Tablo 2'de "a" faktörü için kullanılmıştır.
- Oda duvar boyunun her 0.20 m. artışında  $\tan\beta$  değişmektedir. Tip1'de ani ve çok farklı olmakta, tip 6'da ise aşamalı (uyumlu) bir değişim olmaktadır.
- $\tan\beta$ 'nin büyük değerleri, büyük deformasyonu göstermektedir.

Öneri Hesap Metodu için Tablo 3'ün kullanılmasına ilişkin örnekler, Şekil 17'deki planlara ait sayısal çözümlerle Tablo 4'te verilmiştir. (Mevcut Hesap Metodu =([8]; Depremde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, syf.126) İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, Yayın no:15, 7. Baskı, syf.126, 1999)

A1 = önerilen yapım metodu – önerilen hesap metodu      A2 = önerilen yapım metodu – mevcut hesapmetodu  
B1 = mevcut yapım metodu – önerilen hesap metodu      B2 = mevcut yapım metodu – mevcut hesap metodu



**Şekil-17.** Öneri yapım ve hesap metodu ile mevcut yapım ve hesap metodunun karşılaştırılması için örnek plan tipleri [yazar]

**Tablo-4.** Tablo 3'deki "a" katsayısı ile mevcut yöntemdeki "a" katsayısının

Aksis	Y (mm)	D <sub>x</sub>	y.D <sub>x</sub>	y <sup>2</sup>	y <sup>2</sup> .D <sub>x</sub>	
A	0.10	69	6.90	0.01	0.69	
B	3.10	33	102.30	9.61	317.13	
C	4.70	9	155.10	22.09	198.81	
D	6.10	63	384.30	37.21	2344.23	
Toplam						
B aksisi	1.74	648.60				
Aksis	X (mm)	D <sub>y</sub>	x.D <sub>y</sub>	x <sup>2</sup>	x <sup>2</sup> .D <sub>y</sub>	
1	0.10	48	4.80	0.01	0.48	
2	2.90	47	136.30	8.41	19.27	
2*	4.00	5	20.00	16.00	80.00	
3	5.00	14	70.00	25.00	350.00	
3*	6.00	5	30.00	36.00	180.00	
4	7.10	46	326.60	50.41	2318.86	
5	9.90	48	475.20	98.01	4704.48	
Toplam						
Y. Yönu						2.13
1 aksisi	a	(0.20 x 7.20) / (1.00 x 3.00) = 0.48				
2 aksisi	b	(0.20 x 2.10) / (1.00 x 2.10) = 0.20				
	c	(0.20 x 1.20) / (1.53 x 2.10) = 0.07				
	d	(0.20 x 2.10) / (1.00 x 2.10) = 0.20				
2 aksisi	e	(0.20 x 1.20) / (1.53 x 3.00) = 0.05				
3 aksisi	f	(0.20 x 3.20) / (1.53 x 3.00) = 0.14				
3 aksisi	g	(0.20 x 1.20) / (1.53 x 3.00) = 0.05				
4 aksisi	h	(0.20 x 1.40) / (1.00 x 2.10) = 0.23				
4 aksisi	i	(0.20 x 1.40) / (1.00 x 2.10) = 0.23				
5 aksisi	k	(0.20 x 7.20) / (1.00 x 3.00) = 0.48				
Toplam						
Y. Yönu						2.30

$\lambda_0 = n \cdot (y.D_x) / n \cdot D_x = 648.6 / 174 = 3.72$  m  
 $\lambda_0 = n \cdot (x.D_y) / n \cdot D_y = 1062.9 / 213 = 4.99$  m  
 (Öneri hesap metodu - Tablo 3 kullanılarak)

## A1

Aksis	Y (mm)	D <sub>x</sub>	y.D <sub>x</sub>	y <sup>2</sup>	y <sup>2</sup> .D <sub>x</sub>	
A	0.10	69	6.90	0.01	0.69	
B	3.10	33	102.30	9.61	317.13	
C	4.70	9	155.10	22.09	198.81	
D	6.10	63	384.30	37.21	2344.23	
Toplam						
B aksisi	1.40	466.40				
Aksis	X (mm)	D <sub>y</sub>	x.D <sub>y</sub>	x <sup>2</sup>	x <sup>2</sup> .D <sub>y</sub>	
1	0.10	35	3.50	0.01	0.35	
2	2.90	33	95.70	8.41	277.53	
2*	4.00	2	8.00	16.00	32.00	
3	5.00	14	70.00	25.00	350.00	
3*	6.00	2	12.00	36.00	32.00	
4	7.10	34	241.40	50.41	1713.94	
5	9.90	35	346.50	98.01	3430.35	
Toplam						
Y. Yönu						1.55
1 aksisi	a	(0.20 x 6.20) / (1.16 x 3.00) = 0.35				
2 aksisi	b	(0.20 x 1.60) / (1.53 x 2.10) = 0.13				
	c	(0.20 x 1.20) / (1.53 x 2.10) = 0.07				
	d	(0.20 x 1.60) / (1.53 x 2.10) = 0.13				
2 aksisi	e	(0.20 x 0.70) / (2.00 x 3.00) = 0.02				
3 aksisi	f	(0.20 x 3.20) / (2.00 x 3.00) = 0.14				
3 aksisi	g	(0.20 x 0.70) / (2.00 x 3.00) = 0.02				
4 aksisi	h	(0.20 x 1.90) / (1.06 x 2.10) = 0.17				
4 aksisi	i	(0.20 x 1.90) / (1.06 x 2.10) = 0.17				
5 aksisi	k	(0.20 x 6.20) / (1.16 x 3.00) = 0.35				
Toplam						
Y. Yönu						1.55

$\lambda_0 = n \cdot (y.D_x) / n \cdot D_x = 466.4 / 140 = 3.33$  m  
 $\lambda_0 = n \cdot (x.D_y) / n \cdot D_y = 777.1 / 155 = 5.01$  m  
 (Öneri hesap metodu - Tablo 3 kullanılarak)

## B1

Aksis	Y (mm)	D <sub>x</sub>	y.D <sub>x</sub>	y <sup>2</sup>	y <sup>2</sup> .D <sub>x</sub>	
A	0.10	79	7.90	0.01	0.79	
B	3.10	46	142.60	9.61	45.96	
C	4.70	44	65.80	22.09	395.26	
D	6.10	81	494.10	37.21	3014.01	
Toplam						
B aksisi	2.20	710.40				
Aksis	X (mm)	D <sub>y</sub>	x.D <sub>y</sub>	x <sup>2</sup>	x <sup>2</sup> .D <sub>y</sub>	
1	0.10	48	4.80	0.01	0.48	
2	2.90	51	147.90	8.41	428.91	
2*	4.00	8	32.00	16.00	128.00	
3	5.00	21	105.00	25.00	525.00	
3*	6.00	8	48.00	36.00	288.00	
4	7.10	46	326.60	50.41	2318.86	
5	9.90	48	475.20	98.01	4704.48	
Toplam						
Y. Yönu						2.30
1 aksisi	a	(0.20 x 7.20) / (1.00 x 3.00) = 0.48				
2 aksisi	b	(0.20 x 2.10) / (1.00 x 2.10) = 0.20				
	c	(0.20 x 1.20) / (1.00 x 2.10) = 0.11				
	d	(0.20 x 2.10) / (1.00 x 2.10) = 0.20				
2 aksisi	e	(0.20 x 1.20) / (1.00 x 3.00) = 0.08				
3 aksisi	f	(0.20 x 3.20) / (1.00 x 3.00) = 0.21				
3 aksisi	g	(0.20 x 1.20) / (1.00 x 3.00) = 0.08				
4 aksisi	h	(0.20 x 2.40) / (1.00 x 2.10) = 0.23				
4 aksisi	i	(0.20 x 2.40) / (1.00 x 2.10) = 0.23				
5 aksisi	k	(0.20 x 7.20) / (1.00 x 3.00) = 0.48				
Toplam						
Y. Yönu						2.30

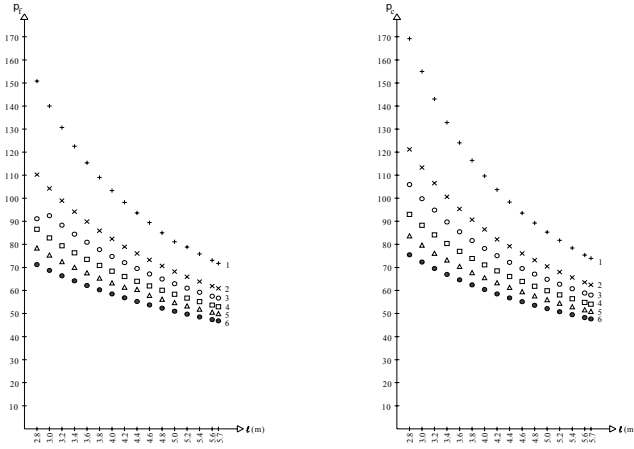
$\lambda_0 = n \cdot (y.D_x) / n \cdot D_x = 710.4 / 220 = 3.22$  m  
 $\lambda_0 = n \cdot (x.D_y) / n \cdot D_y = 1139.5 / 230 = 4.95$  m  
 (Formül 1 kullanılarak)

## A2

Aksis	Y (mm)	D <sub>x</sub>	y.D <sub>x</sub>	y <sup>2</sup>	y <sup>2</sup> .D <sub>x</sub>	
A	0.10	69	6.90	0.01	0.69	
B	3.10	40	124.00	9.61	384.40	
C	4.70	12	48.40	22.09	265.08	
D	6.10	71	433.10	37.21	2641.91	
Toplam						
B aksisi	1.92	620.40				
Aksis	X (mm)	D <sub>y</sub>	x.D <sub>y</sub>	x <sup>2</sup>	x <sup>2</sup> .D <sub>y</sub>	
1	0.10	41	4.10	0.01	0.41	
2	2.90	41	118.90	8.41	344.81	
2*	4.00	4.5	18.00	16.00	72.00	
3	5.00	21	105.00	25.00	525.00	
3*	6.00	4.5	27.00	36.00	162.00	
4	7.10	36	255.60	50.41	1814.76	
5	9.90	41	405.90	98.01	4018.41	
Toplam						
Y. Yönu						1.89
1 aksisi	a	(0.20 x 6.20) / (1.00 x 3.00) = 0.41				
2 aksisi	b	(0.20 x 1.60) / (1.00 x 2.10) = 0.15				
	c	(0.20 x 1.20) / (1.00 x 2.10) = 0.11				
	d	(0.20 x 1.60) / (1.00 x 2.10) = 0.15				
2 aksisi	e	(0.20 x 0.70) / (1.00 x 3.00) = 0.045				
3 aksisi	f	(0.20 x 3.20) / (1.00 x 3.00) = 0.21				
3 aksisi	g	(0.20 x 0.70) / (1.00 x 3.00) = 0.045				
4 aksisi	h	(0.20 x 1.90) / (1.00 x 2.10) = 0.18				
4 aksisi	i	(0.20 x 1.90) / (1.00 x 2.10) = 0.18				
5 aksisi	k	(0.20 x 6.20) / (1.00 x 3.00) = 0.41				
Toplam						
Y. Yönu						1.89

$\lambda_0 = n \cdot (y.D_x) / n \cdot D_x = 620.4 / 192 = 3.23$  m  
 $\lambda_0 = n \cdot (x.D_y) / n \cdot D_y = 934.5 / 189 = 4.94$  m  
 (Formül 1 kullanılarak)

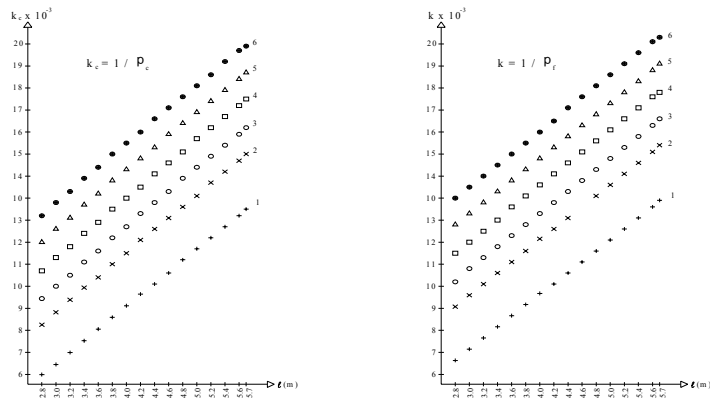
## B2



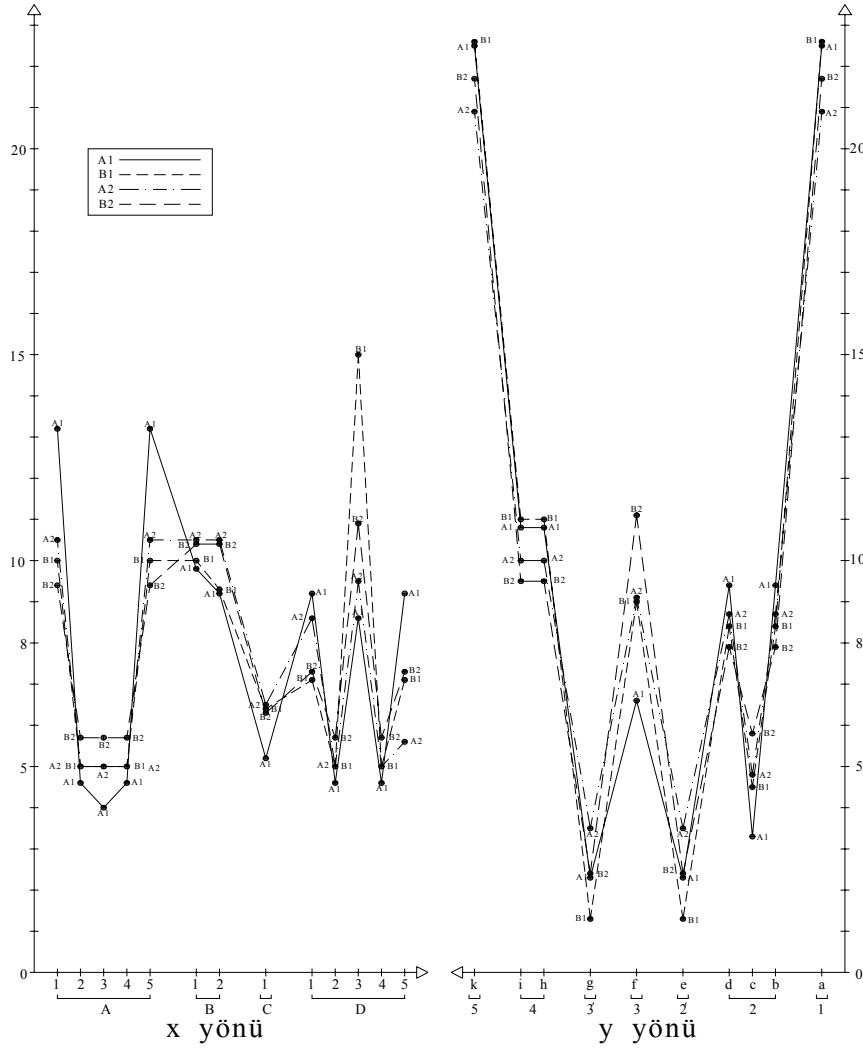
**Şekil-18.** Bütünsel duvar (crosswall) tiplerinin toplam sapmalarının karşılaştırılması

**Tablo-5.** tanβ değerlerinin karşılaştırılması

tanβ	$P_x / P_y$	3.0-2.8	3.2-3.0	3.4-3.2	3.6-3.4	3.8-3.6	4.0-3.8	4.2-4.0	4.4-4.2	4.6-4.4	4.8-4.6	5.0-4.8	5.2-5.0	5.4-5.2	5.6-5.4	5.7-5.6
$p_f$	2	29.820	26.585	23.860	21.570	19.595	17.915	17.020	14.565	14.000	12.995	12.070	11.270	10.540	9.875	9.410
	3	23.350	20.545	19.625	17.445	15.990	14.725	13.610	12.630	11.745	10.970	10.250	9.615	9.035	8.505	8.130
	6	12.635	11.887	10.865	10.155	9.480	8.900	8.375	7.895	7.450	6.805	6.670	6.345	6.030	5.740	5.520
	1	53.950	46.595	40.650	35.775	31.775	28.395	25.555	23.100	20.995	19.160	17.580	16.185	14.925	13.840	13.080
	4	18.560	16.920	15.495	14.280	13.210	12.230	11.405	10.650	9.955	9.350	8.785	8.265	7.815	7.390	7.090
	5	15.485	14.090	12.645	11.915	11.315	10.135	9.695	4.790	12.875	8.070	7.615	7.210	6.830	6.430	6.240
$p_c$	2	39.350	34.000	29.700	26.300	23.400	21.000	21.350	14.975	15.835	14.550	13.380	12.410	11.535	10.735	10.220
	3	30.650	24.670	25.765	21.165	19.000	17.250	15.670	14.400	13.235	12.250	11.335	10.570	9.845	9.235	8.790
	6	15.650	14.095	12.870	11.820	10.875	10.085	9.405	8.745	8.200	7.715	7.240	6.850	6.470	6.135	5.880
	1	71.210	59.795	50.935	43.900	38.275	33.655	29.865	26.665	23.965	21.655	19.690	17.980	16.470	15.170	14.280
	4	23.635	20.935	18.740	16.930	15.400	14.060	12.945	11.955	11.075	10.315	9.615	8.990	8.455	7.945	7.600
	5	20.265	17.605	14.465	13.905	13.650	10.865	10.875	10.140	9.440	8.840	8.280	7.795	7.345	6.935	6.600



**Şekil-19.** Bütünsel duvar (crosswall) tiplerinin toplam rijitliklerinin karşılaştırılması



Şekil-20. Plan tiplerinin rölatif rijitliklerinin karşılaştırılması

Tablo-6. Yapının kısa ve uzun doğrultularında, her bir dolu duvar parçasına gelen yatay kuvvet oranlarının dağılımı

x yönü					y yönü						
		A1	B1	A2	B2		A1	B1	A2	B2	
A aksı	1	0.132 F	0.100 F	0.104 F	0.094 F	1 aksı	a	0.225 F	0.226 F	0.208 <sup>3</sup> F	0.217 F
	2	0.046 F	0.050 F	0.050 F	0.057 F	2 aksı	b	0.094 F	0.084 F	0.087 F	0.079 F
	3	0.040 F	0.050 F	0.050 F	0.057 F		c	0.033 F	0.045 F	0.048 F	0.058 F
	4	0.046 F	0.050 F	0.050 F	0.057 F		d	0.094 F	0.084 F	0.087 F	0.079 F
	5	0.132 F	0.100 F	0.104 F	0.094 F	2' aksı	e	0.023 F	0.013 F	0.035 F	0.024 F
B aksı	1	0.098 F	0.100 F	0.104 F	0.104 F	3 aksı	f	0.066 F	0.090 F	0.091 F	0.111 F
	2	0.092 F	0.093 F	0.104 F	0.104 F	3' aksı	g	0.023 F	0.013 F	0.035 F	0.024 F
C aksı	1	0.052 F	0.064 F	0.064 F	0.063 F	4 aksı	h	0.108 F	0.110 F	0.100 F	0.095 F
	2	0.092 F	0.071 F	0.086 F	0.073 F		i	0.108 F	0.110 F	0.100 F	0.095 F
D aksı	1	0.052 F	0.064 F	0.064 F	0.063 F	5 aksı	k	0.225 F	0.226 F	0.208 <sup>3</sup> F	0.217 F
	2	0.046 F	0.050 F	0.050 F	0.057 F						
	3	0.086 F	0.150 F	0.095 F	0.109 F						
	4	0.046 F	0.050 F	0.050 F	0.057 F						
	5	0.092 F	0.071 F	0.086 F	0.073 F						

(F: Binaya gelen yatay deprem yükü)

Sonuçların değerlendirilmesi;



- Bütünsel duvarlar alternatif çözümlerin tümünde en çok rijitliğe sahiptir. Bu nedenle, tek katlı kargir bir binada, kesinlikle 8 farklı aksta bütünsel duvar tasarlanmalıdır (x yönünde 4, y yönünde 4).
- Yalnız duvar boyu önemli değildir. Ayrıca, o duvarın yüksekliği ve kesit geometrisi de aynı öneme sahiptir. Alışılmış hesap metodunda; "a" faktörü sadece dikdörtgen kesit biçimi için 1.5 olup, diğer tüm kesit biçimleri için aynı değer ( $\alpha=1$ ) alınmaktadır. Önerilen yöntem ile bu tiplerin arasındaki rijitlik farkları belirgin hale getirilmiştir. Bu önemli bir sonuçtur. Çünkü binanın gerçek rijitlik merkezine ulaşacak en yakın sonuç, ancak ayrıntılı rijitlik sınıflandırılması ile olanaklıdır. Örnekte görülebileceği gibi, A2 ve B2'de binanın rijitlik merkezinin koordinatları aynıdır. Ancak, B1'de elde edilen sonuç  $B1_{yo}-B2_{yo}=3.33m-3.23m=0.10m$ , A1'de ise elde edilen sonuç  $A1_{yo}-A2_{yo}=3.72m-3.22m=0.50m$ 'dir. Bunların dışında,  $A1_{yo}-CM$  (ağırlık merkezi)  $=3.72m-3.10m=0.62m$  değeri gizli bir eksantirisite yani gizli bir tehlikedir.  $M=0.62F$ 'lik moment etkisi (torsional effect) kadar ilave kuvvet y yönünde tüm duvarlara dağılacaktır. Bu nedenle, önerilen yapım metodu ile hesap metodu birlikte kullanılmalıdır.
- Özellikle ikincil duvarların (secondary wall) toplam deprem kuvvetinden aldıkları pay, alternatifler arasında çok önemli farklar oluşturmaktadır. Bu fark, duvarların rölatif rijitliği ile oluşmaktadır (B aksı-3 no'lu parça).
- A aksındaki duvar parçalarında yalnız A1 alternatifinde kesit geometrisine bağlı farklı dağılımlar elde edilmektedir.
- A aksı- 2, 4 ve 3 duvar parçaları A2,B1 ve B2'de aynı rölatif rijitlikte iken, A1'de farklıdır. Bu fark, ikincil duvarların bir veya iki duvarla kesişmesinin de farklılığının önemini göstermektedir.
- 3 no'lu aks-f bütünsel duvar A1 ve B2 arasındaki farka en iyi örnektir. Bu bütünsel duvar ; y yönündeki deprem kuvvetinden, toplamdaki dağılıma bağlı olarak, karşı davranışını önemli kılmaktadır.
- Dikdörtgen kesitli bütünsel duvar (Tablo 3 - tip 1), A1 ile daha güvenli kılınmıştır. Çünkü dikdörtgen kesit biçimli duvar; uzunluğu azaldıkça, en zayıf ve çabuk hasarlanan duvar kesit biçimidir.
- Önerilen inşa ve hesap metodu kullanılırsa, "B plan" tipinin duvar kesit biçimi tasarımı uygun değildir (D aksı-3 no'lu parça). Bunun nedeni; bir aks üzerinde, rölatif rijitliği çok yüksek olan bir bütünsel duvar veya ikincil duvar, aynı aks üzerindeki diğerlerine göre tasarlanmamasıdır.
- A1 ve B1 ile; toplam deprem kuvvetinin, kesit biçimi ile ilişkili dağılımı, plan tipine bakılmaksızın şekil.'den kolaylıkla algılanmaktadır.
- Özellikle rölatif rijitliği düşük olan duvar parçaları, önerilen metot ile çok belirgin olarak seçilmektedir. Aksi durumda, bu duvarların güçlü sayılması hayali olacağından, daha fazla yük taşıyacağı varsayımı tehlikelidir. Bu durumda, bunlar çok erken hasarlanacak ve diğer duvarlar ilave yük alarak bina yıkılabilecektir.
- Mimari tasarım aşamasında, önerilen dış kanatlar, rijitlik merkezinin dengelenmesi için aynı zamanda katkı verecektir (özellikle ikincil duvarlar). Tasarımda, kesinlikle binanın dış köşelerinde ve bütünsel duvarların ucunda dış kanatlar yapılmalıdır.

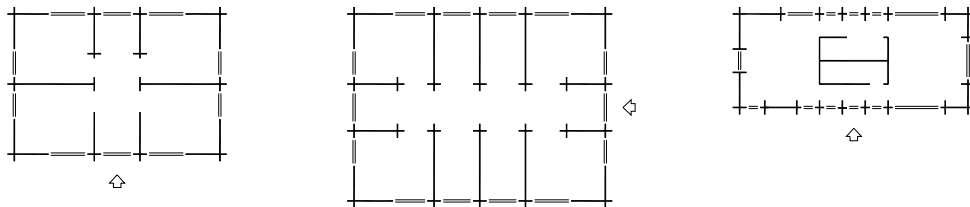
Tablo 3'ün hazırlanmasında ve verilen örnekte, duvar yüksekliği  $H=3.0m$  alınmıştır. Duvar yüksekliği azaldığında rijitlik artacağından, daha az yükseklikte kargir bina yapılması önerilir. Bunun için, Tablo 3'deki alan ve atalet momenti aynen alınarak  $H=2.7m$ ,  $H=2.8m$ ,  $H=2.9m$  için Formül 2 ve 3 kullanılarak, kolaylıkla yeni hesap tabloları oluşturulabilir. Ancak "a" katsayılarının yerleri ve sıraları değiştirilmeyecektir.

### 4.3. Önerilen Mimari Tasarım

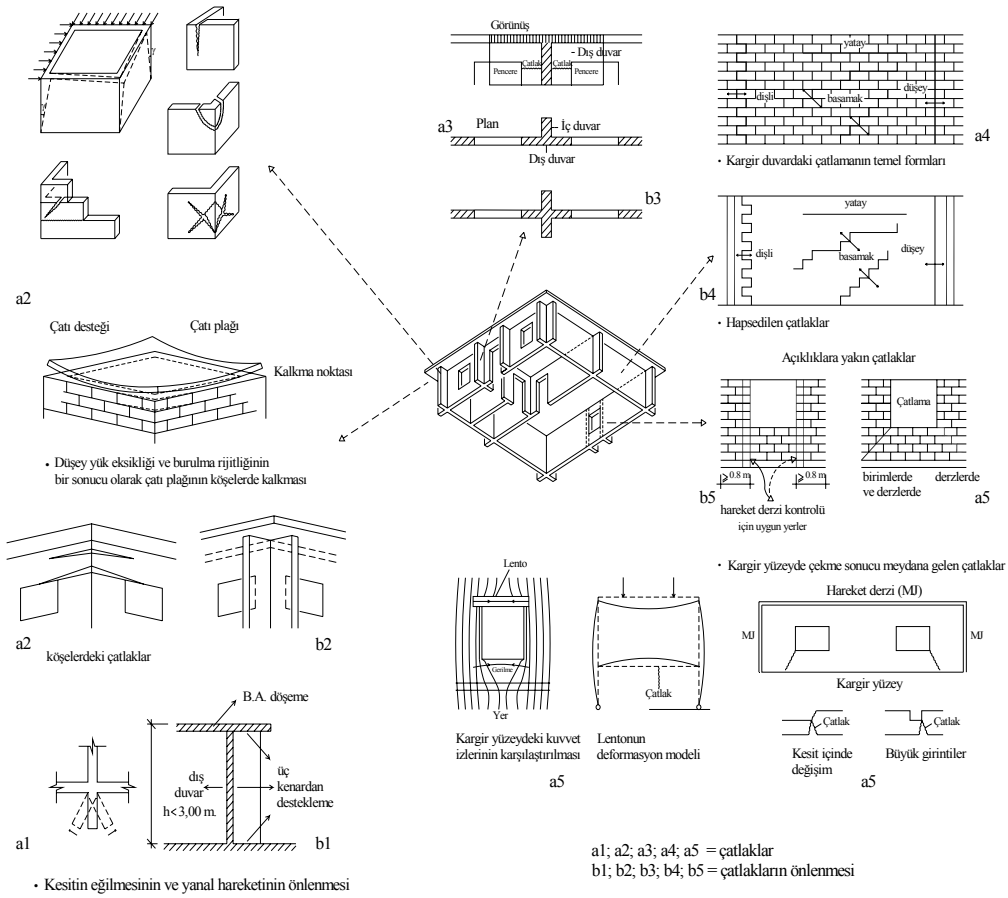
Bu yeni form, ne bir diş (fin) ne de bir payandadır (pier). Bir anlamda bu, eşit kollu + kesitli gizli bir kolondur. Bu formun bir diğere tanımı, betonarme bir perdenin uçlarının güçlendirilmesi işleminin kargire uyarlanmasıdır. Önerilen yöntemle elde edilecek mimari tasarım için farklı fonksiyonlara ve büyüklüklere bağlı plan şemaları ve üzerlerinde belirginleştirilmiş "öneri duvar tipleri" Şekil 21'de verilmiştir (özellikle iç mekanlarda sabit gömme dolaplara ve mobilyalara uygun). Önerilen bu yapıım yöntemi ile inşa edilecek kargir bir binanın olası üstünlükleri aşağıda belirtilmiştir:

- Dolu duvar uzunluğu artacaktır
- Üzerinde boşluk bulunan serbest açıklıklı duvarın, boşluk yanlarında önerilen dişlerle (fin) dayanımı artacaktır.
- Bina köşelerinin ötelenmesi önlenecektir.
- "+" tipi duvar kesişme yerleri, tuğladan "kolon/doğal düşey hatıl" oluşturularak; gizli, göreceli, noktasal bir düşey taşıyıcı eleman davranışını sergileyecektir. Bu gizli kolonlar ile, binanın bir anda göçmesi önlenebilecektir.
- Deprem etkisi ile oluşan "x" çatlakları, düşey dişler (fin) arasında hapsedilerek, büyümeleri önlenebilecektir.
- Depreme karşı direnen bütünsel duvarın her iki ucunun "+" formu ile şekillendirilmesiyle, bu bütünsel duvarın rijitlik katsayısı maksimum olacaktır.
- Dış duvar-temel üstü arakesitinde, alan ve çevre artışı elde edilecektir. Bu durumda sürtünme yolu ile elde edilecek dayanım yükselecektir.
- Pencere üstündeki yatay hatıldan (kuşaktan) başka yatay hatıl ve düşey hatıl kullanılmaya gerek olmayacağından, betonarme malzeme minimum kullanılmış olacaktır. Bu ise minimum maliyet demektir.

Bu mimarinin dış görünüşünde oluşan "düşey" duvarlar, çeşitli nedenlere bağlı olarak oluşan hasarların da önlenmesini olanaklı kılabilir (Şekil 22). Bütün bu olumlu katkıların yanında, bir bina estetik olarak değerlendirildiğinde, tasarımcıların estetik değer yargılarının bir tercih nedeni olabileceği de unutulmamalıdır.



**Şekil-21.** Önerilen yöntemle elde edilecek mimari tasarım için farklı fonksiyonlara ve büyüklüklere bağlı örnek plan tipleri



Şekil-22. Farklı nedenlerden dolayı oluşan çatlakların öneri metot ile önlenmesi [5, 7,8,10]

## 5. SONUÇ

Kargir binalar; kısa periyotlu ve düşük sönümlü olması nedeni ile, depremde hasar görebilir hem periyot hem de sönümlerinde bir miktar artış olabilmektedir. Bu durumda yapıya gelen deprem kuvvetlerinin azalması söz konusu olabilir. Ancak bu artış hiçbir zaman bina dayanımını artıracak bir mertebeye ulaşmamaktadır. Bu nedenle kargir binalara özellik veren rijitlik vasfı bir üstünlük kabul edilmeli ve bu doğrultuda konstrüktif çözümlerle dayanım artırımı düşünülmelidir. Yeni yönetmelikte (Mart, 2006), dolu duvar parçalarının görece kayma rijitliği hesabında, "k" katsayısı verilmiştir. Duvarın yatay enkesiti dikdörtgen ise  $k=1.0$ , diğer duvar biçimlerinde ise  $k=1.2$  alınmaktadır (madde 5.3.3.1, syf.88). Bu maddenin, bu makale içeriğine bağlı olarak yeniden gözden geçirilmesi önerilmektedir.

Kargir binaların; hesap sonucu yüksek mertebede yatay kuvvetlere dayanabildiği görülmekte ise de, bu binaların depremde çok büyük yatay kuvvetlerle zorlandığı bilinmeli ve tahmin edilemeyecek olumsuz durumlar gözardı edilmemelidir.

## KAYNAKLAR

Ralph, W. G., "Associates Structural Engineers, Methodology for Seismic Design and Construction of Single Family Dwellings, California U.S. Department of Housing and Urban Development, Division of Energy, Building Technology and Standards, 1978.

Ambrose, J., Vergun, D., "Design for Earthquakes", John Wiley & Sons, INC., USA, 1999 ss.24-80.

"Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik", İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, Yayın No:25,9.Baskı,1999,syf.68.

Architectural Institute of Japan, "design essentials in earthquake resistant buildings"Elsevier Publishing Company, Newyork, 1970, syf.242.

Pfeifer, Ramcke, Achtziger, Zilch,"Masonry Construction Manual", Birkhäuser, Edition Detail München, 2001.

Priestley, M.J.N., and He Limin,"Seismic Response of T-Section Masonry Shear Walls", Masonry Society Journal, Vol.9, No.1, August 1990, syf.10-19.

Curtin, Shaw, Beck, Bray, "Structural Masonry Designers' Manual", Second Edition (Revised), Published by Blackwell Science, 1997.

Bayülke, N., "Depremde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi", İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, Yayın No:15,7.Baskı,1999, syf.126.

Seismic Design for Buildings, TM5-809-10, Department of the Army, or AFM 88-3, Chapter 7, Department of the Air Force, or NAVDOCKS P-355, Department of the Navy, Washington, D.C.,1966.

Randall, Frank, A., Jr., Panarese, William C., "Concrete Masonry Handbook", Portland Cement Association, 1976, Printed in U.S.A.