

Az katlı binalar için alternatif bir yapı sistemi

Haluk SESİGÜR*, Feridun ÇILI

İTÜ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34437, Taşkişla, Taksim, İstanbul

Özet

Geleneksel yapı sistemlerine alternatif olarak, teknoloji bakımından gelişmiş ülkelerden transfer edilen yapı sistemleri ülkemizde yeni yeni uygulama alanı bulmaktadır. Bu tür sistemlerin geleneksel sistemlere göre üstünlükleri taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların atölyede otomasyon kontrollü olarak hazırlanması, kullanılan malzemenin kaliteli oluşu, taşıyıcı sistem elemanlarının hafifliği olarak sayılabilir. Bu çalışmada endüstriyel yapı sistemlerinden üç tabakalı kompozit panelli sistem incelenmiştir. Üç tabakalı kompozit panelli sistemin yatay yüklere göre hesabı verilen bağıntılar yardımıyla açıklanmıştır. Duvar elemanlarının rijitliklerinin hesabında tablalı kesitler kullanılmış, çeşitli etkili genişlik-duvar kalınlığı oranları için kayma şekil değiştirmesi katsayısı değerleri hesaplanmıştır. Literatürde tablalı kesitler için önerilen kayma şekil değiştirmesi katsayısı ile birlikte, elde edilen sonuçlar Sonlu Eleman Yöntemi ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak bir tabloda özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Sandviç panel sistem, kompozit panel sistem, kayma şekil değiştirmesi katsayısı.*

An alternative structural system for low rise buildings

Abstract

In the recent years, a number of construction methods, which transferred from contemporary countries, are applied in Turkey. Naturally, before applying them, it is important to investigate their applicability: proposed design methods have to be approved by earthquake experiences. Connection details of the structural systems have to be capable to resist earthquake effects. Some of them are constructed in the earthquake prone areas and it is seen that they performed successfully against earthquake excitations. In this study, a new structural system, which consists of composite insulated sandwich panels, is introduced. The construction details, material components and structural design guides for the lateral loads are provided. Composite insulated sandwich panels are formed of three layers. Outer layers are constructed of concrete reinforcing wire mesh and they are surrounding the insulation layer. Some advantages of the system can be enumerated as follows: lightness of the structural system, the homogeneity and the good quality of material, short period of the construction time and good lateral rigidity. In this study, a new structural system, which consists of composite insulated sandwich panels, is introduced. Structural design guides for the lateral loads are given. During the calculation process for rigidity, flanged sections formed by the connection of intersecting walls or by adding returns at the ends of walls are taken in to account. Shear coefficient values are obtained for different b_f/t_w ratios. Here b_f is being effective width, t_w is being web thickness of the wall section. Rigidity values obtained are compared with Finite Element Modelling solutions.

Keywords: *Sandwich panel, composite insulated, shear coefficient.*

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Haluk SESİGÜR. haluk@itu.edu.tr; Tel: 293 13 00 dahili: 2285.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Mimarlık Fakültesi'nde tamamlanmış olan "Az katlı binalar için alternatif bir yapı sistemi ve yatay yüklere göre hesabında uygulanabilecek bir yöntem" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 28.05.2004 tarihinde dergiye ulaşmış, 28.01.2005 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.12.2006 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Giriş

Günümüzde kullanılan gelişmiş inşaat teknolojileri ile geleneksel sistemlere alternatif olarak depreme dayanıklı yapılar üretilebilmektedir. Özellikle endüstrileşmiş yapım sistemlerindeki olumlu gelişme ve prefabrikasyon teknolojisinin giderek yaygınlaşması, inşaat maliyeti ve hızı açısından geleneksel sistemlere göre bazı durumlarda ekonomik nedenlerle tercih edilebilmektedir. Bu tür yapım sistemlerinin uygulanabilmesi için üstünlük ve sakıncalarının konuyla ilgili teknik personel tarafından yeterince bilinmesi gereği açıktır. Bu amaçla bu çalışmada öncelikle Türkiye’de son on yıl içinde 13 Mart 1992 Erzincan depremi ile başlayan ve sırasıyla 1 Ekim 1995 Dinar, 25 Haziran 1998 Adana (Ceyhan), 17 Ağustos 1999 Kocaeli (İzmit) ve 12 Kasım 1999 Düzce depremlerinde binalarda ortaya çıkan yapısal ve yapısal olmayan hasarların genel bir değerlendirmesi yapılacaktır, mevcut yapı sektöründe geleneksel sistemlere alternatif olarak kullanılabilir bir endüstrileşmiş yapım sisteminin taşıyıcı sistem özellikleri karşılaştırılmalı olarak verilecek ve deprem yüklerini simgeleyen yatay yükler altında hesapta kullanılabilir bir yöntem önerilecektir.

Depreme dayanıklı yapılarda en önemli gereksinimlerden biri taşıyıcı sistemin düzenli biçimde oluşturulmasıdır. Bir yapı ideal anlamda birçok biçimde taşıyıcı sisteme sahip olabilir. Mühendislikte amaç bu şekilde oluşturulan taşıyıcı sistemlerden en uygununu/optimumunu arayıp bulmaktır. Optimum/en uygun çözümün güvenli ve aynı zamanda ekonomik çözüm olduğu açıktır. Bu bağlamda, depreme dayanıklı yapı tasarım ilkeleri taşıyıcı sistemin özellikleri bakımından aşağıdaki gibi özetlenebilir:

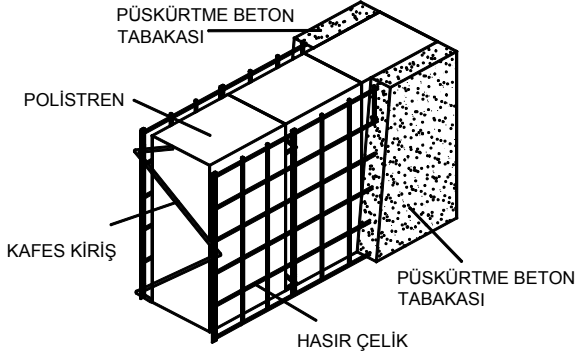
Binada taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan (bölme duvarları gibi) elemanlar mümkün olduğunca hafif olmalı, gereksiz ağırlıklardan kaçınılmalıdır. Bina depremlerde önemli miktarlara çıkabilen burulma etkilerini karşılayabilme açısından basit, planda ve düşeyde simetrik olmalı, yönetmeliklerin önermediği özellikleri içermemelidir. Basitliğin her zaman güvenliği getirdiği, tersine sistemdeki karmaşıklığın yapıyı olumsuz yönde etkilediği ve yapının depreme dayanıklılığını

azalttığı bilinmelidir. Bina taşıyıcı sisteminde üniform ve sürekli bir kütle, yeterli/gerekli rijitlik, dayanım ve süneklik bulunmalıdır. Ayrıca, yumuşak/zayıf katların ve kısa kolonların oluşumu önlenmelidir. Bina taşıyıcı sistemi olan ölçülerde/boyutlarda giriş açıklıklarına sahip olmalı, bu bağlamda açıklığı çok fazla konsollardan/çıkmalardan kaçınılmalıdır. Taşıyıcı olmayan bölme duvarları ya taşıyıcı sistem elemanlarıyla etkileşime girmeyecek biçimde ayrılmalı ya da tüm sistemle birlikte çalışacak biçimde entegrasyonu sağlanmalıdır. İkinci durumda uygun detaylandırma ile yapının taşıyıcı olmayan elemanları yanal rijitliğe katkı sağlayarak binanın deprem güvenliğini artırır. Yapı taşıyıcı sistemi, elastik olmayan şekil değiştirmelerin tasarımcı tarafından istenilen bölgelerde, belli bir sırayla oluşmasına olanak sağlamalıdır. Yapının taşıyıcı sistem elemanlarının bağlantıları ve mesnetleri arasında dengeli bir rijitlik ve dayanım düzeyi sağlanmalıdır. Tüm yapının rijitlik ve dayanımı, zemin ve temel sisteminin rijitlik ve dayanım düzeyiyle uyumlu olmalıdır. Temel zeminine ilişkin parametreler gereği gibi göz önüne alınmalıdır (Çelik vd., 2000).

Üç tabakalı kompozit yapı sistemi fazlaca bir tesis gerektirmeyen, atölyede polistren ve betonarme donatısı önceden otomatik cihazlarda hazırlanan bir “*endüstriyel yapım sistemi*” dir. Sistemin atölyedeki ana elemanları polistren ve yüksek dayanımlı galvanizli betonarme çeliği, şantiyede ise eleman yüzeyine püskürtülen betondur. Üretimde betonarme donatısı ve polistren elemanlar atölyede, hazırlanan bir projeye göre üretilmekte, üretim sonucunda inşa edilecek binanın taşıyıcı ya da taşıyıcı olmayan duvar, döşeme, çatı ve merdiven elemanları elde edilmektedir. Üç tabakalı kompozit yapı sistemi gerçekte kalınlığı daha az geleneksel betonarme tünel kalıp sisteminin bir benzeri olup, yalıtımla ilgili sorunlar başlangıçta üretime dahil edilerek çözümlenmiştir; ancak, toplam beton kalınlığının tünel kalıp sistemler için verilen değerlerden daha az olması nedeniyle sistem betonarme yapı olarak değil, yığma kargir yapı olarak değerlendirilebilir.

Üç tabakalı kompozit yapı sistemini oluşturan elemanlar polistren, betonarme betonu ve gal-

vanizli, yüksek mukavemetli betonarme çeliğidir. Panel elemanın her iki yüzünde hasır çelik bulunmakta olup bunlar arasında belirli aralıklarla kafes kiriş elemanlar düzenlenmektedir. Bu elemanlar, panellerin düzlem dışı şekil değiştirmelerinde kesme kuvvetini aktarabilmeleri açısından önem taşımaktadır, Şekil 1.



Şekil 1. Duvar paneli

Üstünlükleri

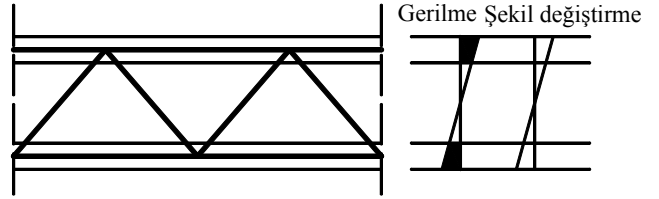
Üç tabakalı kompozit panelli binaların üstünlükleri:

- Hafif bina üretimi (özellikle döşeme sistemi nedeniyle),
- Depreme dayanıklılık, yeterli/gerekli yanal rijitlik ve dayanım,
- Sıcaklık yalıtımı,
- Ses yalıtımı,
- Yüksek yangın güvenliği,
- Düşük nakliye maliyeti,
- Ekonomi,
- Yapım süresinin kısalığı, üretim kolaylığı, az sayıda vasıfsız işçi gereksinimi,
- Bölme duvarlarında sıva çatlağı sorununun ortadan kalkması,
- Betonun ve donatının dış etkilere karşı korunması, korozyon riskinin tamamen ortadan kalkması,
- Kalıp probleminin en aza indirilmesi,
- Sistem elemanlarının atölyede hazırlanmasından dolayı kalite denetiminin sağlanması,
- Tesisat elemanlarının kolayca montajı,
- Üretim tesislerinin basitliği,
- Birçok deprem ülkesinde başarıyla kullanılması,

- Öngörülen beton kalitesinin C25 olması nedeniyle depremlerde betondan kaynaklanabilecek hasarın en aza indirilmiş olması,
- Malzemenin depolanmasındaki kolaylık,
- Polistren levhaların betonu koruması nedeniyle her türlü iklim koşullarında inşa edilebilir oluşu,
- Ahşap kullanımının çok az olması nedeniyle doğal kaynakların korunuyor olması,
- Temel sistemi olarak sürekli temel kullanıldığından, temel düzeyinde daha uygun yük dağılımının sağlanması olarak sıralanabilir.

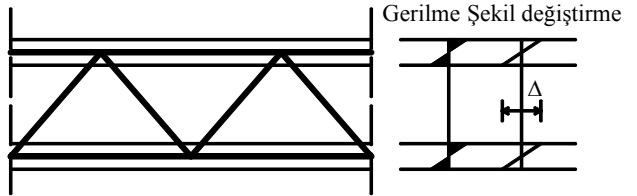
Düzlemine dik yükler altındaki davranış

Üç tabakalı kompozit panelli sistemlerin düzlemlerine dik yükleri altındaki davranışını iki dış tabakayı birbirine bağlayan kayma elemanları belirlemektedir. Kayma elemanları kesme kuvvetini bir tabakadan diğerine aktarabiliyorsa panel kompozit davranış göstermektedir (Şekil 2 Salmon ve diğ., 1997).



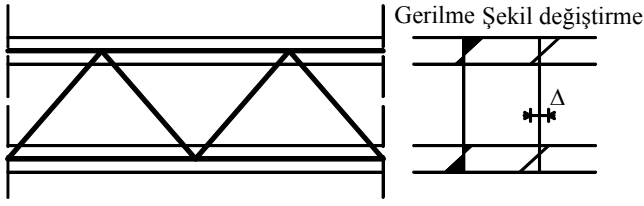
Şekil 2. Kompozit davranış

Eğer bu kayma elemanları kesme kuvvetini bir tabakadan diğerine aktaramıyorsa panel kompozit olmayan davranış göstermektedir (Şekil 3 Salmon ve diğ., 1997).



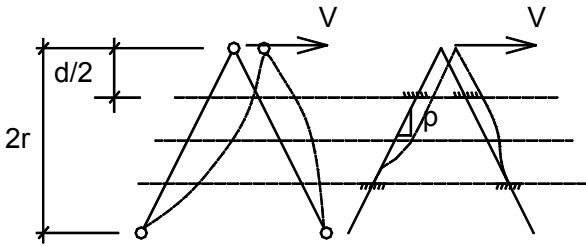
Şekil 3. Kompozit olmayan davranış

Kayma elemanları kesme kuvvetinin bir kısmını bir tabakadan diğerine aktarıyorsa panel yarı kompozit bir davranış göstermektedir (Şekil 4 Salmon vd., 1997).



Şekil 4. Yarı kompozit davranış

Üç tabakalı kompozit panel elemanların kayma bağlantıları Şekil 5’de görüldüğü gibi iki şekilde düzenlenebilir (Salmon ve Einea, 1995). Kayma bağlantıları birleşimleri, mafsalı ya da ankastre olarak düzenlenebilir. (Salmon ve Einea, 1995)’de verilen bağıntılar kullanılarak kayma bağlantıları kafes şeklinde olan üç tabakalı kompozit panellerin düzlemleri dışına olan rijitlik değerleri hesaplanabilir. Diyagonal elemanların kayma rijitliği, mesnetlenme koşullarına bağlı olarak aşağıdaki bağıntılarda verilmiştir:



Şekil 5. Kayma bağlantısı elemanları türleri

(a) Mafsalı Birleşim

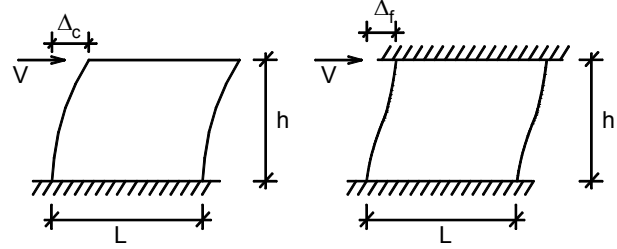
$$K = \frac{A_c E_c p^2 m}{4r^2 b (1 + p^2)^{3/2}} \quad (1)$$

(b) Ankastre Birleşim

$$K = \frac{E_c p^2 m}{2rb(1+p^2)^{5/2} (2r-d)^3} [(1+p^2)(2r-d)^2 A_c + 12p^4 I_c] \quad (2)$$

Bu bağıntılarda E_c elastisite modülü, m paneldeki kafes elemanı sayısı, p kafes elemandaki diyagonallerin eğimi, $2r$ kafes elemanın konstrüksiyon yüksekliği, b panel elemanın genişliği, d püskürtme beton tabakası kalınlığı, A_c kafes elemanın kesit alanı, I_c kafes elemanın atalet momentidir.

Üç tabakalı kompozit panelli yapıların yatay yük hesabı için uygulanabilecek bir yöntem
Şekil 6’da görülen herhangi bir duvarın yatay yük etkisindeki yer değiştirmesi, mesnetlenme durumuna bağlı olarak (3) ve (4) bağıntılarıyla hesaplanmaktadır.



Şekil 6. Duvar elemanı

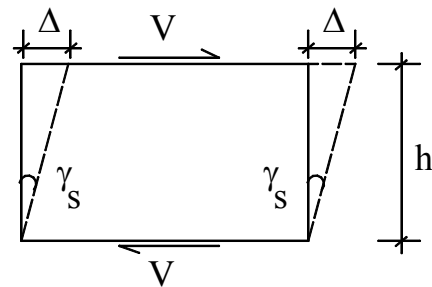
$$\Delta_c = \frac{Vh^3}{3EI} + \frac{k_s Vh}{AG} \quad (3)$$

$$\Delta_f = \frac{Vh^3}{12EI} + \frac{k_s Vh}{AG} \quad (4)$$

Bu bağıntılardaki k_s kayma şekil değişimi katsayısı kesit içindeki kayma açısı değerlerinin farklı olmasından kaynaklanan bir düzeltme katsayısıdır. Literatürde bu katsayı için önerilen değerler, duvar kesiti dikdörtgen şeklinde ise $k_s=1.2$, tablalı bir kesit ise $k_s=1.0$ dir (Hendry ve diğ.,1997). Öncelikle T şekilli kesitlerde bu katsayının hesap yöntemi incelenecektir.

T kesitlerde kayma şekil değişimi katsayısının (k_s) hesabı

Malzemenin lineer elastik, yer değiştirmelerin de küçük olması koşuluyla Şekil 7’ de görülen elemanda kayma şekil değişimi ve kayma şekil değişimi açısı (5) ve (6) numaralı bağıntılar ile hesaplanmaktadır:

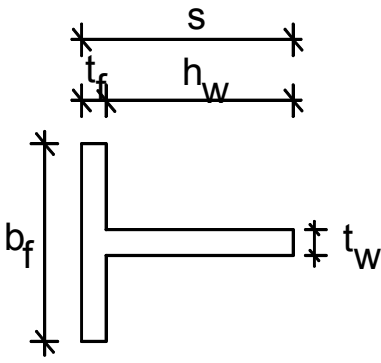


Şekil 7. Basit kayma elemanı

$$\Delta = \frac{\tau}{G} h \quad (5)$$

$$\gamma_s = \frac{\tau}{G} = k_s \frac{V}{GA} \quad (6)$$

İncelenen elemanda V kesme kuvvetinin Δ yer değiştirmesinde yaptığı iş, kesit üzerinde değişken olan kayma gerilmelerinin yaptığı işe eşitlenerek k_s katsayısı Şekil 8'deki T kesitin geometrik özelliklerinin bir fonksiyonu olarak (7) bağıntısı ile hesaplanabilmektedir (Çelik, 1996).



Şekil 8. T kesitin geometrik özellikleri

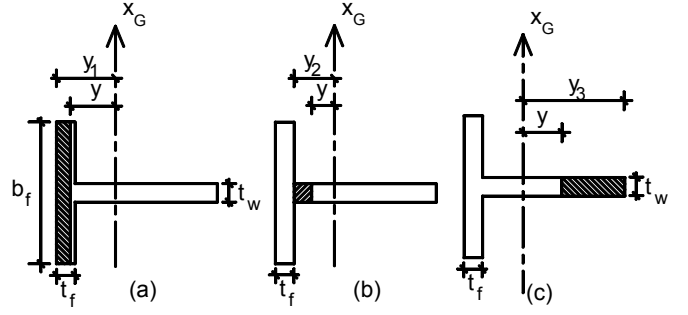
$$k_s = \frac{A}{I_x^2} \iint \frac{Q_x^2}{t^2} dA \quad (7)$$

T kesitlerde k_i 'lerin hesabında ağırlık merkezinin gövde ve başlık içinde olması durumlarıyla karşılaşılmaktadır. Ağırlık merkezinin yerine göre eksenin altında ve üstünde kalan alan parçalarının kayma şekil değiştirmesine katkıları integrallerinin toplanmasıyla belirlenir. Bu nedenle her iki durum için de (7)'deki k_i değerleri ayrı ayrı hesaplanmalıdır (Çelik, 1996):

$$k_s = \frac{A}{I_x^2} (k_1 + k_2 + k_3) \quad (8)$$

Ağırlık merkezinin gövde içinde olması durumu

Şekil 9'da görülen herhangi bir T şeklindeki duvar elemanında ağırlık merkezinin gövde içinde olması durumunda:



Şekil 9. Ağırlık merkezi gövdede

(a) durumu için

$$k_1 = \frac{b_f}{4} \left[\frac{8}{15} y_1^5 - y_1^4 y_2 + \frac{2}{3} y_1^2 y_2^3 - \frac{y_2^5}{5} \right] \quad (9)$$

(b) durumunda k_2 için, C_1 , C_2 , C_3 kesit geometrisine bağlı katsayılar olmak üzere

$$k_2 = \frac{1}{t_w} \left[C_1 y_2 - \frac{C_2}{3} y_2^3 + \frac{C_3}{5} y_2^5 \right] \quad (10)$$

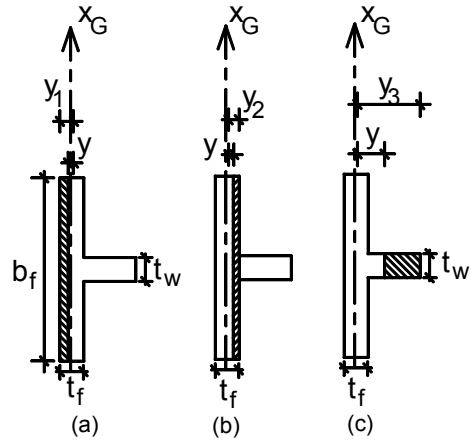
(c) durumunda k_3 için

$$k_3 = \frac{2}{15} t_w y_3^5 \quad (11)$$

bağıntıları kullanılarak k_s değeri (8) ile hesaplanabilir (Çelik, 1996).

Ağırlık merkezinin başlık içinde olması durumu

Şekil 10'da görülen herhangi bir T şeklindeki duvar elemanında ağırlık merkezinin gövde içinde olması durumunda:



Şekil 10. Ağırlık merkezi başlıkta

(a) durumunda k'_1 için

$$k'_1 = \frac{2}{15} y_1^5 b_f \quad (12)$$

(b) durumunda k'_2 için C_4, C_5, C_6 kesit geometrisine bağlı katsayılar olmak üzere

$$k'_2 = \frac{1}{b_f} \left(\frac{C_6}{5} y_2^5 - \frac{C_5}{3} y_2^3 + C_4 y_2 \right) \quad (13)$$

(c) durumunda k'_3 için;

$$k'_3 = \frac{t_w}{4} \left(\frac{8}{15} y_3^5 - \frac{y_2^5}{5} + \frac{2}{3} y_3^2 y_2^3 - y_3^4 y_2 \right) \quad (14)$$

bağıntıları kullanılarak, böyle bir kesitte kayma şekil değiştirme katsayısı

$$k'_s = \frac{A}{I_x^2} (k'_1 + k'_2 + k'_3) \quad (15)$$

bağıntısı yardımıyla hesaplanabilir (Çelik, 1996).

T ve I kesitlerde etkili genişlik (b_f) – kayma şekil değiştirme katsayısı (k_s) ilişkisi

Etkili genişliğin gövde kalınlığına oranının 1~6 arasında değişmesiyle elde edilen k_s kayma şekil

değiştirme katsayılarını gösteren grafikler Şekil 11 ve 12'de verilmiştir:

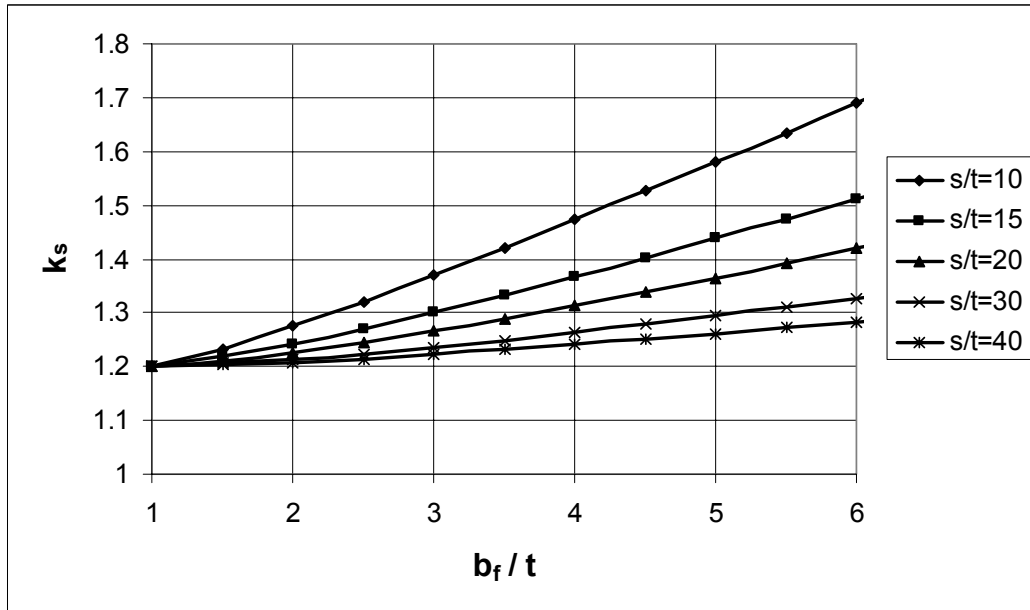
I kesitlerde kayma şekil değiştirme katsayısının (k_s) hesabı

I kesitlerde ağırlık merkezi genellikle gövde içinde bulunduğu için kayma şekil değiştirme katsayısı T kesitler için çıkarılmış olan bağıntılardan faydalanılarak (16) bağıntısı ile hesaplanabilir:

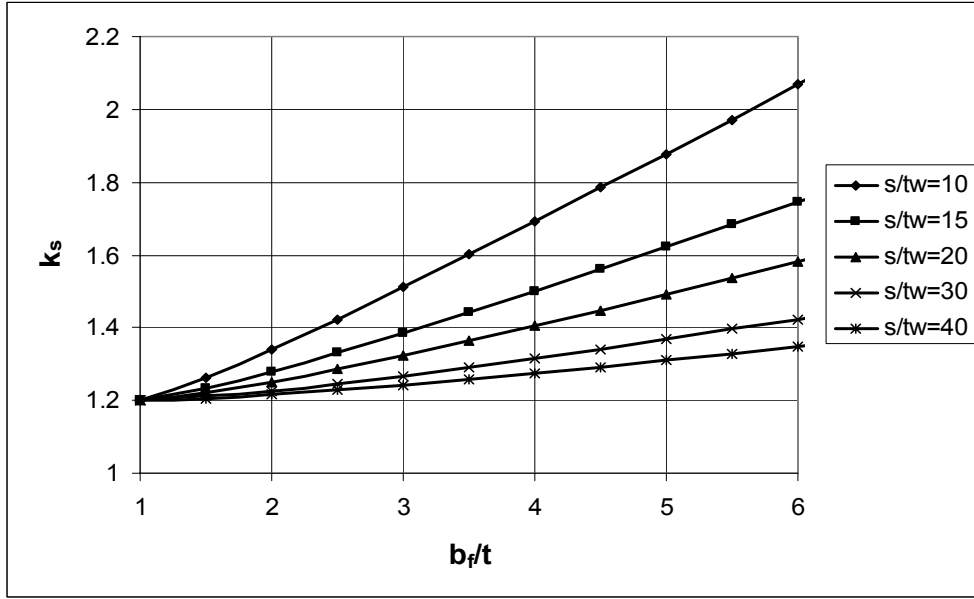
$$k_s = \frac{A}{I_x^2} 2(k_1 + k_2) \quad (16)$$

Hesap yöntemi

Üç tabakalı kompozit panelli yapılarda kullanılan malzeme homojen olduğundan taşıyıcı duvarlar homojen kabul edilebilir. Bu nedenle malzeme ve geometri değişimi bakımından lineer elastik sınırlar içinde kalarak taşıyıcı sistem hesapları yapılabilmektedir. Duvar rijitlikleri (4) ve (5)' de verilen bağıntılar yardımı ile hesaplanabilir. Duvarlarda genellikle kapı ve pencereler nedeniyle boşluklar bulunmaktadır. Bu boşluklar nedeniyle duvarlar alt elemanlara ayrılarak önce her elemanın eğilme ve kayma rijitlikleri, daha sonra denge ve uygunluk koşulları kullanılarak bilinmeyen yer değiştirmeler ile duvar elemanlarındaki kesme kuvvetleri hesaplanır



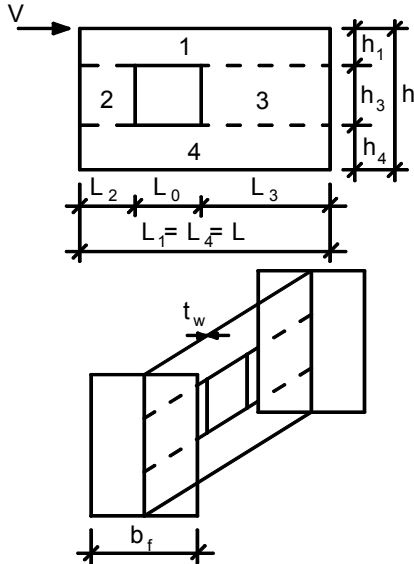
Şekil 11. T kesitteki $b_f/t - k_s$ ilişkisi



Şekil 12. I kesitteki $b_f/t-k_s$ ilişkisi

Hesap yönteminin örnek duvar elemanlarına uygulanması

Örnek 1: Boşluk içeren üç tabakalı kompozit bir duvar elemanı Şekil 13'te görülmektedir. Duvar, elemanlara ayrılarak numaralandırılmıştır. Tablo 1'de etkili genişliğin duvar genişliğine oranı ($b_f/t_w=1, 6$) ve elemanların kesit geometrisine bağlı olarak hesaplanan k_s (kayma şekil değiştirme katsayısı) değerleri ile duvar rijitlikleri hesaplanmıştır.

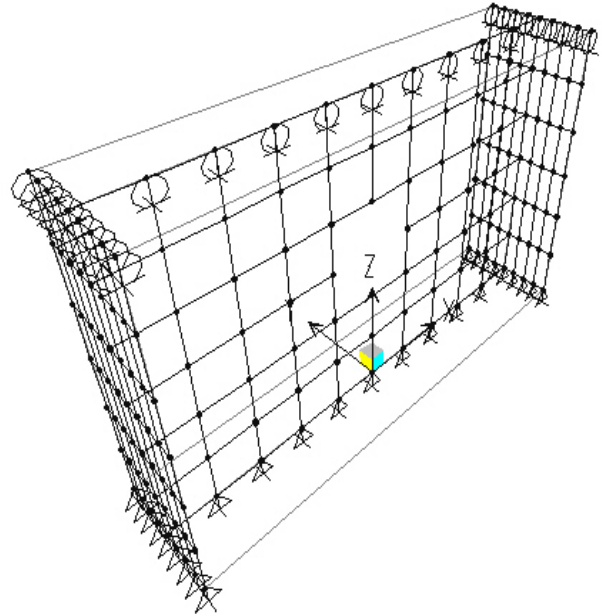


Şekil 13. Örnek 1 duvar elemanı

Elde edilen sonuçlar Sonlu Eleman Yöntemi (SEY) ile hesaplanan değerlerle karşılaştırılmış-

tir. Tablo 1'de görüldüğü gibi 1. satırda duvar elemanı kesiti dikdörtgen alınarak sonuçlar elde edilmiştir. 2. satırda duvar elemanlarının kesiti I ve T şekilli olduğundan kayma şekil değiştirme katsayısı (k_s) hesaplarında (8) ve (16) bağıntılarından yararlanılmıştır.

Tablo 1'in 3. satırında ise duvar elemanlarının Şekil 14'de görüldüğü gibi modellenerek Sonlu Eleman Yöntemi ile hesaplanmasıyla elde edilen sonuçlar görülmektedir.



Şekil 14. Örnek 1 sonlu eleman modeli

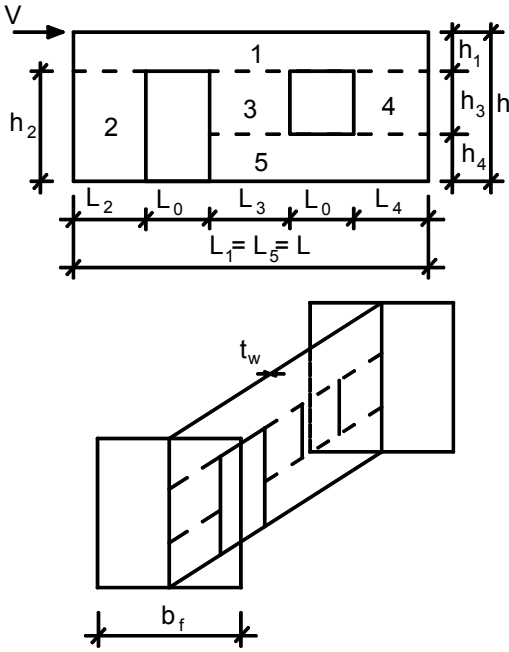
Tablo 1. Bir boşluklu duvar elemanındaki duvar rijitlikleri

Satır No	Hesap Yöntemi	k_s	b_f/t_w	L_0 (m)	L_2 (m)	L_3 (m)	L (m)	h_1 (m)	h_3 (m)	h_4 (m)	$t_f=t_w$ (m)	k (*E)
1	Analitik	1.2	1	1.00	2.00	2.00	5.00	1.00	1.00	1.00	0.20	0.099
2	Analitik	(9), (17)	6	1.00	2.00	2.00	5.00	1.00	1.00	1.00	0.20	0.111
3	SEY	-	6	1.00	2.00	2.00	5.00	1.00	1.00	1.00	0.20	0.111
4	Analitik	1.0	6	1.00	2.00	2.00	5.00	1.00	1.00	1.00	0.20	0.171
5	Analitik	(9), (17)	13	1.00	2.00	2.00	5.00	1.00	1.00	1.00	0.20	0.114
6	SEY	-	13	1.00	2.00	2.00	5.00	1.00	1.00	1.00	0.20	0.104
7	Analitik	1.0	13	1.00	2.00	2.00	5.00	1.00	1.00	1.00	0.20	0.242

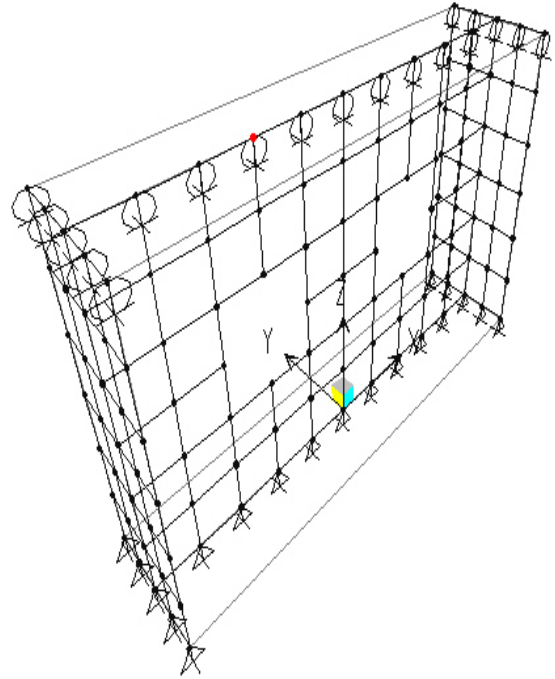
Örnek 2: İki boşluk içeren üç tabakalı kompozit bir duvar elemanı Şekil 15’de görülmektedir. Duvar, elemanlara ayrılarak numaralandırılmıştır.

Tablo 1’de etkili genişliğin duvar genişliğine oranı ($b_f/t_w=1, 6$) ve elemanların kesit geometrisine bağlı olarak hesaplanan k_s (kayma şekil değiştirme katsayısı) değerleri ile duvar rijitlikleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Sonlu Eleman Yöntemi (SEY) ile hesaplanan değerlerle karşılaştırılmıştır.

Tablo 2’de görüldüğü gibi 1. satırda duvar elemanı kesiti dikdörtgen alınarak sonuçlar elde edilmiştir. 2. satırda duvar elemanlarının kesiti I ve T şekilli olduğundan kayma şekil değiştirme katsayısı (k_s) hesaplarında (8) ve (16) bağıntılarından yararlanılmıştır. Tablo 1’in 3. satırında ise duvar elemanlarının Şekil 16’da görüldüğü gibi modellenerek Sonlu Eleman Yöntemi ile hesaplanmasıyla elde edilen sonuçlar görülmektedir.



Şekil 15. İki boşluklu duvar elemanı



Şekil 16. Örnek 2 sonlu eleman modeli

Tablo 2. İki boşluklu duvar elemanındaki duvar rijitlikleri

Satır No	Hesap Yöntemi	k_s	b_f/t_w	L_0 (m)	L_1 (m)	L_2, L_3, L_4 (m)	L (m)	h_1, h_3, h_4 (m)	$t_f=t_w$ (m)	k (*E)
1	Analitik	1.2	1	1.00	2.00	1.00	5.00	1.00	0.20	0.078
2	Analitik	(9), (17)	6	1.00	2.00	1.00	5.00	1.00	0.20	0.091
3	SEY	-	6	1.00	2.00	1.00	5.00	1.00	0.20	0.074
4	Analitik	1.0	6	1.00	2.00	1.00	5.00	1.00	0.20	0.139
5	Analitik	(9), (17)	13	1.00	2.00	1.00	5.00	1.00	0.20	0.096
6	SEY	-	13	1.00	2.00	1.00	5.00	1.00	0.20	0.076
7	Analitik	1.0	13	1.00	2.00	1.00	5.00	1.00	0.20	0.197

Sonuçlar

Günümüzde geleneksel yapı sistemlerine alternatif olarak endüstrileşmiş yapı sistemleri kullanılmaktadır. Bu tür sistemlerin üstünlükleri taşıyıcı sistem elemanlarını oluşturan malzemenin kalitesi, taşıyıcı sistem elemanlarının hafifliği, inşaat süresinin kısalığı, nakliye maliyetinin düşük olması, sıcaklık ve ses yalıtımının iyi olması, üretim tesislerinin basitliği, ekonomik olması gibi özelliklerdir. Ülkemizde az katlı yapılar genellikle betonarme olarak inşa edilmektedir. Bu tür yapılar mühendislik hizmeti görmeden ehil olmayan kişiler tarafından inşa edilebilmektedir. Kullanılan betonun kalitesi denetlenmemektedir. Bu nedenle endüstrileşmiş yapı sistemlerini yaygınlaştırmak böylesi sorunları azaltacaktır. Ülkemizde uygulanan bazı yeni yapı sistemleri yurtdışından, teknolojik bakımdan ilerlemiş ülkelerden getirilmiştir. Bu ülkelerin depremlerle ilgili geçmişlerinin olması bu sistemlerin adapte edilmesi açısından önemlidir. Endüstrileşmiş yapı sistemlerinin kullanımını yaygınlaştırmak amacıyla bu çalışmada bu sistemlerden üç tabakalı kompozit panelli yapı sistemi incelenmiştir.

Taşıyıcı sistemde kullanılan elemanların düzlemine dik yükler altındaki rijitliği kayma elemanları olarak düzenlenen kafes kirişlerin aralıklarına göre değişmektedir. İstenen rijitliği verebilecek kafes kiriş sayısı (1), (2)'de verilen bağıntılardan belirlenebilmektedir.

Taşıyıcı sistem elemanlarının düzlemi içindeki yüklerden dolayı rijitliklerini hesaplarken eğilme ve kayma şekil değiştirmeleri gözönüne alınmaktadır. Kayma şekil değiştirmelerinin hesabında duvar elemanının kesit şeklinin I veya T olması duvar rijitliğini önemli oranda değiştirmektedir.

Kayma şekil değiştirmesi katsayısı (k_s) için yapılan analitik hesaplamalarda T ve I kesitler için 1.0'den farklı değerler elde edilmiş, farklı etkili genişlikler için k_s değerleri Şekil 11 ve 12'de grafiklerle gösterilmiştir. Etkili genişliğin gövde genişliğine oranının 6 olduğu durumda duvar rijitliğinin yaklaşık %10~25 kadar farklı olduğu görülmektedir. Tablo 1 ve 2'de görüldüğü gibi, kayma şekil değiştirmesi katsayısı k_s 'in analitik yöntemle hesaplanması ile ulaşılan duvar rijitliği, k_s 'in 1.0 alınarak hesaplanan duvar rijitliğine göre Sonlu Eleman Yöntemi ile elde edilen duvar rijitliğine daha yakın değerdedir.

Üç tabakalı kompozit panelli yapı sistemlerinin yatay yüklere göre hesabı için açıklanan yöntem bu sisteme benzer, malzemenin homojen olduğu diğer az katlı endüstrileşmiş yapı sistemlerinde de kullanılabilir. Duvar elemanlarının rijitliklerinin hesaplanmasında kullanılan kayma şekil değiştirmesi (k_s) katsayıları verilen bağıntılardan ya da Şekil 11 ve 12'de verilen grafiklerden elde edilebilir.

Semboller

A	:Toplam kesit alanı
A_c	:Kafes elemanı kesit alanı
b	:Panel genişliği
b_f	:Etkili genişlik
$C1, \dots, C6$:Kesit özelliklerine bağlı katsayılar
d	:Panel elemanın en dış tabaka kalınlığı
E, E_c	:Elastisite modülü
G	:Kayma modülü
h	:Duvar yüksekliği
I, I_c	:Kesit atalet momenti
$h1, \dots, h5$:Duvar elemanlarının yükseklikleri
h_w	:I ve T kesitin gövde yüksekliği
k	:Duvar rijitliği
$k1, k2, k3,$ $k1', k2', k3'$:Kayma şekil değiştirme katsayısının hesabında kullanılan katsayılar
k_s	:Kayma şekil değiştirme katsayısı
L	:Duvar boyu
$L0$:Boşluk boyu
$L1, \dots, L5$:Duvar elemanlarının boyları
m	:Paneldeki kafes elemanı sayısı
p	:Kafes kirişteki diyagonal elemanın eğimi
Q_x	:Alan momenti
r	:Kafes elemanın konstrüksiyon yüksekliği
s	:I ve T kesit yüksekliği
t	:Duvar kalınlığı
t_f	I ve T kesit başlık kalınlığı
t_w	I ve T kesit gövde kalınlığı
y_1, y_2, y_3	Kayma şekil değiştirme katsayısının hesabındaki integrasyonun sınır değerleri
V	Duvara etkiyen kesme kuvveti
Δ	Duvar elemanı yer değiştirmesi
Δ_c	Konsol duvar elemanının yer değiştirmesi
Δ_f	İki ucu ankastre mesnetli duvar elemanının yer değiştirmesi
γ_s	Kayma açısı
τ	Kayma gerilmesi

Kaynaklar

- Aka, İ., Çılı, F., Çelik, O. C., (2001). Depreme dayanıklı bina tasarımı ve uygulaması, *Yapı Malzemesi ve Deprem Semineri*, 9-21, 14-16 Mart, İstanbul.
- Bosiljkov, V, Kralj, B., Zarnic, R., Pande, G.N., (1997). Finite element analysis of model shear tests, *Proceedings of Fourth International Symposium on Computer Methods in Structural Masonry*, Florence, Italy, 3-5 September.
- Çelik, O. C., Çılı, F., Özgen, K., (2000). 17 Ağustos 1999 Kocaeli (İzmit) depreminden gözlemler, *Yapı*, 218, 65-76.
- Çelik, O. C., (1996). Gövdesi boşluklu çelik I kirişlerin incelenmesi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çılı, F., (1978). Yığma yapıların yatay yüklere göre hesabı, *Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni*, 22, 7-25.
- Hendry, A. W., Sinha, B. P., Davies, S. R., (1997). *Design of Masonry Structures*, Chapman & Hall, London.
- Paulay, T., Priestley, M. J. N., (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Salmon, D. C., Einea, A., (1995). Partially composite sandwich panel deflection, *ASCE Journal of Structural Engineering*, 121, 778-783.
- Salmon, D. C., Einea, A., Tadros, M. K., Culp, T. D., (1997). Full scale testing of precast concrete sandwich panels, *ACI Structural Journal*, 354-362.
- Shing, P. B., Schuller, M., Hoskere, V. S., (1990). In-plane resistance of reinforced masonry shear walls, *Journal of Structural Engineering*, 116, 619-640.
- Mourtaja, W., Yüksel, E., İlki, A., Karadoğan, F., (1998). 3D behavior of shotcreted lightweight panel buildings, *Second Japan-Turkey Workshop on Earthquake Engineering*, February 23-25, İstanbul.