Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi
29(1), 121-132, 2017

Science and Eng. J of Fırat Univ.
29(1),121-132, 2017

Asmolen Döşeme Sistemlerinde Kolon-Kiriş Birleşim Bölgelerinin Davranışı Hususunda Genel Bir Değerlendirilme

Hümeyra ŞAHİN[1*], Kürşat Esat ALYAMAÇ[1]
Fırat Üniversitesi Mühendislik Fak. İnşaat Müh. Bölümü, Elazığ
hsahin@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 21.09.2016; Kabul/Accepted: 30.01.2016)

Özet

Arası taşıyıcı özelliği olmayan malzemeler ile doldurulmuş dişlerden (nervür) ve bu dişleri birbirine bağlayan ince bir plaktan oluşan döşeme sistemi, asmolen döşeme olarak adlandırılır. Bu çalışmada, asmolen döşeme sistemlerinin özel bir yapı sistemi olduğu algısının oluşturulması, tasarımcıların dikkat etmeleri gereken hususların netleştirilmesi ve araştırmacıların bu konuya yönelmelerinin sağlanması amaçlanmıştır. Bu döşeme sisteminin kullanımı, tasarımcıya ve kullanıcıya sağladığı avantajlardan dolayı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Asmolen döşeme genellikle, geniş ve yüksekliği düşük kirişlerden oluşmaktadır. Bu nedenle, deprem yükleri altındaki performanslarının dikkatle incelenmesi gerekir. Tasarıma gereken hassasiyetin gösterilmemesi, olası depremlerde asmolen döşemeli binaların beklenen performansı gösterememesine sebep olacaktır. Binaların deprem yükleri altındaki davranışında, kolon-kiriş birleşim bölgesinin performansı kilit rol üstlenmektedir. Bu nedenle bu çalışmada asmolen döşemenin deprem yükleri altındaki davranışı, kolon-kiriş birleşim bölgesi esas alınarak incelenmiştir. Sonuç olarak, literatürde kolon-geniş kiriş birleşim bölgesi üzerinde yapılan deneysel çalışmaların sonuçları irdelenmiş ve tasarımcılara yol gösterecek ayrıntılı değerlendirme sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Asmolen Döşemeler, Kolon- Geniş Kiriş Birleşim Bölgesi, Nervür

Performance of the Column-Beam Joints in the Hollow Block Slabs: A Review

Abstract

The slab system designed by ribs whose hollow filled with nonstructural materials such as styro-foam and a thin reinforced concrete plate which connected to the ribs each other, called hollow block slabs. In the current study, firstly, creating the perception that the hollow block slabs are important system, secondly, clarifying of the issues that design engineers should be careful, lastly, enabling that the researchers should pay attention to this issue are aimed. These slab systems are increasingly used because of the advantages to the design engineers. A significant part of the hollow slabs are design with the beams which are the large and the low height. Therefore, the performance of hollow block slabs must be carefully investigated under the dynamic loads. Unless the necessary sensitivity are not showed the designing of the hollow block slabs, when the potential earthquake occurs, buildings, which have the hollow block slabs will not have the good performance. When the performances of the buildings are considered, the performance of column-beam joints assumes a key role. So, in this study, the dynamic behaviors of the hollow block slabs were investigated based on column-beam joints. Consequently, the results of experimental studies were evaluated on wide column-beam joints of the literature and presented detailed assessments to guide designers.

Keywords: Hollow Block Slabs, Column-Wide Beam Joints, Rib

1.Giriş

Eşit aralıklı sığ kirişlerden ve ince bir plaktan oluşan döşeme sistemi, nervür döşeme olarak adlandırılmaktadır. Nervür döşeme sistemlerinde, sığ kirişlerin aralarındaki boşlukların, taşıyıcı özelliği olmayan yapı malzemeleriyle doldurulması ile asmolen döşeme sistemi elde edilir. Asmolen döşeme sistemi, kalıp işçiliğini azalttığı için diğer döşeme sistemlerine oranla inşaat maliyetini düşürmekte ve inşaat süresini kısaltmaktadır [1-5]. Sığ kirişlerden oluşan asmolen döşeme sistemi, kat yüksekliğinin etkili

kullanılmasındave iç mekan tasarımında mimarlara büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Binaların deprem yükleri altındaki davranışı, kolon-kiriş birleşim bölgesinin deprem yükleri altındaki davranışı ile doğrudan ilişkilidir. Yüksekliği düşük ve geniş kirişlere sahip olan asmolen döşeme sisteminde, kolon-kiriş birleşim bölgelerinin deprem yükleri altındaki davranışı, klasik kirişli döşeme ile kirişsiz döşeme (döşemenin direkt kolona oturduğu plak döşeme sistemi) arasında bir davranış gösterir [2]. Deprem yükleri altında asmolen döşeme sisteminin, genellikle "geniş kirişten" oluşan kolon-kiriş birleşim bölgesinin performansı, kirişli plak döşemedeki kolon-kiriş birleşim bölgesi performansına oranla daha düşüktür. Bunun nedeni, kiriş eğilme momentinin kolona eksik iletilmesi ve yatay yükler altında, rijitliğinin ve enerji sönümleme kapasitesinin düşük olmasıdır [6,7]. Kolon-geniş kiriş birleşim bölgeleri ile ilgi deneysel ve nümerik çalışmalar oldukça az olduğu için, deprem yükleri altındaki performansları "kolon-normal kiriş birleşim bölgeleri" kadar iyi bilinmemektedir. Yatay yükler altındaki kusurlu davranışına ek olarak, performansı hakkında yeteri kadar deneysel çalışma olmamasından dolayı, birçok deprem yönetmeliği tarafından, deprem enerjisinin elastik ötesi davranış ile sönümlendiği bölgelerde kullanılması yasaklanmış veya boyut ve donatı düzeni ile ilgili sınırlayıcı koşullar getirilerek kullanımına izin verilmiştir [4, 5].

Deprem yükleri altındaki davranışı ile ilgili önemli tereddütler olmasına rağmen; iç mekan tasarımında sağladığı özgürlük, inşaat maliyetini düşürücü ve inşaat süresini kısaltıcı etkisinden dolayı, asmolen döşeme sisteminin kullanımı son otuz yıl içinde Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz ve Ortadoğu ülkelerinde giderek yaygınlaşmaktadır [3,6,8]. Tasarımcılara sağladığı faydalardan dolayı asmolen sistemler araştırmacılar tarafından da dikkate alınmış ve deneysel çalışmalar özellikle, binanın deprem performansı üzerinde belirleyici etkisi olan kolon-geniş kiriş birleşim bölgesi üzerinde yoğunlaşmıştır.

Deneysel çalışmalar, kolon-geniş kiriş birleşim bölgelerinin performans düşüklüğünün, kolon çekirdeğinden geçmeyen kiriş boyuna donatılarından ve sığ kiriş yüksekliğinden kaynaklandığını göstermektedir. Çünkü kolon çekirdeğinden geçmeyen kiriş boyuna donatıları, yüklerini kolona burulma yolu ile aktarırlar. Eğer tasarımda bu etki dikkate alınmamış ise, birleşim bölgesinin dayanımını düşüren ve kiriş boyuna donatılarında aderans çözülmesine yol açan burulma çatlakları meydana gelir [4,5,7]. Literatürdeki çalışmalar sonucunda, birleşim bölgesinde burulma çatlaklarının oluşumunu önlemek için, kiriş genişliğinin (b_w), kolon genişliğine (b_c) oranı ile kolon dışından geçen kiriş boyuna donatı oranını sınırlayan ve deprem yönetmeliklerine kaynaklık eden çeşitli önerilerde bulunulmaktadır. Normal kirişlere oranla sığ yüksekliğe sahip olan geniş kirişlerin, rijitliklerinin düşük olması nedeniyle, yatay yükleme altında göreli kat ötelenmeleri yüksek olmaktadır. Ayrıca deneysel çalışmaların sonucunda, geniş kirişlerin boyutları nedeniyle, kiriş ve kolon boyuna donatılarında meydana gelen aderans çözülmesinin, birleşim bölgesinin enerji sönümleme kapasitesini düşürdüğü belirtilmektedir. Boyuna donatılardaki aderans çözülmesini önlemek için, kolon derinliğinin (h_c), kiriş boyuna donatısına ($\varnothing_b$) oranı ve kiriş derinliğinin (h_b), kolon boyuna donatısına ($\varnothing_c$) oranı için yaklaşımlar sunulmaktadır [2, 4, 5].

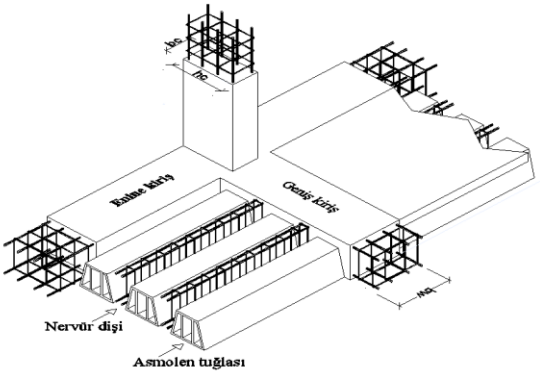
Asmolen döşeme sisteminin sıklıkla kullanıldığı Akdeniz ve Ortadoğu ülkelerinde, mevcut bina stokunun büyük bir bölümü, asmolen döşeme sisteminin deprem davranışının yeterince bilinmediği dönemlerde inşa edilmiştir. Bu binalar deprem yüklemesi yerine genellikle düşey yük esas alınarak tasarlanmışlardır. Ayrıca bu yapıların büyük bir bölümünde, yapının sünek davranışı için gerekli olan şartlara da büyük oranda uyulmamıştır [3,7-9]. Bu nedenle tasarımcılar ve akademisyenler için yeni binaların tasarımına ek olarak, mevcut yapı stokunun dayanımının belirlenmesi ve güçlendirme önerilerinin sunulması da bir soru işareti oluşturmaktadır. Tasarımcılar için bu sistemlerin deprem yükleri altındaki davranışını, gerçeğe yakın tahmin edebilecek bir analitik modele ihtiyaç vardır. Ancak bunun için bu sistemlerin deprem yüklemesi altındaki davranışlarının ve enerji sönümleme kapasitelerinin bilinmesi gerekir. Bu durum asmolen döşemelere sahip taşıyıcı sistemler tasarlanırken, çok hassas olunmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla, bu çalışmanın temel amacı iki başlık altında toplanabilir: a)

Deprem davranışı ile ilgili önemli tereddütlerin olduğu bir taşıyıcı sistemin tasarlanırken çok hassas davranılması gerektiğine dikkat çekilmesi, b) Asmolen döşeme sistemlerinde en önemli sorunlardan biri olarak karşımıza çıkan kolon-geniş kiriş birleşim bölgeleri ile ilgili bugüne kadar yapılmış çalışmaların genel olarak değerlendirilmesi ve sunulmasıdır. Böylece tasarım mühendislerinin konuya daha hakim olarak proje çalışmalarını yapması ve araştırmacıların bu konuya yönlendirilmesi hedeflenmektedir.

2. Asmolen Döşeme Sisteminde Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesinin Tasarımı

Asmolen döşeme sistemi, arası taşıyıcı özelliği olmayan malzemeler ile doldurulmuş dişlerden (nervür) ve bu dişleri birbirine bağlayan ince bir plaktan oluşmaktadır (Şekil 2.1). Asmolen döşeme sisteminde kalıp işçiliğini ve maliyetini düşürmek, ayrıca düz bir tavan yüzeyi elde etmek için çerçeve kirişlerin yüksekliği genellikle diş yüksekliğine eşit seçilmektedir. Bu durumda dişlerin oturduğu çerçeve kirişlerin genişliği, gerekli eğilme ve kesme dayanımını sağlayabilmek için artırılır. Çerçeve kirişlerin genişliğinin, bağlandığı kolonların genişliğinden fazla olması durumunda, bu kirişler "geniş kiriş" olarak adlandırılır ve bu kirişlerin yüklerini kolona iletme şekilleri normal kirişlerden farklı olmaktadır. Bu sistemlerde kolon-kiriş birleşim bölgesinde, kolon dışında kalan kiriş kesitinin deprem yüklemesi altındaki davranışı, sistemin performansı üzerinde belirleyici bir rol üstlenmektedir [4,10,11].

Asmolen döşeme sisteminin deprem davranışını inceleyen deneysel çalışmaların tarihi eski olmadığı için, deprem yönetmeliklerinin eski versiyonlarında bu döşeme sisteminin tasarımı ile ilgili özel kurallar bulunmamaktadır. Hatta bazı deprem yönetmelikleri tarafından, özellikle geniş kirişlerin deprem davranışı hakkında yeterince deneysel çalışma bulunmadığı için, deprem enerjisinin elastik ötesi şekil değiştirmeler ile tüketildiği bölgelerde geniş ve sığ kirişlerden oluşan asmolen döşeme sisteminin kullanımı yasaklanmıştır [12,13]. Ancak bu döşeme sistemlerinin tasarımcıya ve kullanıcıya sağladığı avantajlar, bu sistemlerin kullanımının giderek yaygınlaşmasına sebep olmuştur. Bu talep artışına paralel olarak, bu sistemlerin deprem davranışını belirleyebilmek için deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar genellikle deprem yükleri etkisinde kritik bölge olarak ifade edilen "kolon-kiriş birleşim bölgesi" üzerinde yoğunlaşmış ve bu çalışmaların sonuçları deprem yönetmeliklerine ışık tutmuştur. Kolon-geniş kiriş birleşim bölgesi ile ilgi, deprem yönetmeliklerinin önerdiği tasarım koşulları, Tablo 2.1'de özetlenmiştir.



Şekil 2.1 Asmolen döşeme sisteminin şematik olarak gösterimi

ACI 352R-91 (*American Concrete Institute*) [13], kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinin, deprem enerjisinin elastik ötesi şekil değiştirme ile karşılandığı binalarda kullanımını yasaklamıştır [5]. ACI 318-95 [14] ve ACI 318-99 [15], kolon-kiriş birleşim bölgesinde, kolon çekirdeğinden geçmeyen kiriş boyuna donatılarının enine donatı ile iyice sargılanması ve kiriş genişliğinin (b_w), kirişin oturduğu kolonun kirişe dik genişliği (b_c) ile kiriş yüksekliğinin (h_k) 1.5 katının toplamından az olması şartı ile deprem etkisinin yoğun olduğu bölgelerde, kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinin kullanımına izin vermiştir. Ayrıca kenar kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinde, kolon çekirdek bölgesinden geçmeyen kiriş boyuna donatılarında kenetlenmeyi sağlamak için, geniş kirişin bağlandığı enine doğrultudaki kirişin yüksekliğinin (h_s), geniş kiriş yüksekliğinden (h_k) fazla olması gerektiği belirtilmektedir [6]. Kiriş genişliği ile ilgili verilen bu sınır deneysel çalışmaya dayanmayıp, yönetmelik yazarlarının öngörülerine dayanmaktadır [5]. Ancak ACI 318-05 [16], ACI 318-08 [17] ve ACI318-11[18] kolon-geniş kiriş birleşim bölgesi üzerinde yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar doğrultusunda, kiriş genişliği ile ilgili

sınırı, bağlandığı kolonun boyutlarının fonksiyonu olacak şekilde değiştirmiştir [1,2,4,19]. Bu durumda kiriş genişliği (b_w); kolonun genişliği (b_c) ile kolon derinliğinin (h_c) 1.5 katının toplamından veya kolonun genişliğinin (b_c) 3 katından küçük olmalıdır. Bu değerlerden küçük olan dikkate alınmaktadır.

Asmolen sistemlerin yoğun olarak kullanıldığı İspanya'da, 1994 yılından önceki deprem yönetmeliklerinde, kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinin tasarımı ile ilgili kurallar bulunmamaktadır. 1994 yılında yayınlanan NCSE-94 [20] yönetmeliği, tasarım yer ivmesi (*PGA)* 0.16g'den yüksek olan bölgelerde kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinin kullanımını yasaklamıştır. NCSE-02 [21] yönetmeliği ise kenar kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinde, enine kiriş yüksekliğinin geniş kiriş yüksekliğinden fazla olması ve kiriş genişliğinin (b_w) ise kolon genişliği (b_c) ile kiriş yüksekliğinin (h_k) toplamından az olması şartıyla, bu sistemlerin deprem bölgelerinde tasarımına izin vermiştir. Ayrıca İspanya Deprem Yönetmeliği [21] bu binaların deprem enerjisini sünek bir güç tükenmesi ile tüketecek şekilde tasarlanması gerektiğini belirtmiştir. Avrupa Deprem Yönetmeliği EN 1998-1 (*Eurocode8*) [22], İspanya Deprem Yönetmeliğine ek olarak, kiriş genişliğinin (b_w), kolon genişliğinin (b_c) 2 katından küçük olması şartını getirmiştir.

Büyük depremlerin yaşandığı Yeni Zelanda'da, NZS3101-85 [12] yönetmeliği, kolon-geniş kiriş birleşimlerinin deprem bölgelerinde kullanımını yasaklarken, NZS3101-95 [23] kiriş genişliğinin (b_w), kolon genişliği (b_c) ile kolon derinliğinin (h_c) 0.5 katının toplamından veya kolon genişliğinin (b_c) 2 katından az olması koşulu ile deprem bölgelerinde kullanımına müsaade etmiştir. Yeni Zelanda Deprem Yönetmeliğinin koşulları, ACI 318-11'e [18] göre küçük değerler vermekte ve güvenli tarafta kalmaktadır.

Türk Deprem Yönetmeliğinde (TDY) asmolen sistemlerin tasarımı ile ilgili kurallarda, yaşanan yıkıcı depremler etkili olmuştur [24]. Örneğin asmolen sistemlerin büyük hasar gördüğü Adapazarı Depremi (1967) sonrası, yürürlüğe giren TDY-68 [25] 1.ve 2. derece deprem bölgelerinde asmolen sistemlerin kullanımını yasaklamıştır [26]. TDY-75 [27] binanın göreli kat ötelenmelerini azaltan deprem perdelerinin kullanılması şartı ile asmolen sistemlerin kullanımına izin vermiştir. TDY-98 [28] ve TDY-07 [29] taşıyıcı sistemin süneklilik düzeyi yüksek tasarlanması şartı ile asmolen sistemlerin tasarımı için deprem perdesi şartını kaldırmıştır. TDY-98 [28] ve TDY-07 [29] de kiriş genişliğinin (b_w), kolon genişliği (b_c) ile kiriş yüksekliğinin (h_k) toplamından küçük olması şartı dışında geniş kiriş-kolon birleşim bölgelerinin tasarımı ile ilgili özel kurallar bulunmamaktadır. Kiriş genişliği dışında diğer tasarım koşulları kolon-normal kiriş birleşim bölgesi ile aynıdır.

Tablo 2.1. Geniş kirişlerin genişliği ile ilgili deprem yönetmeliklerindeki kurallar

Dep. Yön.	Şart	Ülke
NZS3101-85	yasak	Yeni Zel.
NZS3101-95	$b_w \leq min\{b_c + 0.5h_c; 2b_c\}$	Yeni Zel.
ACI-352	yasak	ABD
ACI-318-95/99	$b_w \leq (b_c + 1.5h_k)$	ABD
ACI-318-08/11	$b_w \leq min\{b_c + 1.5h_c; 3b_c\}$	ABD
EN 1998-1	$b_w \leq min\{b_c + h_k; 2b_c\}$	Avrupa
NCSE-94	PGA>0.16g den böl. yasak	İspanya
NCSE-02	$b_w \leq (b_c + h_k)$; hs>hk	İspanya
TDY-75	dep. per. kul. şart	Türkiye
TDY-97/07	$b_w \leq (b_c + h_k)$	Türkiye

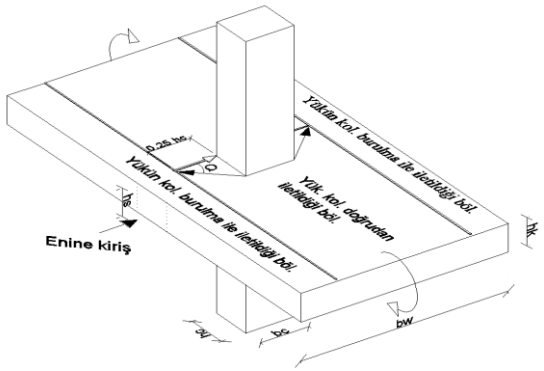
3.Kolon-Geniş Kiriş Birleşim Bölgesinin Deprem Dayanımı

Bu bölümde, asmolen döşemelerde kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinin deprem dayanımı dört alt başlıkta incelenmiştir. Bu dört özellik, hem birleşim bölgesi ile ilgili yapılan çalışmalarda öne çıkan hem de betonarme yapı tasarımında dikkat edilmesi gereken ana unsurlardır.

3.1 Kapasite ve rijitlik

Kolon-geniş kiriş birleşim bölgelerinde kirişlerden kolona yük iletilmesi, kolon-normal kiriş birleşim bölgesinden farklıdır. Kolon çekirdeğinden geçen geniş kiriş donatıları yüklerini kolona beton basınç çubuğu yolu ile doğrudan aktarırken, kolon dışından geçen kiriş donatıları ise yüklerini burulma yolu ile iletirler (Şekil 3.1). Ancak birleşim bölgesinde, kiriş boyuna donatılarının enine donatı ile sargılanması durumunda; kolon yüzünden, kolon derinliğinin (h_c) 0.25 katı kadar mesafedeki kiriş donatıları da yüklerini beton basınç çubuğu yolu

ile doğrudan kolona aktarırlar [3, 11]. Kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinin deprem yüklemesi altındaki davranışını inceleyen sınırlı sayıdaki deneysel çalışma, birleşim bölgesinin performansı üzerinde, yüklerini kolona burulma yolu ile ileten kiriş kesitinin etkili olduğunu bildirmektedirler [3, 4, 7, 19].



Şekil 3.1 Geniş kirişden kolona yük iletiminin şematik olarak gösterimi [3]

Kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinde b_w/b_c oranının artması ve/veya kolon dışından geçen kiriş boyuna donatısının, kiriş toplam boyuna donatısına oranının artması ile kolon dışında kalan kiriş kesiti tarafından, kolona aktarılan burulma momenti artar [4]. Eğer geniş kirişin bağlandığı enine kirişin tasarımında, geniş kiriş tarafından uygulanan burulma momenti dikkate alınmamış ise, burulma çatlakları meydana gelir ve enine kiriş burulma yüklemesi altında dayanımını kaybeder. Özellikle kenar kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinde, enine kirişin burulma altında dayanımını kaybettiği nokta kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinin performans noktasıdır [5]. Çünkü enine kirişte burulma çatlakları meydana geldikten sonra, kolon dışından geçen kiriş boyuna donatılarının yük iletmeleri tamamen sonlanır ve geniş kirişin dayanımında ani bir düşüş gözlenir. İç kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinde, döşemenin faydalı etkisi ile enine kirişlerin burulma etkisinde dayanımını kaybetmesi, kenar kolon-geniş kiriş birleşim bölgesine nispeten daha zordur. Ancak Benavent-Climent vd [3], İspanyadaki mevcut yapı stokunu dikkate alarak, enine kirişleri sadece düşey yükler altında tasarladıkları çalışmalarında, enine kirişin burulma altında hasar görmesi ile iç kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinin dayanımının, aniden maksimum dayanımının %75'ne düştüğünü tespit etmişlerdir. Siah vd. [11] ise iç kolon-geniş kiriş birleşim bölgesi üzerinde yaptıkları deneysel çalışmada, burulma çatlağı gözlenen numunenin teorik kapasitesine ulaşamadığını tespit etmişlerdir.

Kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinde, kolon çekirdeğinden geçen kiriş boyuna donatıları, kolon dışından geçen kiriş boyuna donatılarına oranla daha erken akma dayanımlarına ulaşırlar. Çünkü kolon eksenel yükünün ve enine donatıların sargı etkisi ile kolon çekirdeğinden geçen kiriş boyuna donatılarının aderansı, kolona göre rijitliği oldukça düşük olan enine kirişe mesnetlenen kiriş donatılarından daha iyidir. Ayrıca enine kirişte meydana gelen burulma çatlakları, kolon dışından geçen kiriş boyuna donatılarında aderans çözülmesine sebep olurlar. Bu nedenle geniş kirişlerde, tüm kiriş kesitinin mafsallaşması, göreli ötelenmenin ileri adımlarında gerçekleşir. Hatamoto vd. [4], $b_e/b_c<3$ olan numunelerde %2-3 göreli ötelenme adımlarında kiriş donatılarının tümü akarken, $b_w/b_c>3$ olan numunede %4 göreli ötelenme adımında rağmen kesitin dışında kalan donatıların akmadığını tespit etmişlerdir. Kolon dışında kalan kiriş kesitindeki burulma çatlakları, donatılardaki düşük birim şekil değiştirmede etkili olmuştur. Bu nedenle geniş kirişlerden oluşan asmolen sistemde, kolon-kiriş birleşim bölgesinin eğilme kapasitesini belirlerken, kiriş boyuna donatılarının hepsinin akmaya ulaştığını kabul eden mafsal yaklaşımının, dikkatle irdelenmesi gerekir.

Hatamoto vd. [4], birleşim bölgesinin dayanım ve rijitliğini düşüren burulma çatlağını önleyebilmek için, $b_w/b_c<2$ olmasını, kolon dışından geçen kiriş boyuna donatı oranının sınırlandırılmasını ve kolon dışında kalan kiriş kesitinin enine donatı ile iyice sarılmasını önermiştir. Bu öneriler *ACI* tarafından dikkate alınmıştır [14]. Gentry [5], kiriş genişliğinin "$b_w \leq b_c+2h_c$" ile sınırlandırılmasını, bu sınırı aşan kiriş genişliklerinde burulma çatlaklarının etkisi ile kolon dışından geçen kiriş donatılarının, kolon çekirdeğinden geçen donatılar ile aynı göreli ötelenme adımında akmadığını deneysel çalışma ile ortaya koymuştur. Siah vd. [11] ise, burulma çatlağının oluşumunu önlemek için burulma yolu ile yükünü ileten kiriş kesitini, belirli bir uzunluk

boyunca birleşim bölgesinden ayıran bir strateji geliştirmişlerdir.

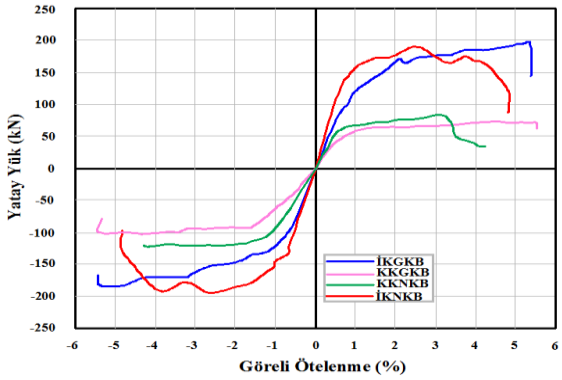
Kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinin deprem davranışını araştıran deneysel çalışmaların bir kısmı, burulma göçmesi önlenmiş sistemlerde, deprem kapasitesi üzerinde donatılardaki kenetlenme davranışının da önemli bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Yeterli burulma dayanımı sağlanmış sistemlerin, deprem yüklemesi altında, yönetmeliğin kabul ettiği dayanım ve rijitliği gösterdiği ancak, özellikle kiriş donatılarındaki aderans bozulmasının etkisi ile birleşim bölgesinin kapasitesine ulaşamadığı veya göreli kat ötelenmesinin ileri adımlarında ulaştığı ve enerji sönümleme kapasitesinin düşük olduğu görülmüştür. Örneğin, Quintero-Febres ve Wight [1], ACI 318-95 yönetmeliğine göre tasarlanmış üç adet kolon-geniş kiriş birleşim bölgesi üzerinde yaptıkları deneysel çalışmada, numunelerin göreli kat ötelenmesinin ileri adımlarında bile, dayanımlarında önemli bir kayıp olmadan yeterli rijitlik ve dayanım gösterdiklerini tespit etmişlerdir. Kirişlere ek olarak etkili döşeme genişliğinin de dikkate alındığı bu çalışmada, burulma çatlakları gözlenmemiştir. Ancak göreli ötelenmenin çok erken adımlarında boyuna donatılarda aderans bozulması görülmüştür. Donatılarda meydana gelen aderans bozulması, yük-göreli ötelenme eğrisinde büzülmelere sebep olmuştur. Kiriş yüksekliklerinin (300 mm) düşük olmasının yanı sıra donatılarda meydana gelen kenetlenme çözülmesinin artırıcı etkisi ile numuneler kapasitelerine yüksek göreli ötelenme (%2) adımında ulaşmışlardır. Gentry ve Wight [30], kolon boyuna donatısının birkaçında meydana gelen aderans çözülmesinin kapasite üzerinde çok etkin olmamasına karşın, özellikle kolon çekirdeğinden geçmeyen kiriş boyuna donatılarında meydana gelen aderans çözülmesinin birleşim bölgesinin kapasitesini önemli ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir.

Araştırmacılar tarafından deneysel çalışmalar sonucu geniş kirişlerin tasarımı ile ilgili sunulan öneriler, birçok ülke deprem yönetmeliği tarafından dikkate alınmıştır. Deprem yönetmeliklerine göre tasarlanan kolon-geniş kiriş birleşim bölgelerinin, deprem yüklemesi altında kolon-normal kiriş birleşimine yakın bir performans gösterdikleri görülmüştür. Son dönemde Fadwa vd. [6], ACI 318-11 [18] yönetmeliğine göre tasarladıkları, geniş ve normal kiriş-kolon birleşim bölgeleri üzerinde yaptıkları deneysel çalışmada, geniş kirişlerin çok iyi performans gösterdiğini tespit etmişlerdir. Kenar ve iç kolon-kiriş birleşim bölgesinin incelendiği bu çalışmada, çevrimsel yükleme altındaki yatay yük-göreli ötelenme eğrisinin maksimum noktalarının birleştirilmesi ile elde edilen kapasite eğrisi Şekil 3.2'de verilmiştir. Şekil 3.2 incelendiğinde, her iki tip birleşim bölgesinin kapasitelerinin bir birine yakın olduğu, ancak kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinin göçmeye yakın daha fazla ötelenme yaptığı görülmektedir. Kapasite eğrisinin her noktasında, yatay yükün göreli ötelenmeye oranı ile elde edilen ve Şekil 3.3'de verilen sekant rijitliği eğrisinden, %1 göreli ötelenme adımına kadar normal kirişlerin rijitliğinin, geniş kirişlerden fazla olduğunu, ancak elastik ötesi şekil değiştirmeler meydana geldikten sonra rijitliklerin birbirine yakın değerler aldığı görülmektedir. Ayrıca sekant rijitliğindeki düzenli azalmadan, normal ve geniş kolon-kiriş birleşim bölgelerinin sünek bir davranış gösterdiği anlaşılmaktadır. Ancak aynı çalışma gurubu tarafından yapılan, son kat kolon-kiriş birleşim bölgelerinin kapasitelerinin incelendiği deneysel çalışmada, kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinin kapasitesinin, kolon-normal kiriş birleşim bölgesine göre düşük çıktığı görülmüştür [31]. Çalışmada kolon-normal kiriş birleşim bölgeleri tasarım kapasitesine ulaşırken, kolon-geniş kiriş birleşim bölgelerinin tasarım kapasitesinin ancak %79'na ulaştığı görülmüştür. Son kat kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinin kapasite düşüklüğünde, kolon ve kiriş donatılarında meydana gelen aderans çözülmesi etkili olduğu ifade edilmektedir.

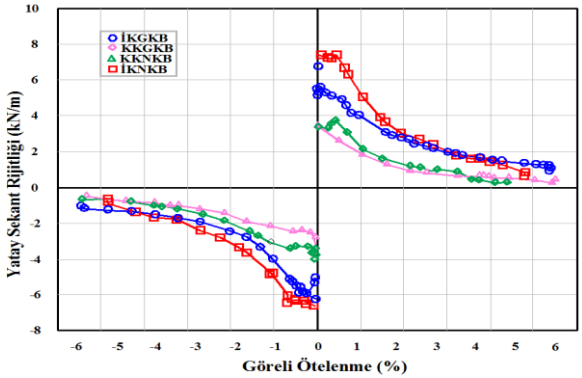
3.2 Kesme kuvvet dayanımı

Depreme dayanıklı yapı tasarımının ana ilkelerinden biri, deprem enerjisinin sünek bir şekil değiştirme ile tüketilmesidir. Sünek bir güç tükenmesini temin etmek için kesme güç tükenmesinin önlenmesi gerekir. Bunu garanti altına almak için taşıyıcı sistemlerin kesme kapasitesinin, eğilme kapasitesinden yüksek olması gerekir. Özellikle binanın deprem performansında sınırlayıcı etkiye sahip olan,

kolon-kiriş birleşim bölgelerinin tasarımında kesme kuvveti kilit rol üstlenmektedir.



Şekil 3.2 Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin kapasite eğrisi [6]



Şekil 3.3 Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin sekant rijitliği eğrisi [6]

Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de İKGKB, iç kolon-geniş kiriş birleşim bölgesini; KKGKB, kenar kolon-geniş kiriş birleşim bölgesini; KKNKB, kenar kolon-normal kiriş birleşim bölgesini ve İKNKB, iç kolon-normal kiriş birleşim bölgesini temsil eder.

Kolon-geniş kiriş birleşimlerinin yatay yükleme altındaki davranışlarının incelendiği deneysel çalışmalarda, birleşim bölgelerinde maksimum eğilme momenti ile zorlanmalarına karşın kesme hasarı gözlenmemiştir veya gelişen hasarlar minimum düzeyde kalmıştır. Kolon-kiriş birleşim bölgesinde, elastik bölgede kesme kuvveti beton basınç çubukları tarafından taşınırken, elastik ötesi bölgede ise enine donatı tarafından karşılanır. Ancak Fadwa vd. [6] kolon-geniş kiriş birleşimi ile kolon-normal kiriş birleşim bölgesinin deprem performanslarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, elastik ötesi bölgede yani göreli kat ötelenmesinin %2'yi geçtiği ötelenmelerde bile kolon-geniş kiriş birleşim bölgesi enine donatılarında akma olmadığını bildirmektedirler. Aynı çalışma gurubu tarafından yapılan, son kat kolon-geniş kiriş birleşim bölgesi ile kolon-normal kiriş birleşim bölgesi kapasitelerinin değerlendirildiği deneysel çalışmada, birleşim bölgesinde enine donatı tanımlanmayan kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinde %3 göreli ötelenmeye kadar kesme hasarı gözlenmez iken birleşim bölgesinde enine donatı olan, kolon-normal kiriş birleşim bölgesinde %0.8 göreli kat ötelenmesinde kesme hasarları gözlenmiştir [31]. Kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinin deprem dayanımını değerlendiren çalışmalar, birleşim bölgesinde kesme hasarı gözlenmediği ve bu durumda kolon dışında kalan kiriş kesitinin kesme kuvvetini karşılamada kolona yardım ettiği hususunda hemfikirlerdir [1, 5, 11, 32]. Hatta Benavent-Climent vd [3], ACI318-08 de birleşim bölgesi etkili kesme alanını kolon genişliğine eşit alan yaklaşımının, kolon-geniş kiriş birleşimi için emniyetli tarafta kalan sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

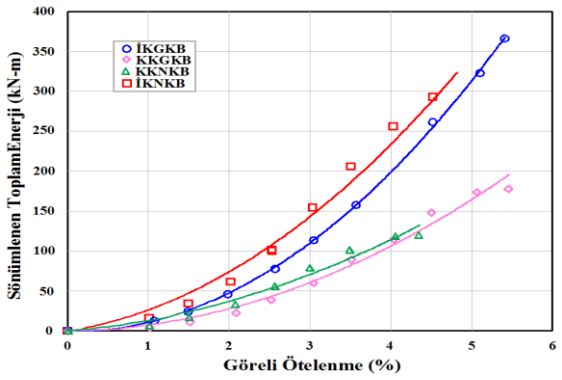
Kolon-geniş kiriş birleşimlerinde, birleşim bölgesinin yanı sıra elastik ötesi şekil değiştirmelerin meydana geldiği kiriş uçlarında da kesme hasarı gözlenmemiştir. Kiriş kesiti geniş olması nedeniyle bu bölgede kesme gerilmesi küçük değerlerde kalmıştır ve elastik ötesi şekil değiştirmeler, eğilme çatlakları olarak ortaya çıkmıştır. Araştırmacılar ACI tarafından kiriş sarılma bölgesi için önerilen d/4 etriye aralığının, kesme gerilmesinin küçük olması ve kiriş kesitinin geniş olmasından ötürü çok kollu etriye kullanılmasının zorunlu olması nedeniyle, kolon-geniş kiriş birleşim bölgeleri için ekonomik olmadığını ve etriye aralığının rahatlatılması gerektiğini savunmuşlardır [1, 2, 5, 31, 32].

3.3 Enerji kapasitesi

Taşıyıcı sistem elemanlarının dayanım ve rijitliklerinde önemli bir azalma olmadan deprem enerjisini sönümleme kapasiteleri, elemanın depreme karşı dayanımını gösteren önemli bir parametredir. Enerji sönümleme kapasitesi, çevrimsel yükleme altında yatay yük-göreli ötelenme eğrisinin entegrasyonundan elde edilir. Genellikle kolon-geniş kiriş birleşim bölgelerinin enerji sönümleme kapasitesi, kolon-normal kiriş birleşim bölgelerine oranla düşüktür. Çünkü

kolon-geniş kiriş birleşim bölgelerinde, enine kirişte meydana gelen burulma çatlakları ile kiriş ve kolon boyuna donatılarında meydana gelen aderans çözülmeleri, yatay yük-göreli ötelenme çevrimsel eğrisinde enerji sönümleme kapasitesini düşüren büzülmeye neden olur. Benavent-Climent [7], İspanya'daki mevcut yapı stokunu dikkate alarak deney numunelerini belirlediği çalışmasında, burulma hasarı ve boyuna donatılarda aderans çözülmesi görülen numunelerin, depreme dayanım için gerekli olan enerji sönümleme kapasitesinin ancak 1/3'ne ulaştığını tespit etmiştir.

Fadwa vd. [6] birebir ölçekteki kenar ve iç, kolon-geniş kiriş birleşimi ile kolon-normal kiriş birleşim bölgesini karşılaştırdıkları deneysel çalışmalarında, kolon-geniş kiriş birleşimlerinin kolon-normal kiriş birleşimlerine oranla toplamda daha fazla deprem enerjisi sönümlediğini tespit etmişlerdir. Ancak aynı göreli kat ötelenmesi değerinde kolon-normal kiriş birleşim bölgesi, kolon-geniş kiriş birleşim bölgesine oranla daha fazla deprem enerjisi sönümlemiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin enerji sönümleme kapasitesi [6]

Şekil 3.4'de İKGKB, iç kolon-geniş kiriş birleşim bölgesini; KKGKB, kenar kolon-geniş kiriş birleşim bölgesini; KKNKB, kenar kolon-normal kiriş birleşim bölgesini ve İKNKB, iç kolon-normal kiriş birleşim bölgesini temsil eder.

3.4 Boyuna donatının kenetlenme davranışı

Kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinin yatay yük altındaki davranışını belirleyen önemli parametrelerden biri de kiriş ve kolon boyuna donatılarının aderansıdır. Çevrimsel yükleme altında boyuna donatılarda meydana gelen aderans çözülmesinin, yatay yük-göreli ötelenme eğrisinde büzülmelere neden olduğu deneysel çalışmalar ile doğrulanmıştır. Yük ötelenme eğrisinde meydana gelen büzülme, birleşim bölgesinin rijitliğinin ve enerji sönümleme kapasitesinin düşüklüğüne işaret etmektedir [5].

Çekme kuvvetinin, kiriş donatılarından kolona iletilmesi çok kısa mesafelerde gerçekleşmez. Çünkü bu durumda donatı ve beton arasındaki gerilme, bağ gerilmesini aşar ve donatıda kayma meydana gelir. Kiriş donatılarında kaymayı önlemek için ACI-ASCE 352 [13], kolon derinliği (h_c)/kiriş boyuna donatısı ($\varnothing_b$)≥20 olma şartını getirmiştir. TS500 [33] ise Denk3.1 verilen yaklaşımı önermiştir. Denklem 3.1'de, l_b kenetlenme boyunu, f_{yd} donatının tasarım akma dayanımını, f_{ctd} betonun tasarım çekme dayanımını,$\varnothing$ ise kiriş boyuna donatı çapını göstermektedir.

$$l_b = (0.12\frac{f_{yd}}{f_{ctd}}\emptyset) \geq 20\emptyset \qquad (3.1)$$

Çalışmalar, kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinin deprem davranışı üzerinde, kiriş donatılarındaki aderans çözülmesinin kolon donatılarına oranla daha belirleyici bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir [1,3,30]. Özellikle kolon dışından geçen kiriş boyuna donatılarının kenetlenme davranışı performans üzerinde sınırlayıcı etkiye sahiptir. Deneysel çalışmalar kolon-geniş kiriş birleşimlerinde, kolon dışından geçen kiriş boyuna donatılarının kenetlenme davranışının, kolon çekirdeğinden geçen kiriş boyuna donatılarına göre daha olumsuz olduğunu göstermiştir [1,5,11,31]. Çünkü kolon çekirdeğinden geçen kiriş donatılarının yük iletimine, birleşim bölgesindeki enine donatıların ve kolon eksenel yükünün olumlu bir katkısı vardır. Buna ek olarak birleşim bölgesinde, kolon dışındaki kiriş parçasında meydana gelen burulma çatlakları, kiriş boyuna donatılarında aderans çözülmesine neden olmaktadır. Hatamoto vd. [4], kolon dışından geçen kiriş donatılarının kenetlenme davranışını geliştirmek için, kolon dışından geçen kiriş boyuna donatılarının sınırlandırılmasını ve kolon dışında kalan kiriş parçasının enine donatılar ile sargılanmasını önermiştir. Bu durumda hem burulma dayanımı artırılacak, hem de çatlama sonrası kiriş boyuna donatılarının kenetlenme

davranışı geliştirilecektir. Leon [34] ise kiriş donatılarında kaymayı önlemek için, $h_c/\varnothing_b \geq 24$ e çıkarılmasını önermiştir.

Kolon-kiriş birleşim bölgesinde, kolon boyuna donatılarının kenetlenmesi için yönetmeliklerin verdiği kurallar, kirişler ile aynıdır [13, 33]. Ancak normal kirişlere oranla düşük yüksekliğe sahip olan geniş kirişlerde, kolon boyuna donatıları için verilen kenetlenme boyunun sağlanması oldukça güçtür. Ehsani ve Wight [35], birleşim bölgesinde güçlü kolon-zayıf kiriş şartını sağlamak şartı ile kolon boyuna donatılarının bir kısmında meydana gelen bağ kaymasının performans üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını deneysel çalışma ile göstermiştir. LaFava ve Wight [2], birleşim bölgesinde "*toplam kolon momenti/toplam kiriş momenti ≥1.4"* olması koşuluyla, kiriş derinliği (h_b)/kolon boyuna donatısı($\varnothing_c$)≥16 olarak önermiştir. Çünkü güçlü kolon-zayıf kiriş şartının sağlanması durumunda elastik ötesi şekil değiştirmeler kiriş uçlarında toplanacak, kolondaki şekil değiştirmeler ise minumum düzeyde kalacaktır. Ayrıca Fadwa vd. [6] kolon-normal kiriş birleşim bölgesi ile kolon-geniş kiriş birleşim bölgesini karşılaştırdıkları deneysel çalışmada, kolon alt donatılarının üst donatılarına oranla daha iyi bir bağ davranışı gösterdiğini tespit etmişlerdir.

4. Genel Değerlendirmeler

Kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinin deprem davranışını inceleyen çalışmalar, enine kirişin burulma dayanımı ve boyuna donatıların aderansı olmak üzere başlıca iki parametre üzerinde durmaktadır. Enine kirişlerin burulma dayanımının, birleşim bölgesinin kapasitesi üzerinde sınırlayıcı etkisi olduğu birçok deneysel çalışma ile ortaya konulmuştur. Çünkü enine kirişlerde burulma çatlağı meydana geldikten sonra, kolon dışından geçen kiriş donatılarının kolona yük iletiminin tamamen durduğu ve bunu takiben geniş kirişin dayanımını kaybederek nihai dayanımına ulaştığı görülmektedir. Ayrıca burulma çatlaklarının donatılarda aderans çözülmesine yol açarak, birleşim bölgesinin esnekliğini artırdığı, yatay yük-göreli ötelenme eğrisinde büzülmelere yol açarak enerji sönümleme kapasitesini azalttığı tespit edilmiştir. Çalışmalarda, enine kirişlerde burulma çatlamasını önlemek için b_w/b_c oranını ve kolon dışından geçen kiriş boyuna donatı oranını sınırlayan önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca enine kirişlerin tasarımında, geniş kiriş tarafından uygulanan burulma etkisinin dikkate alınmasının gerekliliği belirtilmiştir. Bu durumda asmolen döşeme sisteminde, özellikle mevcut yapı stokunun performansının değerlendirilmesinde ve gerektiği durumda güçlendirme önerilerinin hazırlanmasında enine kirişlerin titizlikle irdelenmesi gerekir.

Kolon-geniş kiriş birleşimlerinin performansı üzerinde etkili olan diğer parametre ise boyuna donatıların aderansıdır. Geniş kirişlerin yüksekliği küçük olduğu için, kolon boyuna donatıları için genellikle yeterli kenetlenme boyu sağlanamaz ve donatılarda kayma meydana gelir. Ancak araştırmalar güçlü kolon-zayıf kiriş şartının sağlanması şartı ile kolon boyuna donatılarının bir kısmında meydana gelen kaymanın birleşim bölgesinin performansını çok etkilemediğini göstermektedir. Ancak aynı durum kolon dışından geçen kiriş donatıları için söz konusu değildir. Kolon dışından geçen kiriş donatılarının aderansı, kolon çekirdeğinden geçen kiriş donatılarına göre kötü olduğu için kiriş kesitindeki boyuna donatıların tümü aynı ötelenme adımında akmaya ulaşamaz. Kolon çekirdeğinden geçen kiriş donatıları göreli ötelenmenin erken adımlarında akma birim şekil değiştirmesine ulaşırken, kolon dışında kalan kiriş donatıları ise göreli ötelenme adımının ileriki adımlarında ulaşır ve kiriş genişliği arttıkça gecikmede artar. Bu durumda kiriş kesiti, eğilme kapasitesine göreli ötelenmenin yüksek adımlarında ulaşır. Eğer kolon dışındaki kiriş donatıları akma birim şekil değiştirmesine ulaşamadan burulma çatlakları meydana gelirse, kiriş kesiti hesap eğilme kapasitesine de ulaşamaz. Birleşim bölgesinde kolon dışında kalan kiriş kesitinin enine donatı ile iyice sargılanması ve kolon dışından geçen kiriş donatı oranının sınırlandırılması ile kiriş donatılarının kenetlenme davranışının geliştirilebileceği çalışmalarda ortaya konulmuştur. ACI 352 [13], iyi bir kenetlenme davranışı için kiriş donatılarının en az 1/3'nün kolon çekirdeğinden geçmesi gerektiğini belirtmiştir. Bazı çalışmalarda kolon dışından geçen kiriş donatılarının, kenetlenme boyunun artırılması

yönünde önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca kolon-kenar geniş kiriş birleşim bölgesinde; burulma etkisi daha fazla olduğu için, kiriş donatılarının aderansı için enine kiriş yüksekliğinin geniş kiriş yüksekliğinden fazla olması gerektiği ve kolon dışında kalan kiriş donatılarının etriyeler ile iyice sargılanmış enine kiriş çekirdeğinde sonlandırılması gerektiği belirtilmektedir.

Dişlerin oturduğu geniş kirişlerin yüksekliği, düz bir tavan yüzeyi elde etmek için genellikle kiriş yüksekliğine eşit seçildiği için düşüktür. Sığ kiriş yüksekliğinden dolayı bu sistemlerin yatay rijitlikleri düşüktür. Sığ kiriş yüksekliğine ek olarak donatılarda meydana gelen aderans çözülmesinin artırıcı etkisi ile bu sistemler, kapasitelerine yüksek göreli ötelenme adımlarında ulaşırlar. Deprem yüklemesi altında yüksek göreli ötelenme, taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarı artırır ve P-Δ etkisini artırarak kolonlarda hasar oluşumunu hızlandırır. Gentry[5] kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinden oluşan binalarda göreli ötelenmeyi azaltmak için, kat yüksekliğinin düşürülmesini veya deprem perdesi gibi rijit düşey taşıyıcıların tasarımda kullanılması gerektiğini belirtmiştir.

Taşıyıcı sistemlerin rijitlik ve dayanımlarında önemli bir azalma olmadan deprem enerjisini sönümleme kapasiteleri, depreme karşı dayanımlarını gösteren önemli bir parametredir. Kolon-geniş kiriş birleşim bölgesinin enerji sönümleme kapasitesi, burulma çatlaklarının ve donatılardaki aderans çözülmesinin etkisi ile kolon-normal kiriş birleşim bölgesinden düşüktür. Çünkü burulma çatlakları ve donatılarda meydana gelen aderans çözülmesi, yatay yük-göreli ötelenme çevrimsel eğrisinde, birleşim bölgesinin esnekliğini artıran büzülmelere neden olur. Ancak iyi tasarlanmış kolon-geniş kiriş birleşim bölgelerinin enerji sönümleme kapasitesinin, normal kiriş-kolon birleşim bölgelerine yakın olduğu son dönemde yapılan deneysel çalışmalar ile ortaya konulmuştur.

Kolon-kiriş birleşim bölgesinin deprem enerjisini sünek bir şekilde tüketebilmesi için kesme hasarının oluşmaması veya minimum seviyede kalması gerekir. Deneysel çalışmalarda kolon-geniş kiriş birleşim bölgelerinde, maksimum eğilme momentleri ile yüklenmelerine karşın kesme hasarı gözlenmemiştir. Çünkü kolonu saran kiriş, kesme kuvvetinin taşınmasında kolona yardım etmiştir. Ayrıca kiriş kesitinin büyük olması nedeniyle, kiriş uç bölgelerinde de kesme hasarı gözlenmemiştir. Kiriş uçlarındaki elastik ötesi şekil değiştirmeler genellikle eğilme etkisinde meydana gelmiştir. Bunda kiriş kesitinin büyük olması nedeniyle, kesme gerilmelerinin düşük olması etkili olmuştur. Çalışmalar neticesinde, deprem yönetmeliklerinin kesme kuvvet tasarımı ile ilgili kurallarının geniş kirişler için ekonomik olmayan sonuçlar verdiği yönünde ortak bir kanaat oluşmuştur. Özellikle geniş kirişlerin sarılma bölgesinde, etriye aralığının rahatlatılması gerektiği belirtilmiştir.

5. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, asmolen döşeme sistemlerinin deprem yükleri altındaki davranışının önemli bir kısmını oluşturan, kolon-kiriş birleşim bölgelerinin davranışı irdelenmiştir. Geniş ve sığ kirişler barındıran asmolen döşeme sistemindeki birleşim bölgelerinin deprem yükleri altındaki davranışının, normal kirişli döşeme sistemlerden farklı olduğu birçok deneysel çalışma ile tespit edilmiştir. Deneysel çalışmalar, geniş kirişlerin bağlandığı enine doğrultudaki kirişin burulma dayanımının ve boyuna donatılardaki bağ davranışının, birleşim bölgesinin performansı üzerinde sınırlayıcı etkiye sahip olduklarını göstermektedir. Bu etkileri dikkate alan deprem yönetmeliklerine göre tasarlanmış kolon-geniş kiriş birleşim bölgelerinin, kolon-normal kiriş birleşim bölgesine yakın performans gösterdikleri görülmüştür. Ancak asmolen döşeme sisteminin deprem davranışı hakkında yeterince bilginin literatürde olmadığı dönemlerde, kolon-kiriş birleşim bölgesinin tasarımında burulma dayanımının ve aderans davranışının dikkate alınmadığı sistemlerin, teorik kapasitelerine ulaşmadığı ve enerji sönümleme kapasitelerinin çok düşük olduğu görülmüştür. Bu nedenle asmolen döşeme sistemine sahip yapılar tasarlanırken, özel bir betonarme yapı tasarlandığı dikkatten kaçmamalıdır. Bu tür yapıların statik, dinamik ve betonarme hesabı yapılırken hedef; sadece paket bilgisayar programlarının raporlarında hata cümlelerinin olmaması değil, mühendislik bilgi ve öngörüsü ışığında depreme dayanıklı bir yapı

tasarlamaktır. Bu çalışma, tasarımcılara ve araştırmacılara asmolen döşeme sistemleri hakkında ayrıntılı bir literatür taraması ve değerlendirme sunmaktadır.

Ülkemizde kentsel dönüşüm çalışmaları ile beraber mevcut yapı stokundaki önemli sayıda bina yıkılarak yenilenmiştir ve bu yenilenme hızlı bir şekilde devam etmektedir. Yeniden inşa edilen binaların büyük bir çoğunluğunda asmolen döşeme sistemi kullanılmaktadır. Ancak maalesef uygulanan projelerde önemli hatalarla karşılaşmanın yanında, asmolen döşeme tasarımının yeterince önemsenmediği fark edilmiştir. Asmolen döşemelerin tasarımına gereken önem verilmezse, deprem dayanımı yeterli gibi görünen binaların, olası yıkıcı depremlerde büyük hasarlar göreceğinden endişe edilmektedir. Asmolen döşeme sistemlerinin özel bir yapı sistemi olduğu algısını oluşturmak, tasarımcıların dikkat etmeleri gereken hususlara dikkatlerini çekmek ve araştırmacıların bu konuya yönelmelerini sağlamak büyük önem arz etmektedir.

Kaynaklar

1. Quintero-Febres, C.G. , J.K. Wight, (2001). *Experimental study of reinforced concrete interior wide beam-column connections subjected to lateral loading.* Aci Structural Journal, **98**(4): p. 572-582.
2. LaFave, J.M., J.K. Wight, (1999). *Reinforced concrete exterior wide beam-column-slab connections subjected to lateral earthquake loading.* Aci Structural Journal, **96**(4): p. 577-585.
3. Benavent-Climent, A., X. Cahis, J.M. Vico, (2010). *Interior wide beam-column connections in existing RC frames subjected to lateral earthquake loading.* Bulletin of Earthquake Engineering, **8**(2): p. 401-420.
4. Hatamoto, H., S. Bessho, Y. Matsuzaki, (1991) *Reinforced concrete wide-beam-to-column subassemblages subjected to lateral load.* Aci Publication SP-123, p. 291-316.
5. Gentry, T.R., (1992) *Reinforced concrete wide beam-column connections under earthquake-type loading*, University of Michigan.
6. Fadwa, I., vd., (2014), *Reinforced concrete wide and conventional beam-column connections subjected to lateral load.* Engineering Structures, **76**: p. 34-48.
7. Benavent-Climent, A., (2007), *Seismic Behavior of RC wide beam-column connections under dynamic loading.* Journal of Earthquake Engineering, **11**(4): p. 493-511.
8. Elsouri, A.M., M.H. Harajli, (2013) *Seismic response of exterior RC wide beam-narrow column joints:. Earthquake-resistant versus as-built joints.* Engineering Structures, **57**: p. 394-405.
9. Elsouri, A.M., M.H. Harajli, (2015) *Interior RC wide beam-narrow column joints: Potential for improving seismic resistance.* Engineering Structures, **99**: p. 42-55.
10. Stehle, J.S., H. Goldsworthy, P. Mendis, (2001) *Reinforced concrete interior wide-band beam-column connections subjected to lateral earthquake loading.* Aci Structural Journal, **98**(3): p. 270-279.
11. Siah, W.L., vd., (2003), *Interior wide beam connections subjected to lateral earthquake loading.* Engineering Structures, **25**(3): p. 281-291.
12. NZSA, (1985) *Standard for the design of concrete structures (NZS 3l0l-85)*, New Zealand Standards Authority, New Zealand.
13. ACI-ASCE, (1991) *Recommendations for design of beam-column joints in monolithic reinforced concrete structures*, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
14. ACI 318, (1995) *Building code requirements for structural concrete (ACI318-95) and commentary (ACI318R-95)*, American Concrete Institute Committee 318, Farmington Hills, MI.
15. ACI 318, (1999), *Building code requirements for structural concrete (ACI318-99) and commentary (ACI318R-99)*, American Concrete Institute Committee 318, Farmington Hills, MI.
16. ACI 318, (2005) *Building code requirements for structural concrete (ACI318-05) and commentary (ACI318R-05)*, American Concrete Institute Committee 318, Farmington Hills, MI.
17. ACI 318, (2008), *Building code requirements for structural concrete (ACI318-08) and commentary (ACI318R-08)*, American Concrete Institute Committee 318, Farmington Hills, MI.
18. ACI 318, (2011) *Building code requirements for structural concrete (ACI318-11) and commentary (ACI318R-11)*, American Concrete Institute Committee 318, Farmington Hills, MI.
19. Popov, E.P., vd., (1992) *Behavior of Interior Narrow and Wide Beams.* Aci Structural Journal, **89**(6): p. 607-616.
20. SMC, (1994),*Spanish ministry of construction*, Norma de Construccion Sismorresistente NCSE-94, Spain.
21. SMC, (2002) *Spanish ministry of construction*, Norma de Construccion Sismorresistente NCSE-02, Spain.
22. EN 1998-1, (2004), *Eurocode 8: design of structures for earthquake resistance—part 1: General rules, seismic actions and rules for*

buildings, European Committee for Standardization, Brussels.

23. NZSA, (1995), *Standard for the design of concrete structures (NZS3101-95)*, New Zealand Standards Authority, New Zealand.

24. Donmez, C., (2015), *Seismic Performance of Wide-Beam Infill-Joist Block RC Frames in Turkey*. Journal of Performance of Constructed Facilities, **29**(1).

25. TDY, (1968), *Afet bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik*, TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

26. Alyamaç, K.E. ve A.S. Erdoğan, (2005), *Geçmişten günümüze afet yönetmelikleri ve uygulamada karşilaşilan tasarim hatalari*, *Deprem Sempozyumu Kocaeli*, Kocaeli Üniversitesi, Türkiye. p. 707-715.

27. TDY, (1975), *Afet bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik*, TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

28. TDY, (1998), *Afet bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik*, TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

29. TDY, (2007), *Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik*, TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

30. Gentry, T.R., J.K. Wight, (1994), *Wide beam-column connections under earthquake-type loading.* Earthquake Spectra, **10**(4): p. 675-703.

31. Mirzabagheri, S., A.A. Tasnimi, M.S. Mohammadi, (2016), *Behavior of interior RC wide and conventional beam-column roof joints under cyclic load.* Engineering Structures, **111**: p. 333-344.

32. Li, B., S.A. Kulkarni, (2010) *Seismic Behavior of Reinforced Concrete Exterior Wide Beam-Column Joints.* Journal of Structural Engineering-Asce, **136**(1): p. 26-36.

33. TS 500, (2000) *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları Standardı*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

34. Leon, R.T., (1991), *Towards new bond and anchorage provisions for interior joints.* Design of Beam-Column Joints for Seiamic Resistance (ACI Publication SP-123), p. 452-442.

35. Ehsani, M.R. and J.K. Wight, (1985), *Effect of Transverse Beams and Slab on Behavior of Reinforced-Concrete Beam-to-Column Connections.* Journal of the American Concrete Institute, **82**(2): p. 188-195.