



## Makale

# Kolon - Kiriş Birleşim Bölgesinin Kesme Güvenliği Hesabında Özel Durumlar

Salih YILMAZ, Hasan KAPLAN

Pamukkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli

## ÖZET

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğin (AY-98) 1998 yılında yürürlüğe giren son halinde deprem mühendisliğinde edinilen bilgi birikimine paralel olarak modern yaklaşımlar yer almıştır. Depreme dayanıklı yapı tasarımının temel taşı olan sünek tasarım ilkesi yönetmelikte yer almıştır. Sünek yapı tasarımını sağlayabilmek amacıyla detaylandırmaya ilişkin pek çok kural yönetmeliğe girmiştir. Bu kurallardan önemli biri de kolon – kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliğinin sağlanmasıdır. AY-98’de kolon-kiriş birleşim bölgesinin kesme güvenliği kuralına ilişkin verilen detay uygulamada karşılaşılan tüm durumları kapsamamaktadır. Kirişlerin kolonlara bağlantısının aksların kesişmesi ile olacağı varsayılan bu detay yaygın olarak kullanılmaktadır ancak bunun dışında ortaya çıkan başka durumlarda ne yapılacağı ise yönetmelikte belirtilmemiştir. Bu çalışmada anılan bu ekstrem durumlarda ne yapılması gerektiği ele alınmış ve düğüm teşkiline ilişkin bir takım öneriler getirilmiştir.

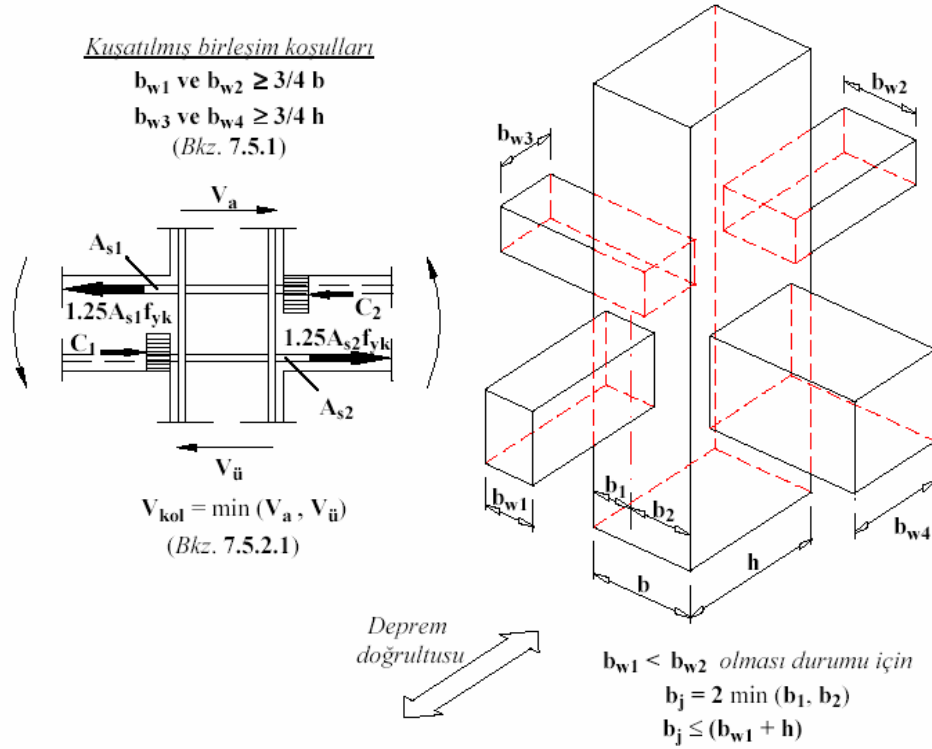
**Anahtar Kelimeler:** Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesinin Kesme Güvenliği, Sünek Tasarım, Afet Yönetmeliği.

## 1.GİRİŞ

1998 yılında yürürlüğe giren Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik [1] deprem bölgelerinde yapılacak yapılar için sünek tasarım yapılmasını öngörmüş ve yeterli sünekliği sağlamak için detaylandırmaya ilişkin bir takım hükümler ortaya koymuştur. Bu hükümlerden önemli bir tanesi ise kolon - kiriş birleşim bölgesinin kesme güvenliğinin sağlanmasıdır. Bu şekilde birleşim bölgesi hasarının önüne geçilmesi ve eğilme elemanlarında oluşacak plastik mafsallar ile yapıların sünek davranış göstererek enerji tüketmesi planlanmıştır. Yönetmeliklere koyulan bu madde, geçmiş depremlerde gözlenen birleşim bölgesi hasarlarının bir sonucudur. 1985 Mexico [2], 1986 San Salvador [3], 1989 Loma Prieta [4] ve 1999 Marmara depreminde [5] bu hasarlara sıkça rastlanmıştır. Özellikle, deprem mühendisliği bilgisinin arttığı son 30-40 yılda birleşim bölgelerinin deprem davranışı konusunda pek çok çalışma yapılmıştır. Mesela, [6]’da birleşim bölgelerinin doğrusal olmayan analizler için nasıl modellenmesi gerektiği araştırılmış ve birleşim bölgelerinde oluşacak kayma deformasyonlarını dikkate alan bir model önerilmiştir. Yapılan bir başka çalışmada [7] ise dış birleşim bölgelerinin kesme kapasitelerinin hesaplanması için yeni bir formül önerilmiştir.

Ancak yapılan çalışmalarda ve yönetmelikte birleşim bölgelerinin kesme güvenliği hesabı için verilen formüller özel bir duruma aittir. Bu formüller ve yönetmelikte verilen şekil incelendiğinde, formülün kirişlerin kolonlardan dar olduğu ve kirişlerin tüm genişliğinin kolon genişliği içerisinde yer aldığı ortogonal birleşim durumuna özel olarak verildiği görülmektedir. Birleşimi özel hale getiren bir başka nokta ise kolonun dikdörtgen olmasıdır. Şekil 1’de Afet Yönetmeliğinde verilen kolon - kiriş birleşim

bölgesi detayı gösterilmiştir. Sayılan tüm bu şartlar aslında bina türü yapıların pek çoğunda kullanılan genel detaylardır. Ancak, bazı özel durumlarda mühendisin ne yapacağı yönetmelikte açıkça belirtilmemiştir. Bu çalışmada karşılaşılabilecek bu ekstrem durumlar açıklanacak ve çözüm önerilerine yer verilecektir.



şekil 1. AY-98'de Verilen Birleşim Bölgesi Detayı

## 2. AY-98'DE BİRLEŞİM BÖLGEŐİ HESABI

Birleşim bölgesi hesabı için öncelikle birleşime bağlanan kirişlerden deprem doğrultusunda uzananlar seçilir. Bu doğrultuda uzanan kirişlerden dar olanı birleşim bölgesinin kesme güveliği hesabında kullanılacak olan  $b_j$  hesabında kullanılır. Bu dar kirişin orta noktasının kolonun iki kenarına olan uzaklıklarından küçük olanının 2 katı  $b_j$  olarak bulunur (şekil 1). Daha sonra bu  $b_j$  kullanılarak Birleşim bölgesinin taşıyabileği maksimum kesme kuvveti kapasitesi kuşatılmış ve kuşatılmamış birleşimler için sırasıyla řu şekilde hesaplanır.

$$V_{e,max} = 0,60 \cdot b_j \cdot h \cdot f_{cd} \quad (\text{Kuşatılmış birleşim için}) \quad (1)$$

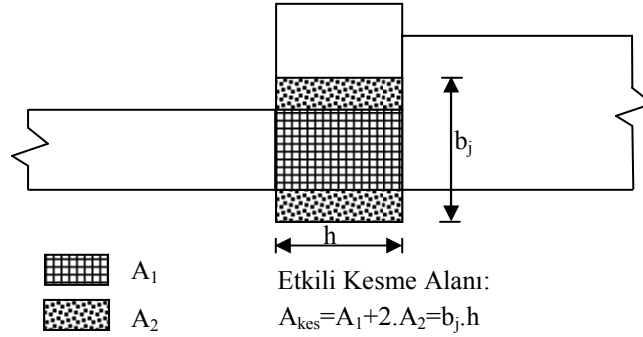
$$V_{e,max} = 0,45 \cdot b_j \cdot h \cdot f_{cd} \quad (\text{Kuşatılmamış birleşim için}) \quad (2)$$

Daha sonra birleşimin zorlanması (3) ile bulunarak birleşim bölgesinin güvenliğinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir.

$$V_e = 1.25(A_{s1} + A_{s2}) \cdot f_{yk} - V_{kol} \quad (3)$$

Yönetmelik esas olarak bu birleşimde kolon yüzeyi ile kesişen kiriş genişliğinin tamamının etkili olarak gelecek kuvvetleri taşıyacağını buna ilave olarak kiriş yüzünden yakın olan kolon yüzeyi arasındaki genişliğin iki katının da kiriş genişliğine ilave edilebileceğini formölüze etmiştir. Aşağıda açıklanacak özel durumlara bu felsefe ışığında çözüm üretilmeye çalışılacaktır.

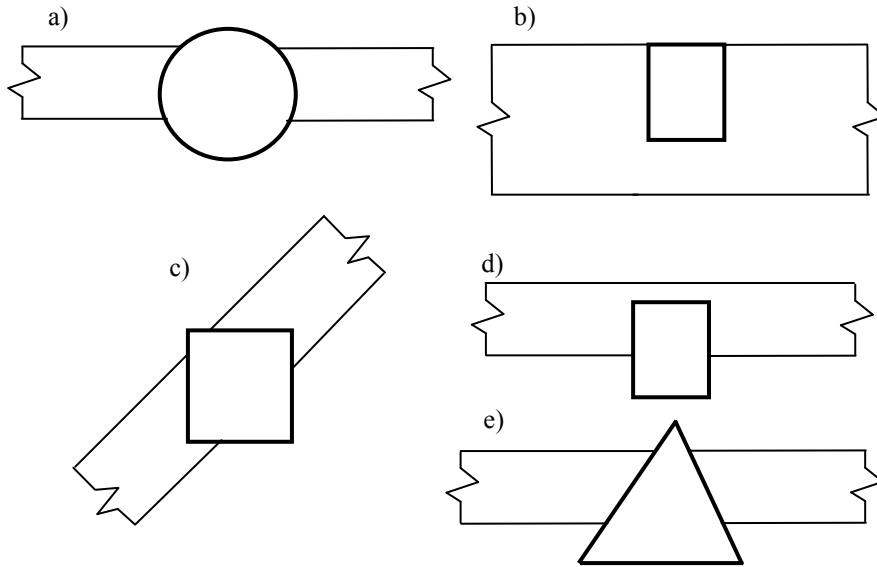
Yönetmelikte verilen bu yöntem kolon kiriş birleşim bölgesinin de etkili olarak kirişten kolona yük aktaran bölgenin tarifini yapmaktadır. Yönteme göre kirişin yakın olduğu kolon kenarına kadar olan mesafe ve kirişin diğer tarafında yine aynı miktarda bir mesafe ile kolon ve kirişin kesiştiği alan etkili kesme alanı diye de adlandırabilecek olan  $b_j \cdot h$  çarpımını oluşturmaktadır. Şekil 2’de bu etkili kesme alanı gösterilmiştir.



Şekil 2. AY98 formülleriyle etkili kesme alanı

### 3. BAZI ÖZEL DURUMLAR

Tasarım aşamasında karşılaşılabilecek bazı özel durumlar yönetmelikte verilen birleşim detayından oldukça farklıdır ve yönetmeliğin verdiği formüllerle çözülebilecek gibi de değildirler. Şekil 3’de bu durumlara ait örnekler gösterilmiştir. Yönetmelikte verilen formülasyon bu durumlara doğrudan uygulanamamaktadır.



Şekil 3. Bazı Özel Kolon Kiriş Birleşimleri

Yönetmelikte verildiği gibi önce  $b_j$ 'yi hesaplanarak daha sonra bunu  $h$  ile çarparak etkili kesme alanını bulmak doğru bir yaklaşım değildir. Şekil 3’de örnekleri görülen durumda da uygulanması mümkün olmayan bir yöntemdir. Bunun yerine uygulanması gereken daha esnek bir prosedür Şekil 4’de özetlenmiştir.

Önerilen prosedüre göre öncelikle  $A_1$ ,  $A_2$  ve  $A_3$  alanları bulunmalıdır. Daha sonra (4)’de verilen formül kullanılarak etkili kesme alanı tespit edilmelidir. Bu formülde  $A_1$  dar kiriş ile kolonun kesiştiği alanı  $A_2$  ve  $A_3$  ise  $A_1$  ile gösterilen alanın her iki tarafında kalan kolon alanlarını göstermektedir. Bu formüllerle yapılan hesap ile AY98’in hesabı AY98’deki detay için farklı değildir. Fakat, yapılan küçük değişikliklerle

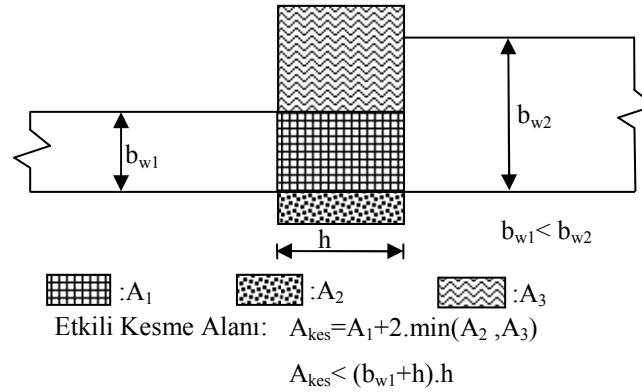
her türlü kolon kiriş birleşimi hesabına uygun bir formül yazılmış olmaktadır. Bulunan kesme alanları 5 ve 6'da yeniden düzenlenmiş formüller de kullanılarak maksimum kesme kuvveti hasaplanmalıdır.

$$A_{kes} = A_1 + 2 \cdot \min(A_2, A_3) \quad (4)$$

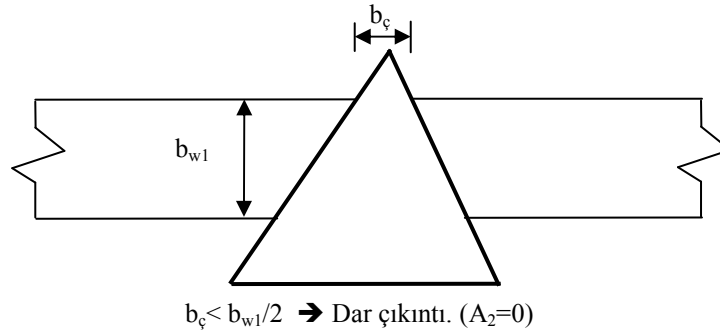
$$V_{e,max} = 0,60 \cdot A_{kes} \cdot f_{cd} \quad (\text{Kuşatılmış birleşim için}) \quad (5)$$

$$V_{e,max} = 0,45 \cdot A_{kes} \cdot f_{cd} \quad (\text{Kuşatılmamış birleşim için}) \quad (6)$$

$A_2$  ve  $A_3$  alanlarının hesaplanmasında dar çıkıntılar hesaba katılmamalıdır. Çünkü gerilmenin bu kısımlara dağılması söz konusu değildir. Dar çıkıntı, kolon kiriş birleşimine komşu  $A_2$  ve  $A_3$  alanlarının bu birleşime olan kenarlarının  $b_{w1}/2$ 'den küçük olması durumudur. Şekil 5'de dar çıkıntı durumu grafiksel olarak izah edilmiştir.



Şekil 4. Etkili Kesme Alanı Hesabı İçin Önerilen Formülasyon

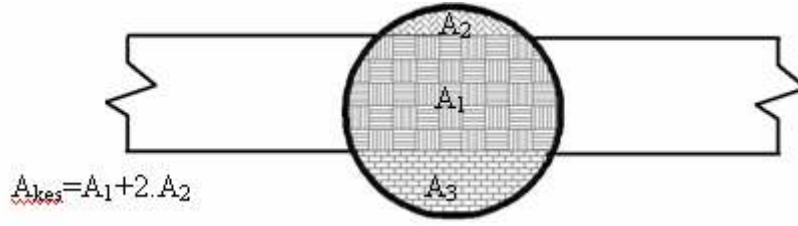


Şekil 5. Dar Çıkıntı Durumu

Bu çalışmada 4, 5 ve 6 ile önerilen formülasyonun Şekil 3'de verilen ekstrem durumlara uygulamasına her bir durum için aşağıda değinilmiştir

#### a) Dairesel Kolon Üzerinde Birleşim

Şekil 3a'da gösterilen bu durum da aslında birkaç farklı şekilde karşımıza çıkabilir. Kolon-Kiriş birleşimi tam ortadan olabileceği gibi bir kenara doğru kaçık da olabilir. Ortadan birleşim durumunda etkili kesme alanı daire kolonun alanı olarak düşünülebilir. Birleşimin bir kenara doğru kaçık olması durumunda ise Şekil 6'da gösterilen  $A_{kes}$  etkili kesme alanı olarak kullanılmalıdır

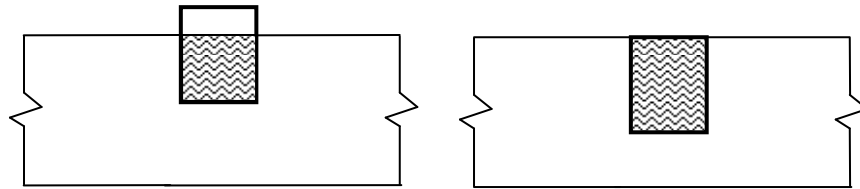


Şekil 6. Dairesel Kolon Üzerinde Kaçık Birleşimde Etkili Alan Hesabı

### b) Kolondan Geniş Kirişler

Kirişin kolondan daha geniş olduğu birleşimler genellikle nervürlü döşemeye sahip birleşim durumunda ortaya çıkmaktadır. Bu birleşimlerde kolon ortası ile kiriş ortasının çakıştığı durumlarda  $b_j$  değeri kolon genişliğine eşit olmakta ve herhangi bir sorunla karşılaşmamaktadır. Ancak, çok özel bir durumdan bahsederek, Şekil 3b'deki gibi kirişin orta noktasının kolonun bir yüzü ile çakışması durumunda (bir kenarı kolon kenarına yaslı genişliği kolon genişliğinin 2 katı olan kirişler) yönetmelik formülasyonu ile  $b_j$  değeri 0 (sıfır) olmaktadır. Böyle bir durumda etkili kesme alanı kolon alanına eşit olarak hesaplanmalıdır. Bu durum dikdörtgen yerine dairesel kolonlarda oluştuğunda da kolon alanı etkili alan olarak kullanılmalıdır.

AY98 formüllerine göre kiriş genişliği kolon genişliğinin 2 katından biraz az veya fazla ise bu durumda da çok küçük  $b_j$  değerleri ile karşılaşmaktadır. Kiriş genişliği kolon genişliğinin 3 katı olduğunda  $b_j$  kolon genişliğine eşit olmakta, kirişin daha da geniş olması durumunda ise  $b_j$  kolon genişliğinden daha büyük olmaktadır. Tüm bunlar kabul edilebilir mantıklı değerler değildirler. Kiriş genişliğinin kolon genişliğinden fazla olduğu durumlarda ise eğer kiriş kolona bir kenarından yaslı veya her iki kenarından taşıyorsa etkili kesme alanı kolon ve kirişin kesiştiği bölgenin alanına eşit alınmalıdır. Şekil 7'de bu durumlarda kullanılması gereken kesme alanı taralı olarak gösterilmiştir.



Şekil 7. Kolonlardan Geniş Kirişlerde Etkili Alan

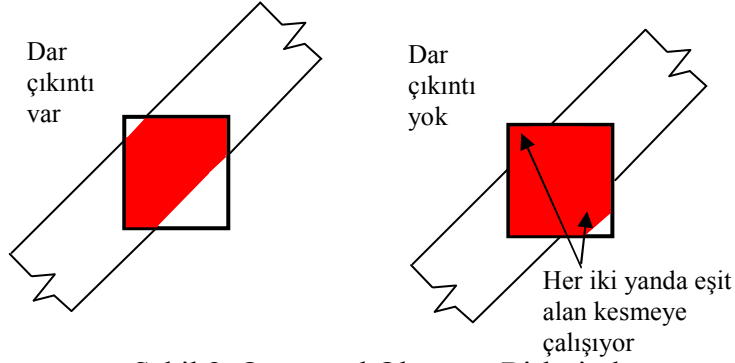
Kiriş genişliğinin uygulamada elbette bir sınırı vardır. Ancak böyle bir sınırın yönetmelikte olmaması dikkat çekicidir. Kiriş genişliğinin bağlandığı kolonun boyutlarına bağlı olarak sınırlandırılması daha düzenli birleşimler için gereklidir. Bu şekilde sınırlandırılan bir birleşimde kiriş boyuna donatılarının çoğu kolon basınç bölgesi içerisinde kalacağından daha iyi aderans sağlanacaktır.

### c) Ortogonal Olmayan Birleşim

Uygulamada sıklıkla karşılaşılan durumlardan birisi de kolon üzerinde kirişlerin ortogonal birleşmemesidir. Bu tür durumlar için önerilen etkili kesme alanı Şekil 8'de gösterilmiştir. Şekil 3c'de görülen bu durumda sorun sadece  $b_j$  ve  $h$  değerlerinin tespiti değildir. Kolon kesme kuvveti  $V_{kol}$ 'un tespit edilmesi de bir başka sorundur. Çünkü yönetmelikte verilen şekile göre deprem doğrultusunda uzanan kirişler için bu kontrol yapılmakta diğer yöndeki kirişler ise ihmal edilmektedir. Ancak bir yapıda kirişlerin tamamı iki asal deprem doğrultusunda uzanmayabilir. Eksenleri eğik kirişler bulunabilir. Bu durumda kolona gelen kesme  $V_{kol}$  kesme kuvveti yönetmelikte verildiği gibi  $V_a$  ve  $V_u$  değerlerinin küçüğü olarak nasıl alınacaktır? Burada üç seçenek gündeme gelir;

1. Bir basitleştirme yapılarak her iki asal deprem doğrultusundan minimum kesme kuvvetinin oluştuğu yöndeki kesme kuvveti seçilebilir.
2. İki asal deprem doğrultusundaki kolon kesme kuvvetleri açıyla orantılı süperpoze edilerek kiriş doğrultusundaki yüklemeye için beklenen kolon kesme kuvveti tahmin edilebilir.
3. Kiriş doğrultusu için yapı analiz edilerek deprem yükleri hesaplanarak kolon kesme kuvvetleri bulunabilir.

Ancak, 1. seçenek kullanılarak bulunan minimum kolon kesme kuvveti ikinci seçenek uygulanarak bulunana göre bir miktar düşük olacaktır. Güvenli tarafta kalmak için ilk maddeden bulunan minimum kesme kuvvetinin kullanılması yerinde olacaktır. 3. seçenek ise pratik açıdan uygulama zorlukları getirecektir.



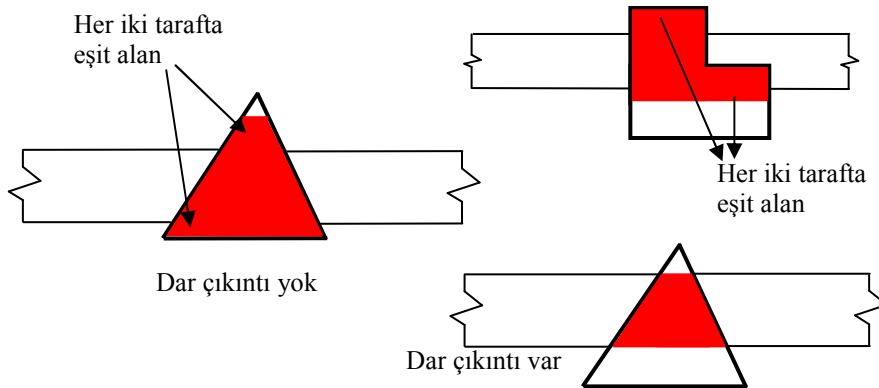
Şekil 8. Ortogonal Olmayan Birleşimler

#### d) Kolon Üstüne Oturmeyan Kirişler

Şekil 3d'de görülen kolon üzerine tam olarak oturmeyan birleşim durumuyla da zaman zaman karşılaşmaktadır. Kirişin dar veya geniş olmasının bu durumda bir önemi de yoktur. Şekil 7'de geniş kiriş için verilen şekildeki gibi kolon kiriş ortak kesişim alanı etkili alan olarak kullanılmalıdır.

#### e) Farklı Geometriye Sahip Kolon Üzerinde Birleşim

Farklı geometriye sahip kolonlar uygulamada sık karşılaşılan durumlar değildir. Ancak bazen poligon kolon gibi uygulamalarla da karşılaşmaktadır. Şekil 3e'de üçgen bir kolon özel bir durum olarak görülmektedir. Şekil 9'da bu durumda kullanılacak alan örneklenmiştir. Aynı şekilde esas olarak zaman zaman görülen poligon kolon durumunda kullanılması gereken alan da gösterilmiştir.

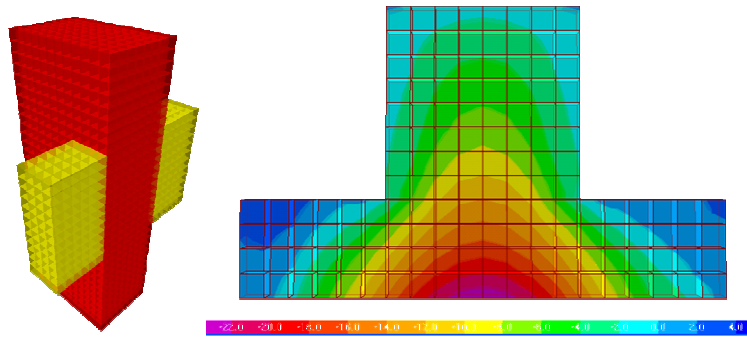


Şekil 9. Poligon ve Değişik Geometrilik Kolon Üzerinde Yapılan Birleşimlerde Etkili Çalışan Alan

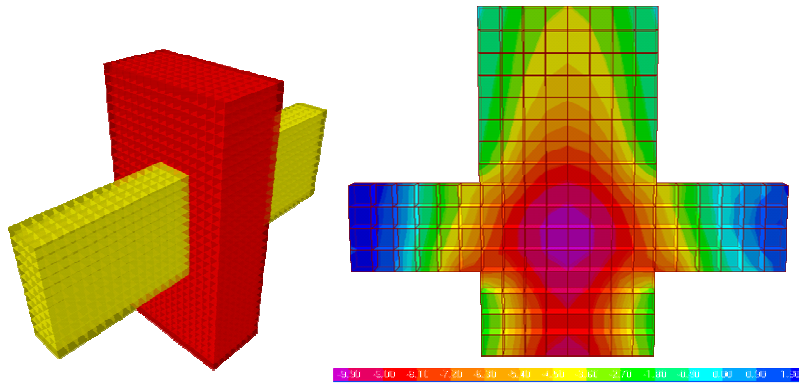
#### 4. SAYISAL ÇÖZÜMLER

Esas olarak, yukarıda belirtilen durumların hepsinde de kolon kiriş birleşiminde etkili olarak kesmeye çalışan alanın kolon ile kirişin kesişiminin her iki tarafına eşit olarak taşılmasıyla oluştuğu görülmektedir. Bu yaklaşımın doğruluğunu irdelemek için de farklı birleşim bölgeleri Sap2000 [8] programında 3 boyutlu sonlu elemanlarla modellenmiştir. Şekil 10-17'de bu birleşimlerdeki gerilme dağılımı görülmektedir.

Şekil 9 ve 10'da AY98'de verilen detaya benzer birleşimlere ait model ve birleşim bölgesindeki kayma gerilmesi dağılımı gösterilmektedir. Şekil 10'da verilen kenara tam yaslanmış kiriş durumunda gerilmenin neredeyse tamamı birleşim bölgesi tarafından taşınırken, Şekil 11'de gösterilen kenardan kaçık birleşim durumunda gerilmenin en yoğun olduğu bölge birleşim bölgesi iken kirişin yakın olduğu kenara doğru da gerilmelerin yoğun olduğu diğer tarafta ise daha rahat bir gerilme dağılımının olduğu hemen gözlenmektedir. Ancak birleşim bölgesinin kenara yakın olan tarafının diğer tarafa göre daha çok gerilme çektiği görülmektedir.



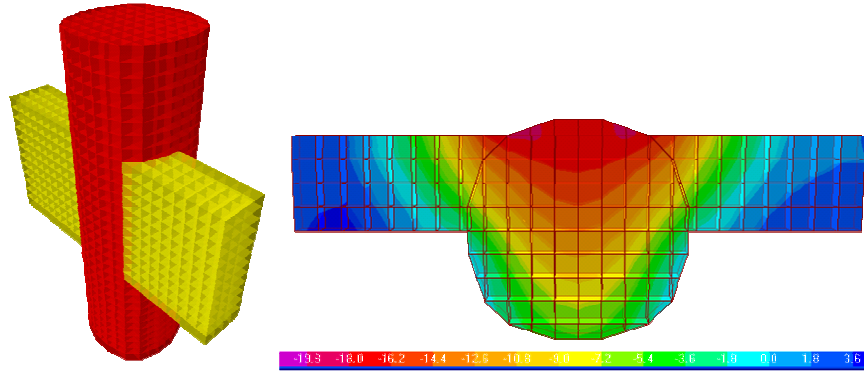
Şekil 10. Dikdörtgen Kolonlu (Kaçıklığı Fazla) Birleşim Modeli ve Birleşimde Gerilme Dağılımı



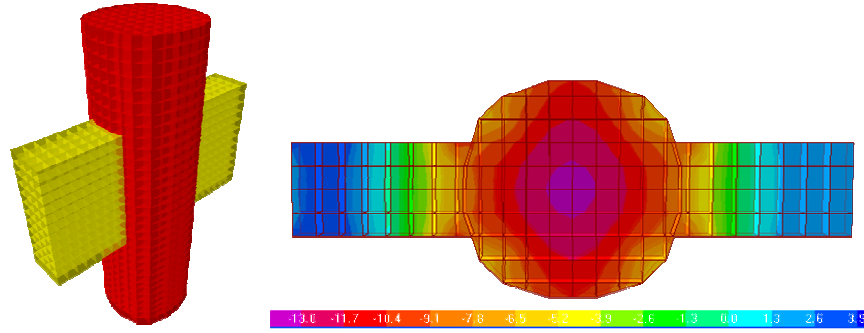
Şekil 11. Dikdörtgen Kolonlu (Kaçıklığı Az) Birleşim Modeli ve Birleşimde Gerilme Dağılımı

Şekil 12 ve 13'de ise dairesel kolon - kiriş birleşimlerine ait modeller ve kayma gerilmesi dağılımı görülmektedir. Kaçık birleşimde gerilme kolonun kaçık olduğu tarafa yoğunlaşırken, ortadan yapılan birleşimde gerilmenin daha düzgün dağıldığı gözlenmektedir.

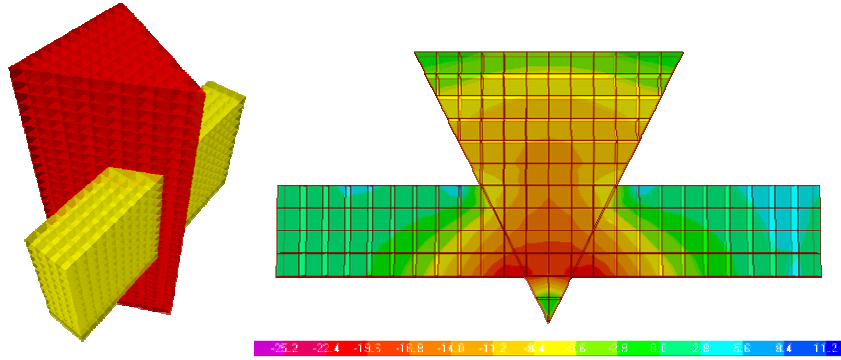
Şekil 14 ve 15'de üçgen kolona saplanan kirişlerin oluşturduğu birleşim modelleri görülmektedir. İlk modelde kirişler kolona köşesine yakın bölgeden saplanmakta ikinci modelde ise kirişler üçgenin kenarına yakın olarak saplanmaktadır. Her iki modelde de gerilmenin kolonun kiriş saplanan tarafında yoğunlaştığı diğer tarafa doğru azaldığı hemen görülmektedir. Köşeye yakın saplanan kiriş durumunda köşede kalan üçgen kolon parçasının çok az bir gerilme taşıdığı görülmektedir. Bu da yukarıda öne sürülen dar çıkıntı savını doğrular niteliktedir.



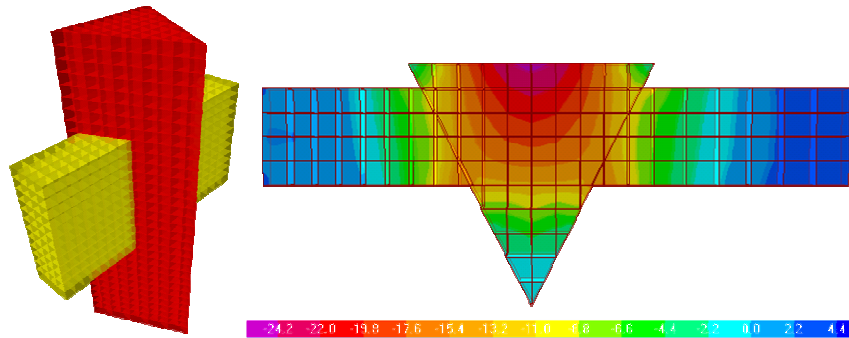
Şekil 12. Dairesel Kolonlu (Kaçıklığı Fazla) Birleşim Modeli ve Birleşimde Gerilme Dağılımı



Şekil 13. Dairesel Kolonlu (Kaçıklık Olmayan) Birleşim Modeli ve Birleşimde Gerilme Dağılımı



Şekil 14. Üçgen Kolonlu (Köşeye Kaçık) Birleşim Modeli ve Birleşimde Gerilme Dağılımı

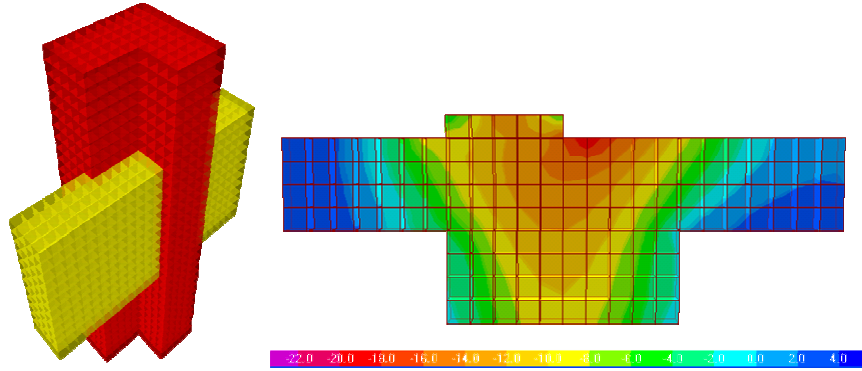


Şekil 15. Üçgen Kolonlu (Kenara Kaçık) Birleşim Modeli ve Birleşimde Gerilme Dağılımı

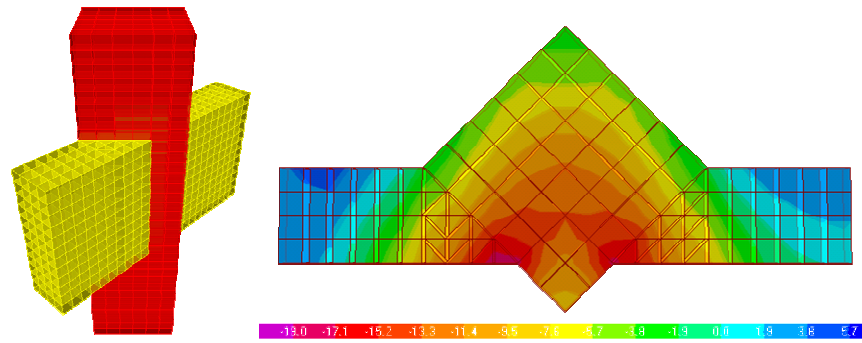
Poligon kolona saplanan kiriş durumuna ait model Şekil 16'da verilmiştir. Kolon ve kiriş birleşiminin köşeleri yakınında gerilme yoğunlaşmalarının yaşandığı bu durumda ise yük Birleşimde düzgün dağılmıştır.



Şekil 17’de modeli ve gerilme dağılımı görülen ortogonal olmayan birleşim durumunda ise yine diğer modellerde olduğu gibi gerilme kirişin kaçık olduğu tarafa yoğunlaşmış diğer tarafta ise oldukça azalmıştır. Kolondaki çıkıntının Şekil 13’deki çıkıntıya oranla genişlemesi dolayısıyla taşınan gerilme artmıştır. Tüm modeller incelendiğinde kirişler kenara yaklaştıkça gerilme dağılımının bozulduğu kirişler ortaya yaklaştığında ise daha düzenli gerilme dağılımlarının ortaya çıktığı gözlenmektedir. Birleşim teşkili ile ilgili kurallar getirilerek bu kaçıklığın sınırlandırılması oldukça yerinde bir tedbir olacaktır.



Şekil 16. Poligon Kolonlu Birleşim Modeli ve Birleşimde Gerilme Dağılımı



Şekil 17. Ortogonal Olmayan Birleşim Modeli ve Birleşimde Gerilme Dağılımı

## 5. SONUÇLAR

Süneklik düzeyi yüksek sistemlerin tasarımı için kolon kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliğinin sağlanması gereklidir. Ancak, 1998 Afet Yönetmeliğinde verilen formülasyon uygulamada bazı sorunlara yol açmaktadır. Örneğin, kolonun bir yüzüne yaslanmış geniş kiriş durumunda kiriş genişliği kolon genişliğine eşit olduğunda etkili alan kolon alanına eşit olmaktadır. Kiriş genişliği kolon genişliğinin iki katına çıkarıldığında etkili alan sıfıra düşmekte, üç katına çıkarıldığında ise tekrar kolon alanına eşit olmaktadır. Bu genişlik kolon genişliğinin dört katı olduğunda ise yönetmelikteki formülasyon, etkili kesme alanını, kolon alanının iki katı olarak vermektedir. Elbette ki genel bir formülün bu tip ekstrem durumlara cevap vermesi her zaman beklenemez. Ancak formülün sınırları iyi belirlenmeli, ekstrem durumlarda izlenecek yol da ortaya konulmalıdır.

Bu ekstrem durum haricinde uygulamada sıkça karşılaşılan dairesel kolon veya poligon kolon gibi durumlarda yada eğik akslar dolayısıyla ortaya çıkan ortogonal olmayan birleşim durumlarında ne yapılacağı da yönetmelikte belirsizdir. Formüllerdeki bazı değerlerin bu durumlarda nasıl belirleneceği de belirsizlikler içermektedir.

Bu çalışmada bazı özel durumlarda  $b_j \cdot h$  ile ifade edilen kesmeye çalışan etkili alanın nasıl tespit edilebileceği her durum için açıklanmış ve yönetmelik formülasyonunun yerine ekstrem durumlara uyabilecek daha genel bir formül önerilmiş ve farklı durumlardaki uygulaması örneklenmiştir.

AY98'de dikkate alınmayan bir başka husus ise gerilme taşımayan dar çıkıntılardır. Bu bölgeler etkili kesme alanı hesabına dâhil edilmemelidir.

Kolon ve kiriş merkezlerinin birbirinden uzaklaşmasının gerilme dağılımını olumsuz olarak etkilediği görölmektedir. Bu sebeple, özellikle kuşatılmamış kolon kiriş birleşiminde kaçıklık sınırlandırılmalıdır.

AY98'de maksimum kiriş genişliği hakkında da bir hüküm mevcut değildir. Kiriş genişliğinin sınırlandırılması düzensiz birleşimlerin önüne geçilmesi için şarttır. Ayrıca, kiriş genişliğinin ve kaıklığın sınırlandırılmasıyla, kiriş boyuna donatılarının büyük çoğunluğu kolon içerisinden geçecek, bu da kolondaki eksenel yük dolayısıyla daha iyi kenetlenme sağlayacaktır.

Uygulamada karşılaşılan sorunların ortadan kaldırılması için, Afet Yönetmeliğinde yapılacak bir revizyonda, bu çalışmada elde edilen hususların da dikkate alınması uygun olacaktır.

## 6. KAYNAKLAR

1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İmar Bakanlığı, 1997, Ankara.
2. Mitchell D. Structural damage due to the 1985 Mexico earthquake. In: Proceedings of the 5th Canadian Conference on Earthquake Engineering. Rotterdam: A.A. Balkema; 1987. p. 87–111.
3. Seismology Committee, Structural Engineers Association of California. Recommended lateral force requirement and tentative commentary, 1998.
4. EERI Reconnaissance Team. Lome Prieta earthquake, October 17, 1989. Preliminary Reconnaissance report. Oakland, CA: EERI.
5. Sezen H., Whittaker A.S., Elwood K.J., Mosalam K.M. Performance of reinforced concrete buildings during the August 17, 1999 Kocaeli, Turkey earthquake, and seismic design and construction practise in Turkey. Engineering Structures 25 (2003) 103–114.
6. Ghobarah A., Biddah A. Dynamic analysis of reinforced concrete frames including joint shear deformation. Engineering Structures 21 (1999) 971–987.
7. Bakir P.G., Boduroğlu H.M.. A new design equation for predicting the joint shear strength of monotonically loaded exterior beam-column joints Engineering Structures 24 (2002) 1105–1117.
8. Computers and Structures. SAP2000, [www.csiberkeley.com](http://www.csiberkeley.com), California, USA.