

13. BİRLEŞİMLER VE BİRLEŞİM ARAÇLARI

13.1. GİRİŞ

Çelik yapı ürünleri, enkesit tipi, boyutları açısından belli standartlarda üretilir. Bu nedenle, tasarımla ortaya çıkan boyutlarda eleman üretimi söz konusu değildir. Eleman enkesit tipi ve enkesit boyutunu belirledikten sonra istenilen uzunlukta çelik eleman için ek yapmak gerekir. Ayrıca, çelik yapı elemanların düğüm noktalarında birleşim araçları kullanarak birleştirmek gerekir. Çelik yapılarda ek ve birleşimlerde **perçin, bulon ve kaynak** olmak üzere üç çeşit birleşim aracı kullanılır. Bunlardan perçin ve bulonlu birleşim sökülebilen birleşim, kaynaklı birleşim ise sökülemeyen birleşim olarak adlandırılır. Birleşimlerde, gerekli dayanım, tasarım yükleri altında gerçekleştirilen yapısal analiz sonucunda yani ilgili yük birleşimleri esas alınarak veya birleşen elemanların gerekli dayanımının belirli bir oranı olarak belirlenir. Aşağıda verilen esaslara göre hesaplanan *tasarım dayanımı*, ϕR_n (YDKT) veya *güvenli dayanımı*, R_n/Ω (GKT) gerekli dayanımdan büyük olacak şekilde birleşimdeki tüm esas ve yardımcı elemanlar boyutlandırılır. Ayrıca, birleşimler ve birleşimlerdeki tüm birleşim araçları kullanılabilirlik sınır durumları göz önüne alınarak kontrol edilirler. Bir çelik yapının her hangi birleşiminde temel tasarım esası, yapı elemanları taşıma gücünü kaybetse bile hiçbir şekilde birleşim bölgesinin taşıma gücünü kaybetmemesidir. Bunun için, perçin, bulon ve kaynak gibi birleşim araçları ve diğer yardımcı birleşim araçlarının taşıma gücünü kaybetmemesi gerekir.



Şekil 13.1 Bulon, perçin ve kaynak

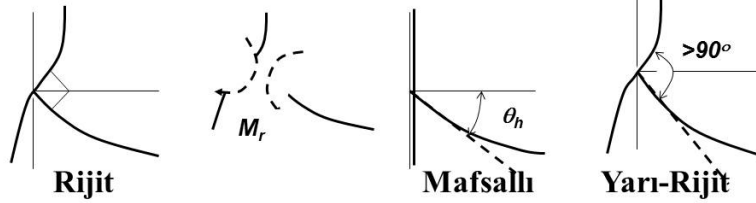
13.2 BİRLEŞİMLERİN SINIFLANDIRILMASI

ÇYTY 2016'da birleşimlerde kullanılabilirlik sınır durumları esas alınan birleşim detayları ve ilgili kurallar verilmiştir. Birleşimlerin tasarımında esas alınacak iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler, yapısal analizin varsayımlarına ve birleşimden beklenen performans özelliklerine bağlı olarak belirlenir. Çelik yapı uygulamalarında, yaygın olarak kullanılan birleşimler, genel olarak, mafsallı birleşimler ve moment aktaran birleşimler olarak iki grupta toplanır. **Mafsallı birleşimler** eğilme momentinin sıfır veya sıfıra yakın olduğu, buna karşılık birleşen elemanlar arasında görelî dönme hareketine izin veren birleşimlerdir. Bu birleşimlerin dönme kapasitesi, yapısal analiz ile hesaplanan gerekli dönme hareketi ile uyumlu olmalıdır. **Moment aktaran birleşimler** ise tam rijit moment aktaran birleşimler ve yarı rijit (elastik) moment aktaran birleşimler olarak ikiye ayrılırlar. Bu birleşimlerde eğilme momentleri sıfırdan farklı değerler almakta, buna karşılık birleştirilen elemanlar arasındaki görelî dönme hareketi birleşimin tam rijit veya yarı rijit olmasına bağlı olarak sıfır veya sınırlı olmaktadır. Eksenel yüklü elemanların ağırlık merkezinden geçen eksenlerinin ortak bir noktada kesişmemesi halinde, dışmerkezlik etkisi gözönüne alınmalıdır. Dolu gövdeli ve kafes kirşlerin basit (mafsallı) birleşimleri, eğer birleşimde normal kuvvet etkisi yeteri kadar küçük, yani ihmal edilebilir düzeyde ise, birleşim belirli miktarda dönme yeteneğine sahip olacak şekilde ve sadece kesme kuvveti etkisi dikkate alınarak boyutlandırılabilir. Moment

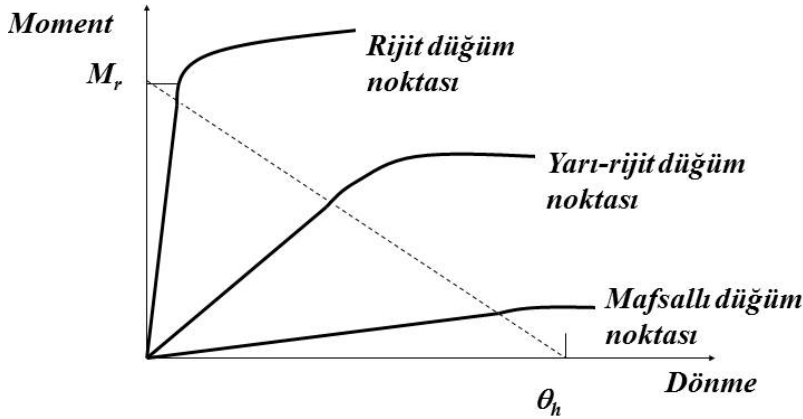
aktaran birleşimler, moment ve kesme kuvveti ile normal kuvvetin ortak etkisi altında boyutlandırılmalıdır. Çelik yapılarda birleşimlerin sınıflandırılması, kullanılan birleşim araçları ve diğer özelliklerine göre aşağıdaki şekilde yapılmaktadır.

1- Birleştirme aracına göre: Perçinli, bulonlu, kaynaklı

2- Birleşim rijitliğine göre: Basit(mafsallı), rijit, yarı rijit

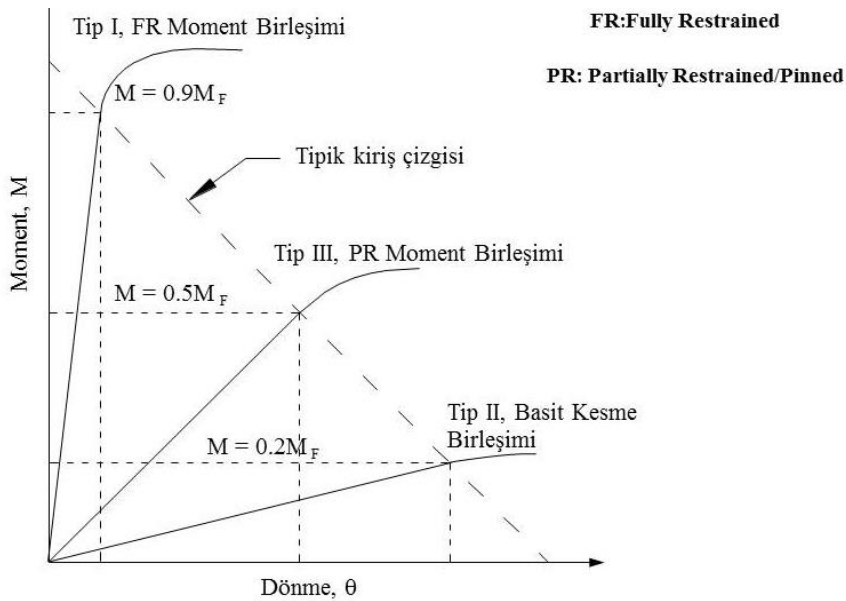


Şekil 13.2 Rijit, mafsalı, yarı rijit



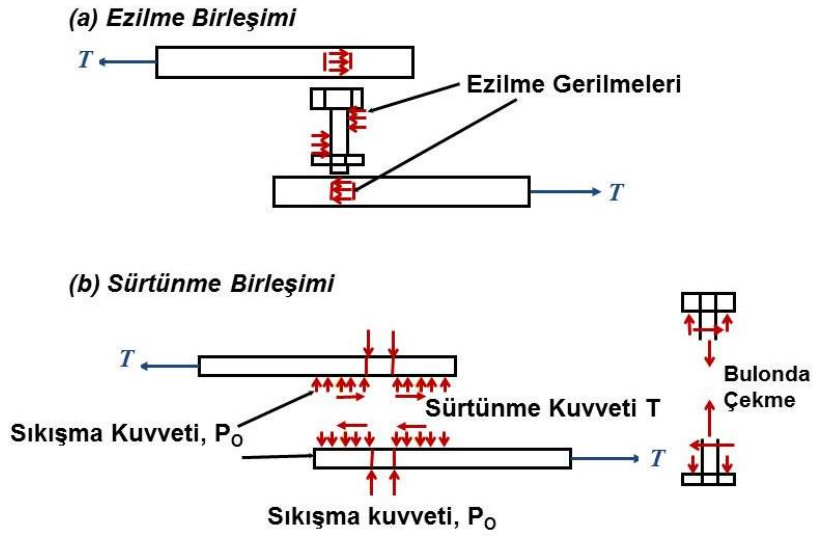
Şekil 13.3 Rijitlik durumuna göre birleşimin moment kapasitesi

3- Rijitlik durumuna göre: Birleşimin moment kapasitesine göre



Şekil 13.4 Bulonlu birleşimlerde moment-dönme eğrisi

3-Düğüm dayanımına göre: Ezilme dayanımlı birleşimler, sürtünme dayanımlı birleşimler



Şekil 13.5 Ezilme ve sürtünme dayanımlı birleşimler

4-Üretim yerine göre: Atölyede, sahada yapılan birleşimler

5-Düğüm bölgesine göre: Kiriş-kolon, kiriş-kiriş, kolon-temel ve özel birleşimler



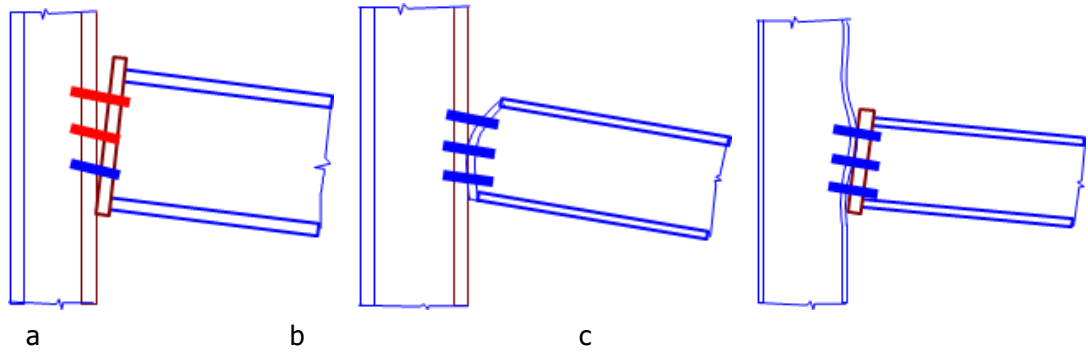
Şekil 13.6 Kiriş-kolon, kiriş-kiriş, kolon-temel ve özel birleşimlerden örnekler

6- Ek yapılan eleman ve araçlarına göre birleşimler: Kaynaklı, perçinli ve bulonlu kiriş veya kolon eki,

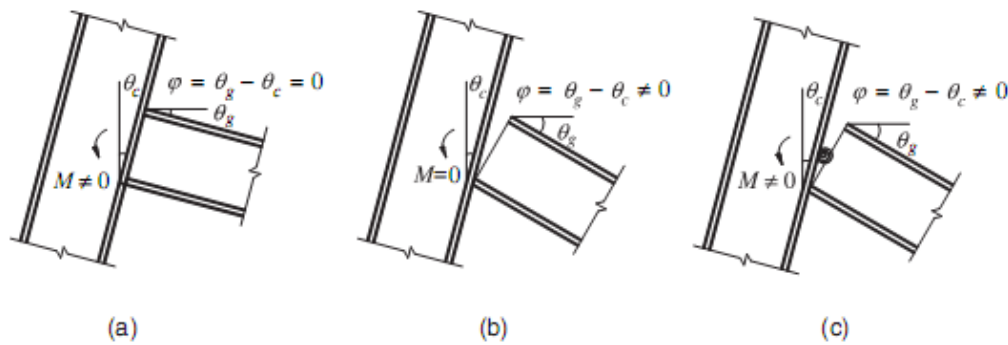


Şekil 13.7 Kiriş eki, kaynaklı kolon eki, bulonlu kolon eki

7-Kolon başlığı ve uç levhası kalınlığının birleşimin dönme kapasitesine etkisine göre:



Şekil 13.8 a) Kolon başlığı ve uç levhası kalın b) Kolon başlığı kalın – uç levhası ince c) Kolon başlığı ve uç levhası ince



Şekil 13.9 Kiriş-kolon birleşimlerinde kuvvetler deplasmanlar

13.3 PERÇİNLER

Perçin malzemesinin akma gerilmesi ve çekme dayanımının deneysel olarak belirlenmesi koşulu ile, perçinlerin çekme, kayma ve çekme ve kaymanın ortak etkisi altında karakteristik dayanımları, "Guide to Design Criteria for Bolted and Riveted Joints" de belirtilen esaslara uygun olarak belirlenecektir. Perçin güvenli dayanımları normal bulonlar için verilen esaslar kullanılarak hesaplanmalıdır. Perçin malzemesinin akma ve çekme dayanımlarının kullanılması koşulu ile

bulonların kesme kuvveti altında dayanımı için kullanılan tasarım formülleri esas alınarak perçinlerin gerekli dayanım hesapları yapılabilir. Bu bölümde, perçin hesaplarına girilmeyecektir.



Şekil 13.10 Perçinli birleşimlerden örnekler

13.4 KAYNAKLAR

13.4.1 Kaynak Çeşitleri

Kaynak, metallerin kaynak bölgesinde ısı ve/veya basınç yardımıyla ilave malzeme kullanarak veya kullanmadan birleştirilmesidir. Çelik yapı elemanlarında yapılan kaynak, sadece ısı etkisi ve ilave uygun metal(elektrot) kullanılarak gerçekleştirilir. Kaynaklar **Basınç Kaynağı** ve **Ergitme Kaynağı** olmak üzere iki gruba ayrılır. Yapısal çelik elemanların birleşiminde sadece ergitme kaynağı kullanılır, basınç kaynağı kullanılmaz. Ergitme kaynağında ısı, ya bir elektrik arkından, ya da, bir gaz alevinden sağlanır. Isının gaz alevinden elde edildiği kaynağa **Gaz Kaynağı** denir. Yakıcı gaz olarak oksijen kullanılır. Yanıcı gaz olarak, asetilen (C_2H_2), propan(C_3H_8), Metan (CH_4), doğal gaz gibi hidrokarbon bileşikler de kullanılabilir. Yanıcı gaz olarak asetilen gazı kullanıldığı zaman bu kaynağa **oksiasetilen** kaynağı denir. Isı enerjisinin bir elektrik arkından elde edildiği kaynağa **Elektrik Arkı Kaynağı** denir. Bu kaynak, sıvalı elektrot kaynağı, özlü elektrot kaynağı, toz altı kaynağı ve gaz altı kaynağı olmak üzere dört gruba ayrılır. **Gaz altı kaynağı** da kendi arasında dörde ayrılır. Bunlar, TIG(Tungsten Inert Gas),WIG(wolfram inert gas)kaynağı, MIG(metal inert gas)kaynağı, MAG(metal active gas) kaynağıdır.

Elektrik Ark Kaynağı:

Kaynak için gerekli ısının elektrot ile iş parçası arasında oluşturulan ark aracıyla sağlandığı ergitme kaynak türüne **elektrik ark kaynağı** denir. En yaygın olarak kullanılan ergitme kaynağı yöntemi; metalin ergime sıcaklığına ulaşabilmesi için elektrik arkının kullanıldığı **elektrik ark kaynağıdır**. Elektrik ark kaynağının sıvalı elektrot kaynağı, tozaltı elektrik ark kaynağı, gazaltı elektrik ark kaynağı, koruyucu çekirdekli elektrot ile elektrik ark kaynağı gibi çeşitleri vardır.

Sıvalı(örtülü) elektrot kaynağı, ilave metal olarak örtülü çubuk elektrotun kullanıldığı en eski ve en bilinen elektrik ark kaynağı yöntemidir. Örtülü elektrot ark kaynağı sahip olduğu avantajları nedeniyle metallerin birleştirilmesinde en çok kullanılan kaynak yöntemidir. Elektrot örtüsünü oluşturan maddelerin ark içinde yanarak erimesiyle, erimiş kaynak malzemesini atmosferin olumsuz etkilerinden koruyan bir gaz ve yavaş soğumasını sağlayan bir cüruf tabakası oluşur.

Tozaltı elektrik ark kaynağı, sadece yatay kaynak dikişlerine uygundur ve genellikle atölye kaynaklarında kullanılmaktadır. Kaynak tozları elektrot örtüsünün görevini üstlenmektedir.

Koruyucu görevi yapan kaynak tozu ayrıca kaynak banyosu ile reaksiyona girerek kaynak metalini deokside eder. Alaşımli çelikleri kaynak yaparken kullanılan kaynak tozlarında, kaynak metalinin kimyasal kompozisyonunu dengeleyen alaşım elementleri bulunabilir.

Gazaltı elektrik ark kaynağında da kaynak bölgesindeki ilave metal ve esas metal yine elektrik arki tarafından sağlanan ısı ile erir. Erimiş metali havadan korumak için bu bölgeye koruyucu argon, helyum veya karbondioksit gazları veya karışımları püskürtülür.

Koruyucu çekirdekli elektrot ile elektrik ark kaynağı yönteminde kullanılan elektrot; boru şeklindeki kaynak metalini ile ortasında bulunan cüruf ve koruyucu gazdan oluşur. Boru içindeki koruyucu malzeme tozaltı kaynağındaki toz ve örtülü elektrottaki örtü ile aynı görevi görmektedir. Özlü telle ark kaynağı, kaynak için gerekli ısının, tükenen bir özlü tel elektrot ile iş parçası arasında oluşan ark sayesinde ortaya çıktığı bir ark kaynağı yöntemidir. Uluslararası tanımlamalara göre elektrik ark kaynaklarının İngilizce karşılıkları aşağıda verilmiştir.

FCAW: Flux Cored Arc Welding, CAW: Carbon Arc Welding, SMAW: Shielded Metal Arc Welding, GMAW: Gas Metal Arc Welding, GTAW: Gas Tungsten Arc Welding, SW: Stud Welding, PAW: Plasma Arc Welding, Metal Inert Gas (MIG), Tungsten Inert Gas (TIG).



Şekil 13.11 Sıvalı elektrot kaynağı ve gazaltı elektrik ark kaynağı kaynak makinaları

13.4.2 Elektrotlar

Sıvalı(Örtülü) elektrotlar:



Şekil 13.12 Sıvalı elektrot

Genel olarak, ilave metalin (*elektrot*) mekanik özelliklerini belirten karakteristik dayanımının, esas metalin (birleştirilen elemanların çelik sınıfının) dayanımına eşit veya daha büyük olması önerilmektedir. Esas metalin dayanımından daha düşük dayanıma sahip ilave metal, ancak tasarımda kaynak metalinin dayanımının kullanılması şartıyla kullanılmalıdır.

Rutil tip elektrotların örtüsünün büyük bir kısmı titanyum-oksit (TiO) ten meydana gelmiştir. Bu iyi bir cüruf oluşturma özelliğine sahiptir. Kararlı bir ark oluşturur. **Bazik tip** elektrotların örtüsünde, kalsiyum ve diğer toprak alkali metaller bulunur. **Selülozik tip** elektrotların örtüsünde, yandığı zaman gaz oluşturan organik elementler bulunur. **Oksidik tip** elektrotların örtüsünün büyük bir kısmını (%60 Fe₂O₃ – Fe₃O₄) demiroksit teşkil eder. **Asidik tip** elektrotların örtüsünde de fazla miktarda demir-oksit ve mangan vardır. **Özel elektrotların**, derin nüfuziyet sağlayan elektrotlar, demir tozlu elektrotlar, su altı kaynak elektrotları ve kuru tip elektrotlar adı altında çeşitleri vardır.

TS EN ISO 2560-Aralık 2008: Kaynak Sarf Malzemeleri – Alaşımız Ve İnce Taneli Çeliklerin Elle Yapılan Metal Ark Kaynağı İçin Örtülü Elektrotlar – Sınıflandırma

13.4.3 Kaynak Kusurları

Ülkemizde, çelik yapıların kaynaklı ek ve birleşiminde, gerek yetişmiş eleman azlığı, gerekse bazı ekonomik kaygılarda dolayı kaliteli kaynak işçiliği konusunda problemler yaşanmaktadır. Genellikle kaynak dikişinin boyu ve kalınlığı gibi boyutlarında, sürekliliğinde, en kesit geometrisindeki düzgünlüğünde problemler yaşanmaktadır. Bu nedenle çoğu zaman, kaynak dikişlerinde proje verilerine uyulmadığı görülmektedir. Özellikle daha kısa sürede daha çok kaynak yapmak, bir başka deyişle, çelik malzemenin birim ağırlığı başına işçilik giderini azaltmak için kaynak makinasının amperi yükseltilerek kaynağın yanması problemi, en çok karşılaşılan kaynak kusurları olarak karşımıza çıkmaktadır. Boyutları proje değerlerine uymayan ve yanan bir kaynaklı birleşim, doğal olarak projede öngörülen taşıma gücüne sahip olmayacaktır. Çelik yapılarda, eleman ve sistem stabilite bozukluğu, ek ve birleşim yerlerinden göçme olmak üzere iki esas göçme nedeni vardır. Ek ve birleşim yerlerinden göçme ise en çok kaynak ek ve birleşimlerde karşımıza çıkmaktadır. Kaynak yapımında, hava şartları, çeliğin malzeme özellikleri ve kalınlığı, eleman olarak kullanım yeri özelliği gibi nedenler göz önüne alınarak uygun kaynak yöntemi, kullanılacaksa elektrot, kaynak teli seçilmelidir. Bunlara dikkat edilmezse düzgün kaynak dikişleri çekilse de kaynak yeterli güvenliğe ya da öngörülen taşıma gücüne sahip olmayabilir.

13.4.4 Kaynak Dikişlerinin Genel Muayenesi

Dışarıdan gözle, büyüteçle veya boya dökülerek kontrol edilir. İç kontrol ise; **Radyografik** (X ışınları ile dikişin röntgeninin çekilmesi) **Ultrasonik** (sesaltı titreşimlerle dikişin fotoğraflanması) **Manyetik toz** serpilmesi ile tozların aldığı şekil üzerinden yorumlama şeklinde yapılır.

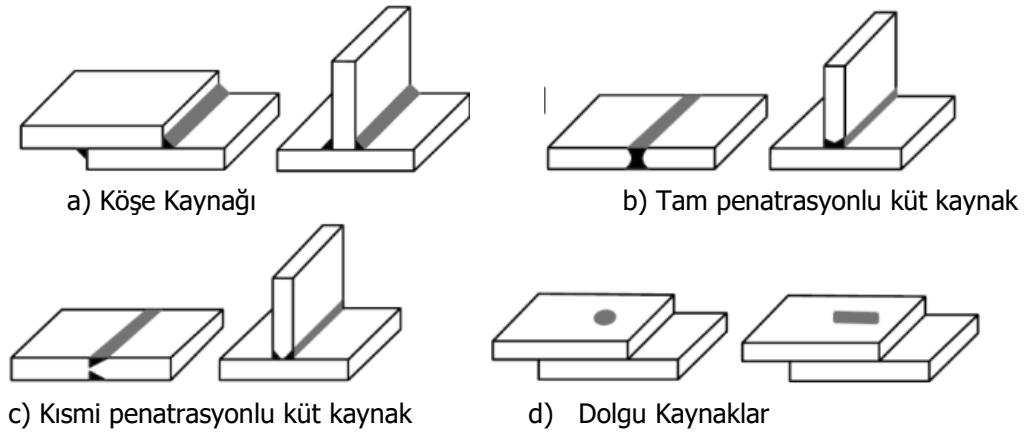
Elektrik veya jeneratöre gereksinim duyulmaması, Montajın zor hava koşullarında bile kolaylıkla yapılabilmesi, İşçilik hatalarının en aza inmesi nedeniyle ülkemiz koşulları bakımından da uygun görülmektedir. Örneğin; elemanların birleşim bölgelerindeki civata deliklerinin konumu ve sayısı aynı değil ise, kullanılmayan delikler işçiyi ve kontrolünü uyaracak, delik konumlarının farklı olması durumunda ise montaj yapılamayacaktır. Öte yandan, öngörülen yüksek dayanımlı civataların birleşimlerdeki civata sayısını azaltması da bir avantajdır. Yeterince sıkıldığında uç bölümü kopan (Çekme Kontrollü) bu civatalar aynı zamanda denetimi kolaylaştırmaktadır

Tahribatsız Muayene Yöntemleri

- 1) Görsel Kontrol (VT)
- 2) Sıvı Penetrant (PT)
- 3) Magnetik Parçacık(MT)
- 4) Radyografik-Radyoskopik Kontrol(RT)
- 5) Girdap Akımları(ET)
- 6) Ultrasonik Kontrol (UT)
- 7) Kaçak Testi(LT)
- 8) Sonik Kontrol

Bu test metodlarının yanında son yıllarda Akustik Emisyon ve İnfared Termografi teknikleri de gelişme göstermektedirler.

13.4.5 Kaynak Dikişleri



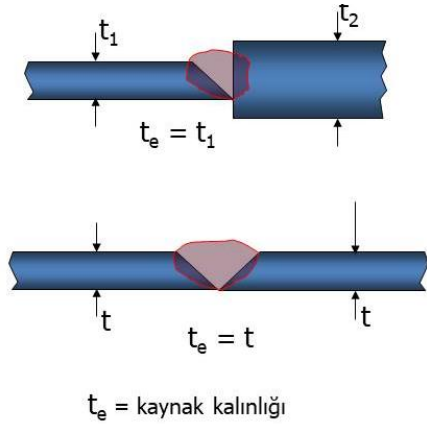
Şekil 13.13 Kaynak Dikişleri

Köşe ve küt kaynak dikişi olmak üzere iki kaynak dikişi vardır. Köşe kaynak dikişi iki çelik elemanın birbirlerine dik veya az 60° açı olacak şekilde oluşan köşelere çekilen kaynak dikişidir. Küt kaynak dikişi ise iki çelik elemanın alın altına getirilerek yapılan kaynak dikişidir. Her iki kaynak dikişinin kendi özgül hesap ve dayanım değerleri vardır. Küt kaynakta, kaynak yapılacak kenarlarda mutlaka kaynak ağızı açılmalıdır. Köşe kaynaklarında ise aralarındaki açı 60° 'den küçük ise kaynak kesitini yük taşımadığı kabul edilir. Kaynak dikişleri çekilirken uyulması gereken kurallar Bölüm 13'de verilmektedir. Bu bağlamda ÇYTY 2016, kaynak ulaşım delikleri ile ilgili temel kurallar Bölüm 13.1.6 vermektedir.

13.4.6 Küt Kaynaklar



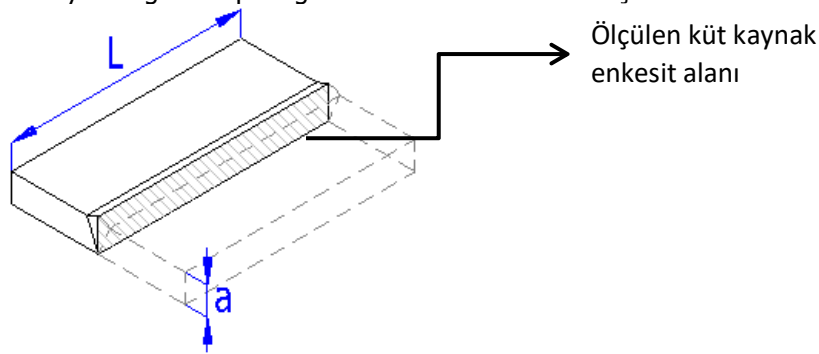
Şekil 13.14 Y şeklinde kaynak ağızı açılmış numune ve küt kaynak yapılmış durum



Şekil 13.15 Küt kaynakta kaynak kalınlığı

a1-Etkin Alan

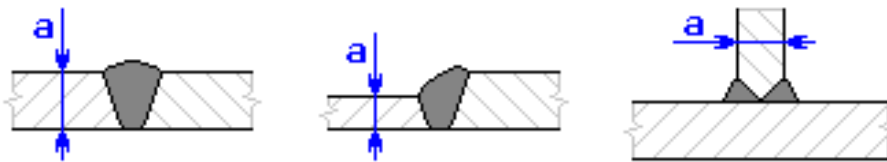
Küt kaynakların etkin alanı, kaynak uzunluğu ile etkin kaynak kalınlığının çarpımı olarak dikkate alınacaktır. Tam nüfuziyetli küt kaynakların etkin kalınlığı, birleşen parçalardan ince olanının kalınlığına eşit alınacaktır. Kısmi nüfuziyetli küt kaynakların etkin kalınlıkları, kaynak konumuna ve kaynak ağzının tipine göre **Tablo 13.1** de verilmiştir.



Şekil 13.16 Küt kaynak enkesit alanı

a2-Etkili Kalınlık

Tam nüfuziyetli küt kaynaklarda, yan yana konmuş iki parçanın birleşimi için etkili hesap kalınlığı birleştirilen parçalardan ince olanının kalınlığına eşittir. Sadece birleşen parçanın ucu işlenerek birbirine dik iki levhanın T birleşiminde ise, tam nüfuziyetli küt kaynağın etkili kalınlığı ucu işlenen parça kalınlığına eşittir



Şekil 13.17 Küt kaynakta kalınlık

a3-Etkili Kaynak Boyu

Yönetmeliklerde küt kaynakların dikiş ucu kraterlerinin, kaynak başlatma ve bitirme levhaları (uzatma levhaları) ile önlenmiş olması önerilmektedir. Bu durumda küt kaynak dikişinin etkili uzunluğu birleştirilen parçanın genişliğine eşit alınabilir. Eğer uzatma levhası kullanılmayacak ise küt kaynak boyu her iki ucundan kaynak kalınlığı kadar azaltılarak hesaplanır. Enkesiti eğrisel

kenarlı küt kaynakların (**Şekil 13.19**) etkin kalınlıkları, deneysel yöntemlerle farklı etkin kalınlıkların geçerliliği gösterilmedikçe, kaynak metalinin eğik yüzey (dairesel enkesitli çubuk yüzeyi, 90° bükülerek şekil verilmiş yüzey, boru enkesitli elemanların yüzeyleri ve kutu enkesitli elemanların köşe yüzeyleri) hizasına kadar doldurulması halinde **Tablo 13.2** de verilmiştir.

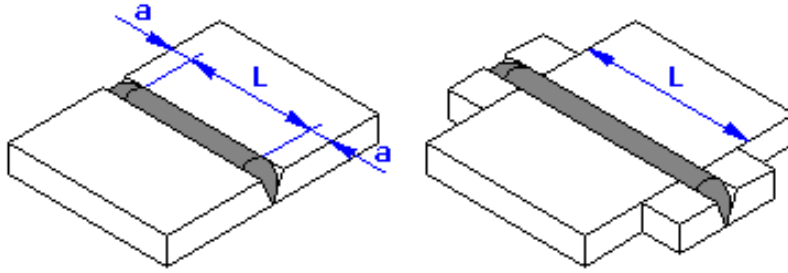
Tablo 13.1 Kısmi Nüfuziyetli Küt Kaynakların Etkin Kalınlıkları

Kaynak İşlemi	Kaynak Konumu F(Düz) H(Yatay) V(Düşey) OH(Tavan)	Kaynak Ağızı Tipi(TS EN ISO 9692-1 ve TS EN 1090-2)	Etkin Kalınlık
Örtülü elektrot ile elektrik ark kaynağı	Tümü	J ve U kaynak ağızı 60° V	Kaynak ağızı derinliği
Gazaltı elektrik ark kaynağı Koruyucu çekirdekli elektrot ile elektrik ark kaynağı			
Tozaltı elektrik ark kaynağı			
Gazaltı elektrik ark kaynağı Koruyucu çekirdekli elektrot ile elektrik ark kaynağı	F.H	45° eğimli	Kaynak ağızı derinliği
Örtülü elektrot ile elektrik ark kaynağı	Tümü	45° eğimli	Kaynak ağızı derinliği 3 mm
Gazaltı elektrik ark kaynağı Koruyucu çekirdekli elektrot ile elektrik ark kaynağı	V.OH		

Kaynak metalinin eğik yüzey hizasına kadar doldurulmadığı enkesiti eğrisel kenarlı küt kaynakların etkin kalınlıkları, **Tablo 13.2** de verilen değerler, esas metal yüzeyinden itibaren kaynak yüzeyine kadar ölçülen en büyük kaynaklanmayan yükseklik (derinlik) kadar azaltılarak belirlenecektir.

Tablo 13.2 Enkesiti Eğrisel Kenarlı Küt Kaynakların Etkin Kalınlıkları

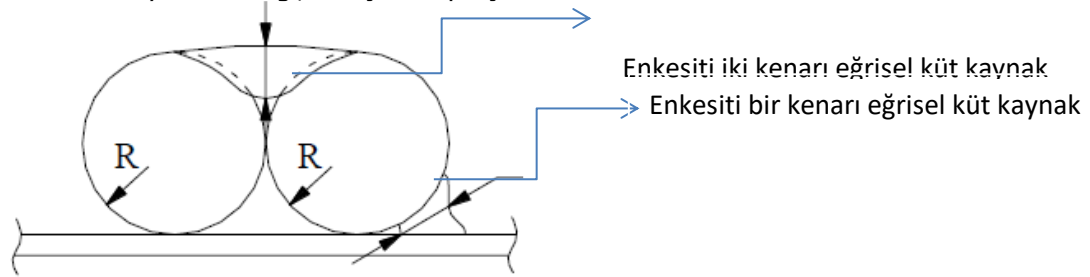
Kaynak İşlemi	Enkesitinin Bir Kenarı Eğrisel Küt Kaynaklar	Enkesitinin İki Kenarı Eğrisel Küt Kaynaklar
Gazaltı elektrik ark kaynağı ve koruyucu çekirdekli elektrik ark kaynağı (ilave gaz koruyuculu)	5/8 R	3/4 R
Örtülü elektrot ile elektrik ark kaynağı ve koruyucu çekirdekli elektrik ark kaynağı	5/16 R	5/8 R
Tozaltı elektrik ark kaynağı	5/16 R	1/2 R
<p>a: Eğrisel yüzey yarıçapı 10mm den küçük ($R < 10\text{mm}$) olan enkesitinin bir kenarı eğrisel küt kaynaklar, esas metal yüzeyi hizasına kadar köşe kaynağı kullanılarak takviye edilecektir.</p> <p>R: Eğrisel yüzey yarıçapı (boru ve kutu enkesitli elemanlar için $R = 2t$ alınabilir).</p> <p>t : Etkin kalınlığı.</p>		



Şekil 13.18 Küt kaynakta etkili kaynak boyu

a4-Sınırlamalar

Kısmi nüfuziyetli küt kaynağın minimum etkin kalınlığı, hesaplanan kuvvetin güvenle aktarılmasını sağlayacak kaynak kalınlığından ve **Tablo 5.3** te verilen minimum kalınlıklardan az olamaz. Minimum kaynak kalınlığı, birleşen iki parçanın ince olanı esas alınarak belirlenecektir.



Şekil 13.19 Enkesiti eğrisel kenarlı küt kaynaklar

Tablo 13.3 Kısmi Nüfuziyetli Küt Kaynakların Minimum Etkin Kalınlıkları

Birleşen İnce Elemanın Kalınlığı, t [mm]	Minimum Etkin Kalınlık, a [mm]
$6 \geq t$	3
$13 \geq t > 6$	5
$19 \geq t > 13$	6
$38 \geq t > 19$	8
$57 \geq t > 38$	10
$150 \geq t > 57$	13
$t > 150$	16

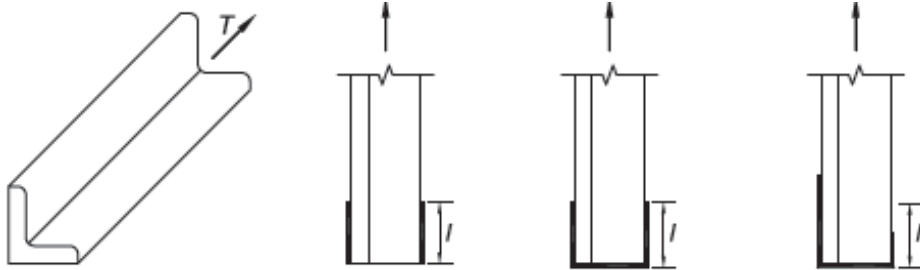
a: Tablo 13.1'e bakınız.

13.4.7 Köşe Kaynaklar

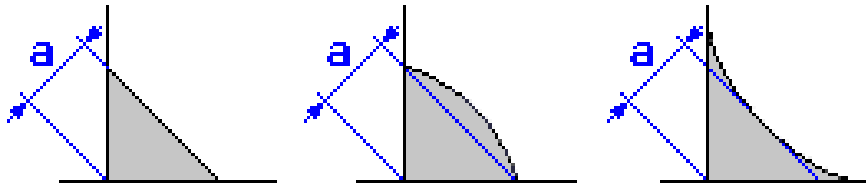


Şekil 13.20 Köşe kaynak örneği

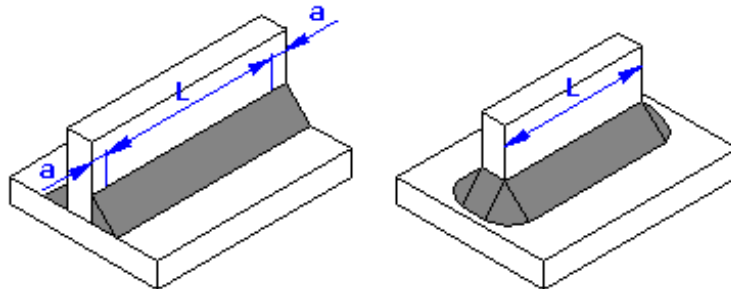
ÇYTY 2016'a göre, birleştirdiği elemanlar arasındaki açı 60° ile 120° arasında olan kaynaklar, köşe kaynak olarak dikkate alınacaktır. Bu açının 60° den küçük olması halinde bu kaynaklar, kısmi nüfuziyetli küt kaynak olarak değerlendirilecektir. Köşe kaynak uzunluğu, uygulanan kaynak uzunluğundan kaynak başlangıç ve bitiş noktalarının her biri için kaynak kalınlığı, a , kadar uzunlukta krater kaybı çıkarılarak hesaplanabilir.



Şekil 13.21 Boyuna ve enine kaynaklı birleşimler için U'nun hesabı için L'nin belirlenmesi



Şekil 13.22 Sırasıyla köşe kaynakta, üçgen, dış bükey ve iç bükey dikiş şekli



Şekil 13.23 Köşe kaynakta kaynak boyu

b1-Etkin Alan:

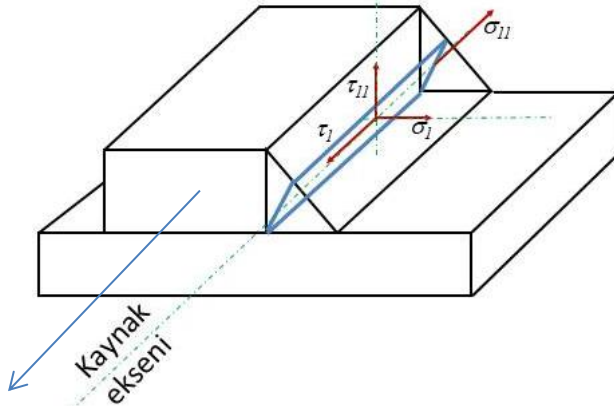
Etkin Alan = Kaynak etkin uzunluğu ile etkin kalınlığın çarpımıdır.

Tablo 13.4 Köşe Kaynaklarının Minimum Kalınlıkları

Birleşen İnce Elemanın Kalınlığı t (mm)	Minimum Köşe Kaynak Kalınlığı (mm)
$6 \geq t$	3
$13 \geq t > 6$	3.5
$19 \geq t > 13$	4
$38 \geq t > 19$	5.5

Not: Köşe kaynakların kalınlığı, tek geçişli kaynaklar kullanılmalıdır. Köşe kaynak maksimum kalınlığı için sınırlamalara bakınız.

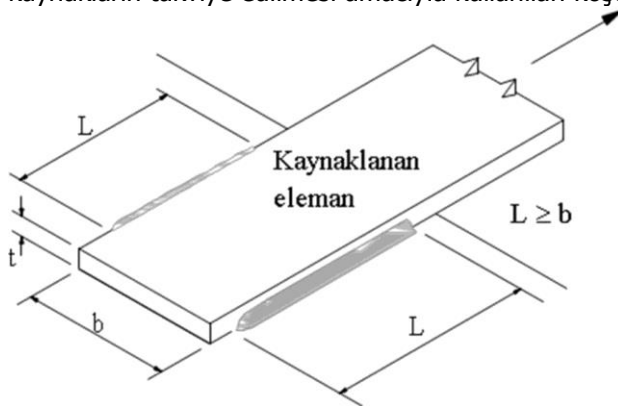
Köşe kaynağın etkin kalınlığı, kaynak kökünden kaynak yüzeyine olan en kısa uzunluk (kaynak enkesiti içine çizilebilen üçgenin yüksekliği) olarak dikkate alınacaktır. Dairesel ve oval delikler içinde teşkil edilen köşe kaynakların etkin uzunluğu, kaynak kalınlığı doğrultusundaki düzlemin merkezi boyunca uzanan kaynak eksen uzunluğu şeklinde belirlenecektir. Köşe kaynakların girişim yapması (üst üste binmesi) halinde, birleşim yüzeyinin düzlemi içindeki etkin kaynak alanı, dairesel veya oval deliklerin karakteristik enkesit alanını aşamaz.



Şekil 13.24 Köşe kaynakta gerilmeler

b2-Sınırlamalar:

Köşe kaynakların minimum etkin kalınlığı, hesaplanan kuvvetlerin güvenle aktarılmasını sağlayacak kaynak kalınlığından ve 3mm den az olamaz. Bu koşullar, kısmi ve tam nüfuziyetli küt kaynakların takviye edilmesi amacıyla kullanılan köşe kaynaklar için geçerli değildir.



Şekil 13.25 Sadece boyuna kaynak uygulanan uç birleşimi

Kaynaklanan elemanın kenar kalınlığı, t , olmak üzere köşe kaynakların maksimum kalınlığı için aşağıdaki koşullar gözönüne alınacaktır.

(a) Kaynaklanan elemanın kenar kalınlığı 6mm den ince ise $0.7t$ kalınlığından büyük olamaz.

(b) Kaynaklanan elemanın kenar kalınlığı 6mm veya daha kalın ise, öngörülen kaynak kalınlığının sağlanabilmesi amacıyla, $0.7(t - 2\text{mm})$ şeklinde belirlenecektir.

Köşe kaynakların minimum etkin uzunluğu, kaynak kalınlığının 6 katından veya 40mm den az olamaz. Bu koşulun sağlanamadığı durumda, kaynağın etkin kalınlığı, kaynak uzunluğunun 1/6 sı olarak gözönüne alınacaktır. Lamadan teşkil edilen bir çelik çekme elemanın uç birleşiminde sadece boyuna doğrultuda köşe kaynaklar kullanılması halinde, bu kaynakların her birinin

uzunluğu kaynaklar arası dik uzaklıktan daha küçük olamaz, Elemanların kaynaklı uç birleşimlerinde etkin kaynak uzunluğu aşağıdaki koşullar dikkate alınarak hesaplanacaktır.

$L \leq 150a$ için $L_e = L$

$150a \leq L \leq 400a$ için $L_e = \beta L$,

$\beta = 1.2 - 0,0014(L/a) \leq 1$

$400a \leq L$ için $L_e = 250a$

Burada:

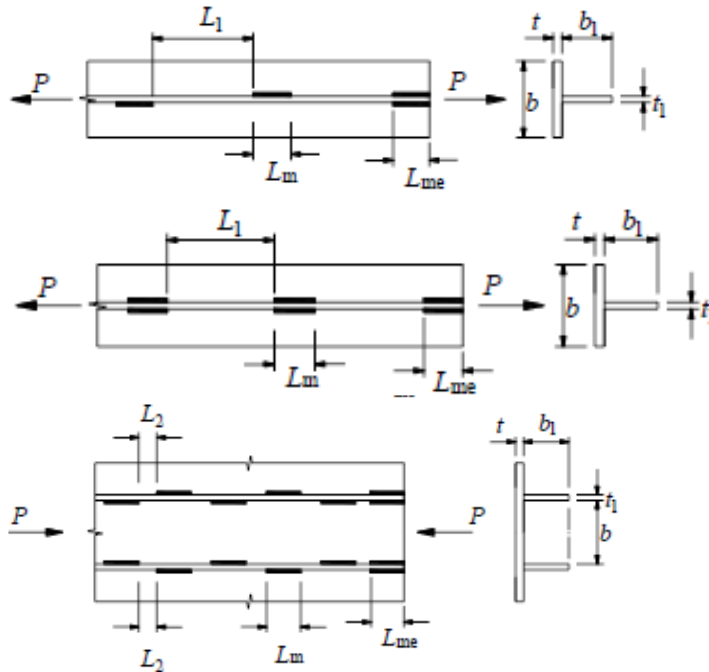
L : Kaynak uzunluğu

L_e : Etkin kaynak uzunluğu

a : Kaynak kalınlığı

β : Azaltma katsayısı

Düğüm noktalarında birleşen yüzeyler boyunca ve levhalar kullanılarak oluşturulan yapma elemanların enkesit parçalarının birleşimlerinde, belirli aralıklarla düzenlenen süreksiz köşe kaynakların (metot kaynağı) kullanılmasına izin verilebilir. Bu durumda her bir köşe kaynak parçasının uzunluğu, L_m , kaynak kalınlığının 6 katından ve 40 mm den az olamaz.



Şekil 13.26 – Belirli aralıklarla düzenlenen süreksiz köşe kaynakların uygulama sınırları
Yukarıdaki şekilde;

$L_{me} \geq \text{Maksimum}(b ; b_1)$

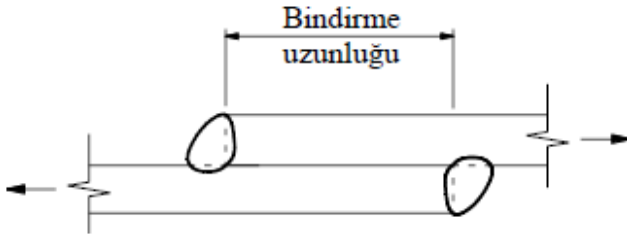
Çekme kuvveti etkisindeki yapma enkesitler için

$$L_1 \leq \text{Minimum} (14t; 14t_1; 200\text{mm})$$

Basınç kuvveti veya kesme kuvveti etkisindeki yapma enkesitler için

$$L_2 \leq \text{Minimum} (12t; 12t_1; 0.25b; 200\text{mm})$$

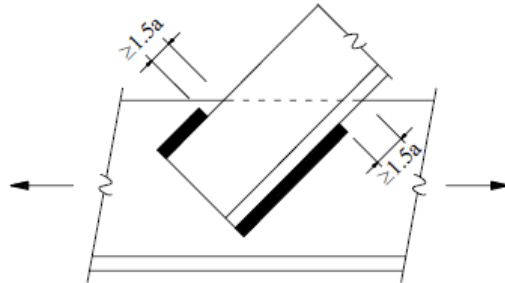
Bindirmeli birleşimlerde, bindirme uzunluğu, birleşen elemanların ince olanının kalınlığının 5 katından ve 25 mm den küçük olamaz. Sadece enine doğrultuda (kuvvet eksenine dik) köşe kaynakların kullanılacağı aksel çekme kuvveti etkisindeki levhaların ve lamaların bindirmeli birleşimlerinde her iki bindirme ucu da enine doğrultuda köşe kaynakla bağlanacaktır,



Şekil 13.27 Minimum bindirme uzunluğu

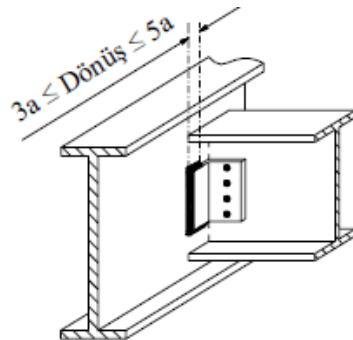
Köşe kaynağın, kaynaklanan kenarın uç noktasından önce sonlandırılmasına, diğer kenar boyunca uzatılmasına veya çepçevre uygulanmasına, aşağıda tanımlanan hususlar gözönünde tutularak izin verilebilir.

(a) Çekme kuvveti etkisindeki bir eleman üzerine bağlanan başka bir elemanın uç birleşimi için kullanılacak köşe kaynaklar, çekme etkisindeki eleman kenarından kaynak kalınlığının en az 1.5 katı kadar geride sonlandırılacaktır



Şekil 13.28 Çekme etkisindeki bir elemana köşe kaynaklı bağlantı

(b) Mafsallı bağlantıların teşkilinde kullanılan elemanların, uç dönüşleri yapılarak uygulanan köşe kaynaklarının dönüş uzunlukları, kaynak kalınlığının 5 katını ve kenar uzunluğunun yarısını aşamaz,



Şekil 13.29 Kiriş ucu ile birleşim elemanı arasındaki dönme uyumunun sağlanabilmesi için kaynak uygulaması

Dairesel dolgu kaynaklarının minimum delik çapları, bir sonraki çift sayıya yuvarlanarak belirlenmek suretiyle, bulunduğu elemanın kalınlığı artı 8mm den küçük ve kaynak kalınlığının 2.25 katından büyük olamaz.

Dairesel dolgu kaynakların merkezleri arasındaki minimum uzaklık, delik çapının 4 katına eşit alınacaktır.

Oval dolgu kaynaklarda deliğin uzunluğu, kaynak kalınlığının 10 katını aşamaz. Oval delik genişliği, bir sonraki çift sayıya yuvarlanarak belirlenmek suretiyle, bulunduğu elemanın kalınlığı artı 8mm den küçük ve kaynak kalınlığının 2.25 katından büyük olamaz. Oval delik uçları, yarım daire şeklinde veya bulunduğu elemanın kalınlığından az olmayan bir yarıçap ile yuvarlatılarak düzenlenecektir.

Oval dolgu kaynakların boyuna eksenine dik doğrultuda merkezleri arasındaki minimum uzaklık, delik genişliğinin 4 katına, bu kaynakların kaynak uzunluğu boyunca merkezleri arasındaki minimum uzaklık ise, oval uzunluğun 2 katına eşit alınacaktır.

Kalınlığı 16mm veya daha ince elemanlar içinde teşkil edilen dairesel ve oval dolgu kaynakların kalınlıkları, eleman kalınlıklarına eşit alınacaktır. Kalınlığı 16mm yi aşan elemanlarda, kaynak kalınlığı en az eleman kalınlığının yarısı kadar alınacak; ancak bu değer 16mm den de az olmayacaktır.

13.4.9 Kaynakların Birlikte Kullanımı

Eğer iki ve daha fazla kaynak tipi (küt, köşe, dairesel ve oval) tek bir düğüm noktasında birlikte kullanılıyorsa, kaynak grubunun dayanımı her birinin dayanımı ayrı ayrı hesaplanarak değerlendirilecektir.

13.4.10 Esas Metal Ve Kaynak Metali İçin Koşullar

ÇYTY bölüm 2.1.1 de tanımlanan farklı çelik sınıflarından oluşan elemanların birbirleriyle kaynaklı olarak birleştirilmesine izin verilir. Kaynak metalinin akma gerilmesi, çekme dayanımı, kopma uzaması ve minimum Charpy-V-Notch (CVN) dayanımı (*Çentik Dayanımı*) değeri daima birleştirdiği elemanlarinkinden büyük veya en az elemanlarinkine eşit olacaktır. Ayrıca, kaynak dikisine nüfuz edebilecek hidrojen miktarının düşük olması (örneğin, hidrojen içerikli örtüye sahip elektrotların kullanılması) sağlanacaktır.



Şekil 13.32
Prof.Dr. Zeki AY



Şekil 13.33

13.4.11 Kaynaklı Birleşimlerin Dayanımı

Kaynaklı birleşimlerin *tasarım dayanımı*, ΦR_n veya *güvenli dayanımı*, R_n/Ω , *esas metalin* çekme ve kayma etkisinde kırılma sınır durumları ile *kaynak metalinin* kırılma sınır durumuna göre hesaplanan değerlerin küçüğü olarak alınacaktır. Esas metal karakteristik dayanımı, R_{nBM} , ve kaynak metali karakteristik dayanımı, R_{nw} , sırasıyla, **aşğıdaki denklemler** kullanılarak hesaplanacaktır.

$$R_{nBM} = F_{nBM} A_{BM}$$

$$R_{nw} = F_{nw} A_{we}$$

Burada;

F_{nBM} : Esas metal karakteristik gerilmesi. F_{nw} : Kaynak metali karakteristik gerilmesi. A_{BM} : Esas metal enkesit alanı. A_{we} : Etkin kaynak alanı. Φ, Ω, F_{nBM} ve F_{nw} nin değerleri **Tablo 5.6** te verilmiştir.

Köşe kaynakların karakteristik gerilmesi, F_{nw} , köşe kaynakların boyuna eksenlerinin kuvvet doğrultusuyla yaptığı açı gözönüne alınmaksızın, **Tablo 5.6** ten alınabilir.

Köşe kaynakların boyuna eksenlerinin kuvvet doğrultusuyla yaptığı açı gözönüne alındığında ise kaynakların *mevcut dayanımları* (*tasarım dayanımı*, ΦR_{nw} veya *güvenli dayanımı*, R_{nw}/Ω),

$\Phi = 0.75$ (YDKT) veya $\Omega = 2.00$ (GKT) alınarak, aşğıda verildiği şekilde de hesaplanabilir.

(a) Ağırlık merkezinden geçen aksel yük etkisindeki, birbirine paralel veya aynı eksen üzerindeki üniform kalınlıklı köşe kaynak grubunun karakteristik dayanımı **Denk.(5.1)** ve **Denk.(3.4)** kullanılarak hesaplanabilir.

$$R_{nw} = F_{nw} A_{we} \quad (5.1)$$

$$F_{nw} = 0.60 F_E \left(1.0 + 0.50 \sin^{1.5} \theta \right) \quad (5.2)$$

(b) Ağırlık merkezinden geçen aksel yük etkisindeki, boyuna ve enine doğrultularda köşe kaynaklardan oluşan kaynak grubunun karakteristik dayanımı, **Denk.(5.3)** ve **Denk.(5.4)** ile hesaplanan değerlerin büyüğüne eşit alınacaktır.

$$R_{nw} = R_{nwl} + R_{nwt} \quad (5.3)$$

$$R_{nw} = 0.85 R_{nwl} + 1.5 R_{nwt} \quad (5.4)$$

Tablo 13.5 Kaynaklı Birleşimlerin (YDKT) Veya (GKT) Esaslarına Göre Tasarım ve Güvenli Dayanımları

Yük Tipi ve Kaynak Eksenine Göre Doğrultusu	İlgili Metal	Φ ve Ω	Karakteristik Gerilme (F_{NBM} veya F_{NW})	Etkin Alan A_{BM} veya A_{WE}	Kaynak Metali Gereklili Dayanım Düzeyi
TAM NÜFUZİYETLİ KÜT KAYNAKLAR					
Kaynak Eksenine Dik Çekme	Düğüm noktasının dayanımında esas metal belirleyicidir.				Bölüm 13.2.6
Kaynak Eksenine Dik Basınç	Düğüm noktasının dayanımında esas metal belirleyicidir.				Bölüm 13.2.6
Kaynak Eksenine Paralel Çekme ve Basınç	Kaynak eksenine paralel çekme ve basınç etkilerinin düğüm noktası tasarımında gözönüne alınmasına gerek yoktur.				Bölüm 13.2.6
Kesme	Düğüm noktasının dayanımında esas metal belirleyicidir.				Bölüm 13.2.6
KISMİ NÜFUZİYETLİ KÜT KAYNAKLAR, ENKESİTİNİN BİR KENARI EĞRİSEL VE ENKESİTİNİN İKİ KENARI EĞRİSEL KÜT KAYNAKLAR					
Kaynak eksenine dik çekme	Esas Metal	$\Phi=0.75$ $\Omega=2.00$	F_u	Bölüm 13.4	Bölüm 13.2.6
	Kaynak Metali	$\Phi=0.80$ $\Omega=1.88$	0.60FE	Bölüm 13.2.1.1	
Kaynak eksenine dik basınç	Esas Metal	$\Phi=0.90$ $\Omega=1.67$	F_y	Bölüm 13.4	
	Kaynak Metali	$\Phi=0.80$ $\Omega=1.88$	0.60FE	Bölüm 13.2.1.1	
Kaynak eksenine paralel çekme ve basınç	Kaynak eksenine paralel çekme ve basınç etkilerinin düğüm noktası tasarımında gözönüne alınmasına gerek yoktur				
Kesme	Kaynak Metali	$\Phi=0.75$ $\Omega=2.00$	Bölüm 13.4		
KÖŞE KAYNAKLAR					
Yük Tipi ve Kaynak Eksenine Göre Doğrultusu	İlgili Metal	Φ ve Ω	Karakteristik Gerilme (F_{NBM} veya F_{NW})	Etkin Alan (A_{BM} veya A_{WE})	Kaynak Metali Gereklili Dayanım Düzeyi
Kesme	Esas Metal	Bölüm 13.4			Bölüm 13.2.6
	Kaynak Metali	$\Phi=0.75$ $\Omega=2.00$	0.60FE	Bölüm 13.2.2.1	
Kaynak eksenine paralel çekme ve basınç	Kaynak eksenine paralel çekme ve basınç etkilerinin düğüm noktası tasarımında gözönüne alınmasına gerek yoktur.				
DAİRESEL VE OVAL DOLGU KAYNAKLAR					
Birleşim yüzeyine paralel etkin alanda kesme	Esas Metal	Bölüm 13.4			Bölüm 13.2.6
	Kaynak Metali	$\Phi=0.75$ $\Omega=2.00$	0.60FE	Bölüm 13.2.3.1	

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

F_E : Kaynak metali karakteristik çekme dayanımı.

θ : Kaynak boyuna eksenine ile yük doğrultusunun oluşturduğu açı (derece).

R_{nwl} : Boyuna doğrultuda köşe kaynakların toplam karakteristik dayanımı.

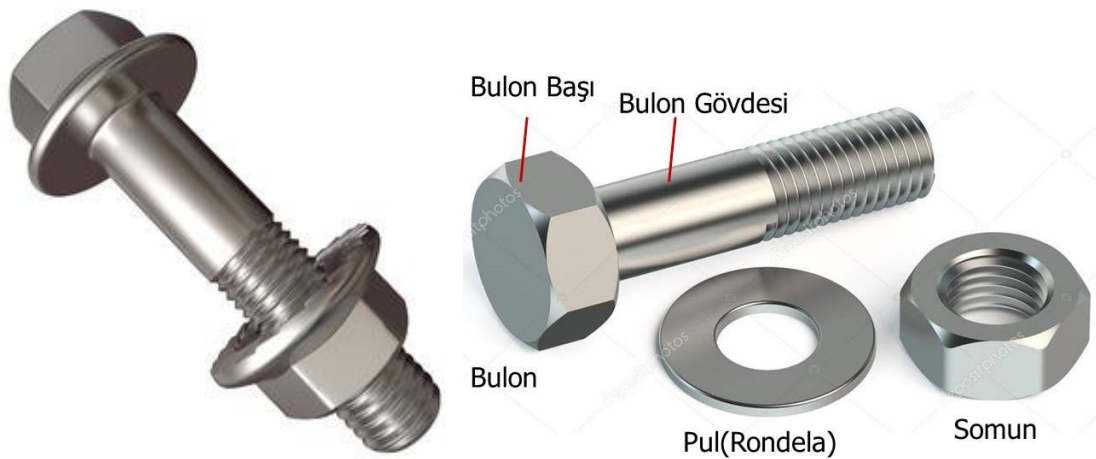
R_{nwt} : Enine doğrultuda köşe kaynakların toplam karakteristik dayanımı.

R_{nwl} ve R_{nwt} , köşe kaynakların boyuna eksenlerinin kuvvet doğrultusuyla yaptığı açı gözönüne alınmaksızın hesaplanan toplam karakteristik dayanımlardır.

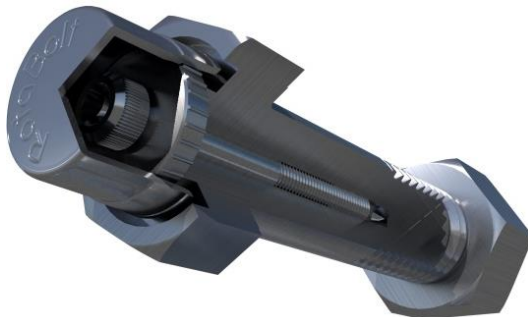
13.5 BULONLAR

13.5.1 Bulonların Sınıflandırılması

Bulonlar(civatalar), yapıldığı malzeme, diş geometrisi ve şekli, bulon başı geometrisi ve şekli, kullanım amaçları vb. özelliklerine göre çok farklı adlarla anılırlar. Ülkemizde çelik yapılarda kullanılan bulonlar **metrik** bulonlardır. Çelik yapılarda, uygulamada sıkça karşılaştığımız bulon, tij ve çekme kontrollü bulonlar aşağıda verilmiştir.



Şekil 13.34 Bulon



Şekil 13.35 Çekme kontrollü bulon

Bulonlar, kullanılan bulon malzemesine göre Normal ve Yüksek Dayanımlı Bulonlar olmak üzere ikiye ayrılır. Eğer bulon malzemesi **4.6, 4.8, 5.6, 5.8 ve 6.8** çeliğinden ise böyle bulonlara **Normal Bulonlar**, **8.8 ve 10.9** çeliğinden ise böyle bulonlara da **Yüksek Dayanımlı Bulonlar**

denir. Normal bulonlar ezilme etkili bulonlardır. Yüksek mukavemetli bulonlar ise ezilme etkili ve sürtünme etkili bulonlar olarak ikiye ayrılır.

Tablo 2.2 Bulonlarda Karakteristik Akma Gerilmesi F_{yb} ve Çekme Dayanımı, F_{ub} (Mpa= N/mm²)

Bulon sınıfı	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
F_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
F_{ub} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1000

Bolon çelikleri aşağıda da görüldüğü gibi 4.6, 5.6 vb şekilde tanımlanır. Örneğin 4.6 bulon çeliğinin çekme dayanımı $F_{ub}=400$ N/mm², karakteristik akma gerilmesi $F_{yb}=240$ N/mm² ve $F_{yb}/F_{ub}=240/400=0.6$ dir. 8.8 çeliği için benzer şekilde çekme dayanımı $F_{ub}=800$ N/mm², karakteristik akma gerilmesi $F_{yb}=640$ N/mm² ve $F_{yb}/F_{ub}=640/800=0.8$ dir. Somunlar, 4, 5, 6, 8, 10, 12 kalite çelikten yapılır.

DIN 18800'e göre bulonların akma ve çekme dayanımları

Class	$f_{y,b,k}$ (N/mm ²)	$f_{u,b,k}$ (N/mm ²)
4.6	240	400
5.6	300	500
8.8	640	800
10.9	900	1000

13.5.2 Minimum Bulon Önçekme Kuvveti

Ön çekme verilerek kullanılacak tüm yüksek dayanımlı bulonlara, **Tablo 4.3'de** verilen çekme kuvvetlerinden az olmayacak şekilde önçekme uygulanmalıdır.. Ankraj çubuklarının kesme etkisinin aktarılmasında kullanılması halinde, karakteristik akma gerilmesi 640 N/mm² değerini, bunun dışındaki durumlarda ise 900 N/mm² değerini aşmamalıdır. Tekrarlı yükler zorlanan bulon veya bulonlu birleşim, bulon malzeme özelliklerindeki değişime ile birlikte belirli bir tekrardan sonra bulon taşıma gücünü kaybeder. **Bu olaya bulonlu birleşimde yorulma** denir.

Tablo 13.6 Minimum Bulon Önçekme Kuvveti, kN

Bulon	8.8	10.9
M16	88	110
M20	137	172
M22	170	212
M24	198	247
M27	257	321
M30	314	393
M36	458	572

Not: Min Çekme kuvveti, bulonların min. çekme kuvveti dayanımının %70'i olarak belirlenir.

13.5.3 Bulonların Karakteristik Çekme Ve Kayma Gerilmesi Dayanımları

Tablo 13.7. Bulonların Karakteristik Gerilme Dayanımları

Bulon Sınıfı	Diş Açılmış Gövde Bölümünün Konumu	Karakteristik Çekme Gerilmesi Dayanımı, F_{nt} (N/mm ²) ^a	Ezilme Etkili Birleşimlerde Karakteristik Kayma Gerilmesi Dayanımı, F_{nv} (N/mm ²) ^b
4.6 ^c	-	300	180
4.8 ^c	-	300	180
5.6 ^c	-	375	225
5.8 ^c	-	375	225
6.8 ^c	-	450	270
8.8	Kayma Düzlemi İçinde	600	360
	Kayma Düzlemi Dışında		450
10.9	Kayma Düzlemi İçinde	750	450
	Kayma Düzlemi Dışında		563

a: Yorulma yüklemesi altında çekme etkisindeki yüksek dayanımlı bulonlar için ÇYTY **Ek 2** ye bakınız.

b: Doğrudan aksenal (çekme ve basınç) yük etkisindeki bir birleşim uzunluğunun 950mm yi aşması halinde, tablodaki F_{nv} değerleri %15 oranında azaltılacaktır.

c: Birleşimin kalınlığı bulon çapının 5 katını aştığında, aşan her 2mm için normal bulonların tabloda verilen değerleri %1 oranında azaltılmalıdır.

Karakteristik çekme gerilmesi dayanımı $F_{nt} = 0.75F_{ub}$ formülü ile hesaplanır. Karakteristik kayma gerilmesi dayanımı F_{nv} , bulonun diş açılmış gövde bölümü kayma düzlemi içinde ise $F_{nv} = 0.450F_{ub}$ formülü ile, bulonun diş açılmış gövde bölümü kayma düzlemi dışında ise $F_{nv} = 0.563F_{ub}$ formülü ile hesaplanır. Her bir bulon sınıfı için karakteristik çekme ve kayma dayanımları Tablo 4.3 de verilmiştir.



Şekil 4.35 Kismen ve tam diş açılmış bulonlar

Normal bulonların (4.6, 4.8, 5.6, 5.8 ve 6.8) karakteristik kayma dayanımları, diş açılmış gövde bölümünün konumundan bağımsız olarak sadece $F_{nv} = 0.563F_{ub}$ formülü ile hesaplanır.

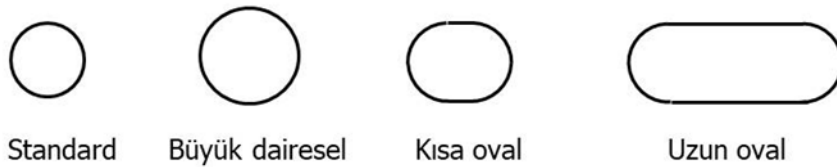
13.5.4 Bulon Deliği Boyutları

Tablo 4.9 Karakteristik Delik Boyutları(mm)

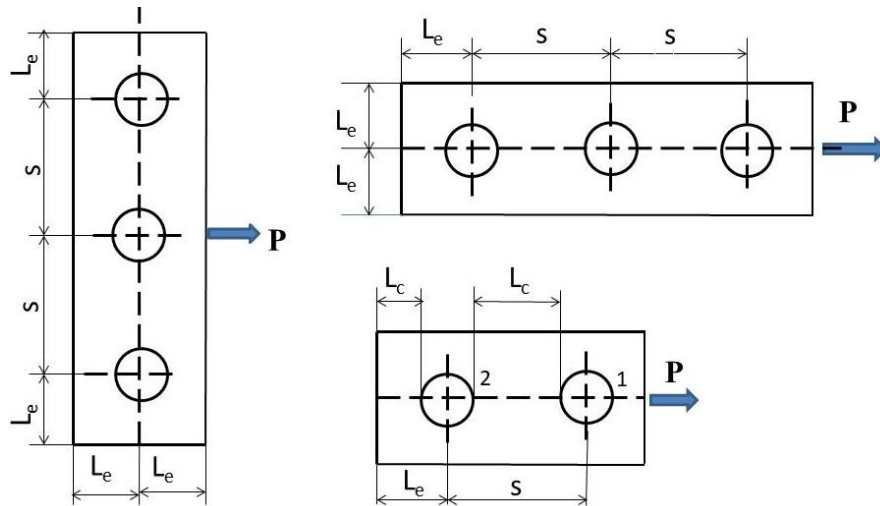
Bulon	Delik Boyutları			
	Standart Dairesel Delik Çapları	Büyük Dairesel Delik Çapları	Kısa Oval Delik (Genişlik*Uzunluk)	Uzun Oval Delik (Genişlik*Uzunluk)
M16	18	20	18*22	18*40
M20	22	24	22*26	22*50
M22	24	28	24*30	24*55
M24	26	30	26*32	26*60
M27	30	35	30*37	30*67
M30	33	38	33*40	33*75
≥M36	d+3	d+8	(d+3)*(d+10)	(d+3)*2.5d

13.5.5 Bulonlar Arası Ve Eleman Kenarına Olan Uzaklıklar

Standart dairesel, büyük dairesel ve oval deliklerin merkezleri arasındaki uzaklık, $s \geq 3d$ olmalıdır. Eğer yerinde uygulanabilirliği gösterilirse $s < 3d$ olabilir.



Şekil 4.36 Bulon Delikleri



Şekil 4.37 Eleman Kenarına Minimum Uzaklık

Tablo 4.10 Standart Dairesel Delik Çapı Merkezinden Parça Kenarına Olan Minimum Uzaklık(mm)(L_e)

Bulon Çapı	Kenara olan Min. Uzaklık
16	22
20	26
22	29

24	32
27	36
30	40
36	48
>36	1.30d

Tablo 4.11 Kenara Uzaklık İçin Artım Değerleri C_r (mm)

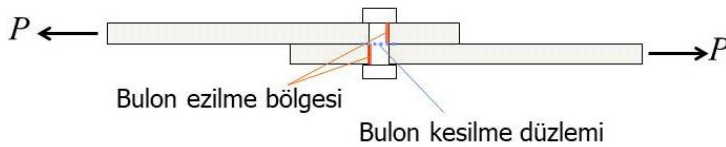
Karakteristik Bulon Çapları	Büyük Dairesel Delikler	Oval Delikler		Kenara Paralel Boyuna Eksen
		Kenara Dik Boyuna Eksen		
		Kısa Oval Delik	Uzun Oval Delik	
≤22	2	3	0.75d	0
24	3	3		
≥27	3	5		

Not: Oval delik uzunluğunun izin verilen maksimum değerden (Bkz. **Tablo 4.4**) daha kısa olması halinde, C_r 'nin maksimum uzunluk ile gerçek oval delik uzunluğu farkının yarısı kadar azaltılmasına izin verilir.

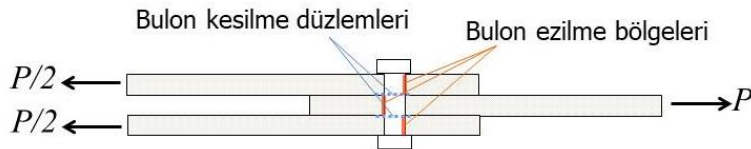
1. Herhangi bir bulonun merkezinin en yakın kenara olan maksimum uzaklığı, bağladığı parçanın kalınlığının 12 katını ve 150 mm yi aşamaz.
2. Boyalı veya korozyon etkisinde olmayan boyasız elemanlarda, bir profil ile levhayı veya iki levhayı sürekli olarak birbirine bağlayan bulonların kuvvet doğrultusundaki aralıkları, birleşen ince parçanın kalınlığının 14 katını ve 200mm yi aşamaz.
3. Bu boyutlar, temas halindeki iki profilin birbirine sürekli olarak bağlantısını sağlayan bulonlu birleşimler için geçerli değildir.

13.5.6 Bulonlu Birleşimde Tesir Yüzeyi Sayısı

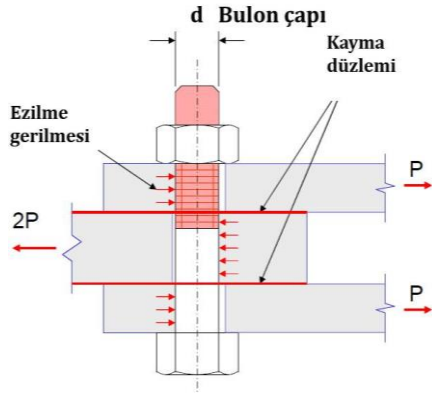
Tek tesirli Birleşim



Çift Tesirli Birleşim



Şekil 4.38 Bulonlu birleşimde tesir yüzeyi sayısı



Şekil 4.39 Bulonlu birleşimde ezilme kesilme yüzeyleri

13.6 BASİT BİRLEŞİMLER

Bir bulonlu birleşim basit kesit tesirleri (sadece aksel kuvvet, sadece kesme kuvveti, sadece eğilme momenti ve sadece burulma momenti) tarafından zorlandığı gibi çok farklı kesit tesiri birleşimleri tarafından da zorlanabilir. Bir bulonlu birleşim hangi kesit tesiri ya da birleşimleri tarafından zorlanırsa zorlanırsa **bir bulona gelen kuvvet** kesme kuvveti, aksel kuvvet ya da aksel kuvvet ile birlikte kesme kuvvetidir. Diğer bir ifade ile bir bulon eğilme momenti ya da burulma momenti taşımaz. Yani, bir bulonun eğilme momenti veya burulma momentine göre tasarımı yapılmaz. Bulonlu birleşimde, birleşime gelen kesit zorlarına göre değişmekle birlikte, bulona gelen kesme kuvvetinden dolayı bulonda **kesilme ve ezilme, aksel** çekme kuvvetinden dolayı bulonda **kopma** göçme modları ile karşılaşılabilir. Bulon aksel basınç kuvvetine maruz kaldığı zaman herhangi bir hesap yapılmaz. Birleşim elmanlarında ise, kesit tesirlerine ve kesit tesirlerinin etkiye şekline göre bulon için açılan delik etrafında ezilme, yırtılma ve blok kırılma göçme modları(durumları) ile karşılaşılabilir.

Çelik elemanların birleştirilmesinde çok değişik tipte bulonlu birleşimler kullanılır. Normal bulonlarla yapılan birleşimlerde, bulonlarda makaslama, ezilme ve delik çevresinde ezilmeye göre boyutlandırılan bulonlu birleşimlerdir. Yüksek dayanımlı bulonlardan yapılan birleşimler, makaslama ve delik çevresinde ezilmeye göre(normal bulonlarda olduğu gibi) boyutlandırılan bulonlu birleşimler ve yükün sürtünme kuvvetleri ile aktarıldığı birleşimler olmak üzere ikiye ayrılır

13.6.1 Kaynaklı Basit Birleşimler

13.6.2 Bulonlu Basit Birleşimler

13.6.2.1 Bulonların Çekme Ve Kesme Kuvveti Dayanımları

Bir bulonlu birleşim, sadece Kesme Kuvveti, sadece Normal Kuvvet, sadece Eğilme Momenti, sadece Burulma Momentine ya da tüm kesit tesirlerinin değişik birleşimlerine maruz kalabilir. Bir bulonlu birleşim hangi kesit tesirlerine ya da kesit tesirlerinin birleşimlerine maruz kalırsa kalsın, bir bulon, ya kesme kuvvetine zorlanır, ya aksel kuvvete zorlanır ya da kesme kuvveti ile birlikte aksene kuvvete zorlanır. Buradan hareketli, bir bulonun tek başına, eğilme momentine burulma

momentine veya eğilme momenti ile birlikte burulma momentine etkimesine göre tasarımı söz konusu değildir.

Öngermeli yüksek dayanımlı bulonların, basit sıkılan bulonların ve dış açılan çubuklar sadece aksenal kuvvete maruz ise iki durum söz konusudur. Aksenal kuvvet ya basınç, ya da çekme kuvvetidir. Basınç kuvveti ise bulonun aksenal basınç kuvvetine göre herhangi bir hesabı yapılmaz.

13.6.2.2 Aksenal Çekme Kuvvetine Göre Kontrol

Karakteristik çekme gerilmesi dayanımı aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

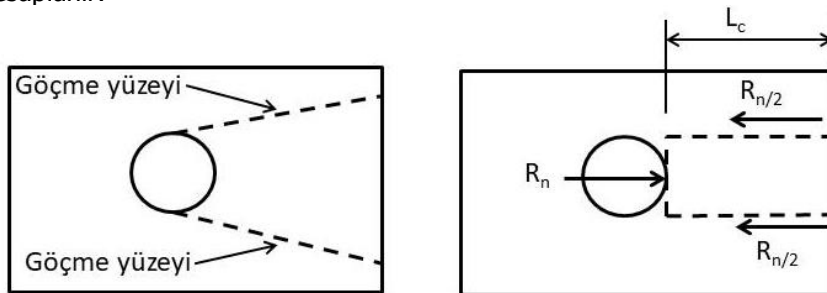
Karakteristik çekme gerilmesi dayanımı:

$$R_n = R_{nt} = F_{nt} A_b \quad (4.1)$$

Tasarım çekme kuvveti ΦR_n (YDKT) veya güvenli çekme kuvveti veya kesme kuvveti dayanımı, R_n/Ω (GKT), $\Phi = 0.75$ (YDKT) veya $\Omega = 2.00$ (GKT) alınarak belirlenecektir.

13.6.2.2 Kesme Kuvvetine Göre Kontrol

Bir bulon sadece kesme kuvvetine maruz ise bulonda kayma ve ezilme gerilmesi olmak üzere iki gerilme durumuna göre kontrol yapılır. Bulonlar tesir yüzeyi sayısına göre tek tesirli ve çift tesirli bulonlar olarak ikiye ayrılır. Bir birine zıt yönde hareket ederek bir bulonu kesmeye zorlayan levhaların ara yüzeyi bulonun tesir yüzeyidir. Bulonlu birleşimde bir birine zıt yönde hareket eden levha sayısı iki ise tesir yüzeyi sayısı bir, üç ise iki, dört ise üç ve beş ise dördür. Hesaplarda, tesir yüzeyi sayısı en fazla iki alınır. Kayma gerilmesi, bulonun kesilme yüzeyi ya da yüzeylerine karşılık gelen bulon enkesitindeki kayma gerilmesidir. Ezilme gerilme ise birleşimde kullanılan levhaların sebep olduğu bulonun gövdesindeki ezilme gerilmesidir. Kayma gerilmesine göre hesaplanan karakteristik kesme kuvveti dayanımı ile ezilme gerilmesine göre hesaplanan karakteristik kesme kuvveti dayanımlarının küçüğü, karakteristik kesme kuvveti dayanımı olarak alınır. Bulon grubunun dayanımı ise, birleşimdeki her bir bulonun dayanımlarının toplamı alınarak hesaplanır.



Şekil 4.18 Bulon delik cidarında göçme yüzeyi

1. Kayma Gerilmesine Göre Karakteristik Kesme Kuvveti Dayanımı

Kayma etkisinde kırılma sınır durumları esas alınarak, Denk.(4.2) ile hesaplanacaktır

$$R_n = R_{nv} = F_{nv} n_{sp} A_b \quad (4.2)$$

Tasarım çekme kuvveti veya kesme kuvveti dayanımı, ΦR_n (YDKT) veya güvenli çekme kuvveti veya kesme kuvveti dayanımı, R_n/Ω (GKT),

$\Phi = 0.75$ (YDKT) veya $\Omega = 2.00$ (GKT) alınarak belirlenecektir.

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

A_b : Diş açılmamış bulon gövdesi karakteristik enkesit alanı.

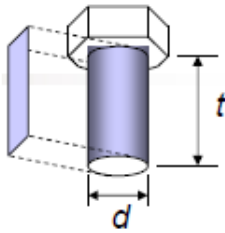
F_{nt} : Tablo 4.3 de verilen karakteristik çekme gerilmesi dayanımı.

F_{nv} : Tablo 4.3 de verilen karakteristik kayma gerilmesi dayanımı.

n_{sp} : Kayma düzlemi sayısı.

Gerekli çekme kuvveti dayanımı, birleşim parçasının şekil değiştirmesi nedeniyle meydana gelen bulon boyuna eksenine paralel ilave kaldırma kuvvetini de kapsayacaktır.

2. Ezilme Gerilmesine Göre Kesme Kuvveti Dayanımı



Şekil 4.19 Bulonun gövde ezilme alanı = $d \times t$

Bir bulon deliğinin *karakteristik ezilme kuvveti dayanımı, R_n* , kayma etkisinde ezilme sınır durumu esas alınarak, aşağıda açıklandığı şekilde belirlenecektir.

1. Yükün doğrultusundan bağımsız olarak, standart dairesel, büyük dairesel delikler ve kısa oval deliklerde veya oval boyuna ekseni yük doğrultusuna paralel olan uzun oval deliklerden teşkil edilen birleşimler için Denk.(4.3) ile hesaplanacaktır.

$$R_n = 1.2l_c t F_u \leq 2.4dt F_u \quad (4.3)$$

2. Oval boyuna ekseni yük doğrultusuna dik uzun oval deliklerden teşkil edilen birleşimler için Denk.(4.4) ile hesaplanacaktır.

$$R_n = 1.0l_c t F_u \leq 2.0dt F_u \quad (4.4)$$

Tasarım ezilme kuvveti dayanımı, ΦR_n (YDKT) veya güvenli ezilme kuvveti dayanımı, R_n/Ω (GKT),

$\phi = 0.75$ veya $\Omega = 2.00$ alınarak hesaplanacaktır.

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

F_u : Bağlanan eleman malzemesinin karakteristik çekme dayanımı.

d : Karakteristik bulon gövde çapı.

l_c : Kuvvet doğrultusundaki delik kenarı ile en yakın diğer delik kenarı arasındaki veya delik kenarı ile eleman kenarı arasındaki net uzaklık.

t : Bağlanan elemanın kalınlığı.

3. Rijitleştirilmemiş boru ve kutu enkesitli elemanların tüm enkesiti boyunca bulonların geçirilerek teşkil edilen birleşimlerinde, aşağıdaki denklem gözönüne alınacaktır.

$$R_n = 1.8F_y A_{pb}$$

Birleşimler için ezilme kuvveti dayanımı, her bir bulon deliği için hesaplanan ezilme kuvveti dayanımlarının toplamı alınarak elde edilecektir.

Ezilme kuvveti dayanımı, ezilme ve sürtünme etkili birleşimlerin her ikisi için kontrol edilecektir. Sürtünme etkili birleşimlerde, büyük dairesel delikler ile oval boyuna eksenli kuvvet doğrultusuna paralel kısa ve uzun oval deliklerin kullanımı ÇTYT bölüm 13.3.5 e göre sınırlandırılmıştır.

4.16 ÇEKME VE KESME KUVVETİNİN ORTAK ETKİSİNDEKİ EZİLME ETKİLİ BİRLEŞİMLER

Çekme ve kesme kuvvetinin ortak etkisindeki bir bulonun karakteristik çekme kuvveti dayanımı kopma sınır durumu için Denk.(4.5) ile hesaplanacaktır.

$$R_n = F'_n A_b \quad (4.5)$$

Tasarım çekme dayanımı, ΦR_n (YDKT) veya güvenli çekme kuvveti dayanımı, R_n/Ω (GKT),

$\Phi = 0.75$ (YDKT) veya $\Omega = 2.00$ (GKT) alınarak belirlenecektir.

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

F'_n : Kesme kuvveti etkisi dikkate alınarak elde edilen azaltılmış karakteristik çekme gerilmesi.

$$F'_n = 1.3F_n - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} \leq F_n \quad (\text{YDKT})$$

$$F'_n = 1.3F_n - \frac{\Omega F_{nt}}{F_{nv}} f_{rv} \leq F_n \quad (\text{GKT})$$

F_n : Tablo 4.3 de verilen karakteristik çekme gerilmesi dayanımı.

F_{nv} : Tablo 4.3 de verilen karakteristik kayma gerilmesi dayanımı.

f_{rv} : YDKT veya GKT yük birleşimleri için karakteristik bulon gövde alanındaki en büyük kayma gerilmesi.

Birleşimdeki her bir bulon için karakteristik gövde alanı gözönüne alınarak hesaplanan en büyük kayma gerilmesi, f_{Vr} , değeri, YDKT için *tasarım kayma gerilmesi* ($=\Phi F_{Tkv}$) veya GTK için *güvenli kayma gerilmesi* ($=F_{Tkv}/\Omega$) değerine eşit veya daha küçük olmalıdır.

4.17 SÜRTÜNME ETKİLİ (KAYMA KONTROLLÜ) BİRLEŞİMLERDE YÜKSEK DAYANIMLI BULONLAR

Sürtünme etkili birleşimler, birleşen parçaların temas yüzeyleri arasında kaymayı önleyecek şekilde ve ezilme etkili birleşimlerin sınır durumları dikkate alınarak boyutlandırılacaktır. Sürtünme etkili birleşimlerin bulonlarının besleme levhasını da bağladığı durumlarda, kayma etkisindeki tüm yüzeyler mevcut kayma dayanımını sağlayacak şekilde hazırlanacaktır.

Bir bulon için karakteristik sürtünme etkili *kayma kuvveti dayanımı*, sürtünme etkili kayma sınır durumu esas alınarak **Denk(2.6)** ile hesaplanacaktır.

$$R_n = \mu D_u h_f T_b n_s \quad (4.6)$$

Sürtünme etkili tasarım kayma kuvveti dayanımı, ΦR_n (YDKT) veya sürtünme etkili güvenli kayma kuvveti dayanımı, R_n/Ω (GTK), aşağıda tanımlanan durumlara göre,

(a) Standart dairesel delikler ve boyuna eksenli yük doğrultusuna dik oval delikler için

$$\phi = 1.00 \text{ veya } \Omega = 1.50$$

(b) Büyük dairesel delikler ve boyuna eksenli yük doğrultusuna paralel kısa oval delikler için

$$\phi = 0.85 \text{ veya } \Omega = 1.76$$

(c) Uzun oval delikler için $\Phi = 0.70$ veya $\Omega = 2.14$ alınarak belirlenecektir.

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

D_u : Bulon montajı sırasında uygulanan ortalama önekleme kuvvetinin karakteristik minimum önekleme kuvvetine oranını gösteren bir katsayı olarak tanımlanır ve 1.0 değerine eşit alınacaktır. Uygunluğu gösterilmek koşuluyla, $D_u \leq 1.13$ olmak üzere, farklı değerler de kullanılabilir.

n_s : Kayma düzlemi sayısı.

T_b : Tablo 2.1 da verilen minimum bulon önekleme kuvveti.

μ : Tablo 4.7 de A, B, C ve D Sınıfı yüzeyler için verilen veya deneysel olarak belirlenen ortalama sürtünme katsayısı.

Tablo 4.7. Sürtünme Katsayısı, μ

Sürtünme Yüzeyi Sınıfı(TS EN 1090-2)	Sürtünme Katsayısı, μ
A	0.50
B	0.40
C	0.30
D	0.20

Not: Sürtünme yüzeyi sınıflarının tanımları TS EN 1090 – 2 de verilmektedir. Test ve muayene için gerekli bilgiler TS EN 1090 – 2 de verilmektedir. Yukarıda verilen yüzey sınıfları haricinde, yapıda kullanılacak sürtünme yüzeyi için katsayı, bu yüzeyi temsil eden deney numuneleri kullanılarak TS EN 1090 – 2 göre belirlenmelidir. Boya ile hazırlanan sürtünme yüzeylerinin kullanıldığı durumlarda öçekme değerinde zaman içinde azalma meydana gelebilir.

h_f : Aşağıda tanımlandığı şekilde belirlenen besleme levhası katsayısı.

(a) Besleme levhalarının kullanılmadığı veya besleme levhalarının bulonlarla bağlandığı durumlarda, $h_f = 1.0$ olarak alınacaktır.

(b) Besleme levhalarının bulonlarla bağlanmadığı durumlarda,

(1) Birleşen parçalar arasında bir adet besleme levhası kullanılması halinde, $h_f = 1.0$,

(2) Birleşen parçalar arasında iki veya daha fazla besleme levhası kullanılması halinde ise, $h_f = 0.85$ olarak alınacaktır.

4.18 ÇEKME VE KESME KUVVETİNİN ORTAK ETKİSİNDEKİ SÜRTÜNME ETKİLİ BİRLEŞİMLER

Bir sürtünme etkili birleşime, ayrıca bir dış çekme kuvveti etkimesi halinde, her bir bulon için yukarıda hesaplanan *sürtünme etkili mevcut kayma kuvveti dayanımı* (YDKT için sürtünme etkili tasarım kayma kuvveti dayanımı veya GKT için sürtünme etkili güvenli kayma kuvveti dayanımı) aşağıdaki şekilde elde edilecek k_{sc} katsayısı ile çarpılarak azaltılacaktır.

$$k_{sc} = 1 - \frac{T_u}{D_u T_b n_b} \text{ (YDKT)}$$

$$k_{sc} = 1 - \frac{1.5T_u}{D_u T_b n_b} \text{ (GKT)} \quad (4.7)$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

T_a : GKT yük birleşimleri ile hesaplanan gerekli çekme kuvveti.

T_u : YDKT yük birleşimleri ile hesaplanan gerekli çekme kuvveti.

n_b : Çekme kuvveti etkisindeki bulon sayısı.

4.19 BULON DELİĞİ EZİLME KUVVETİ DAYANIMI

Bir bulon deliğinin *karakteristik ezilme kuvveti dayanımı*, R_n , kayma etkisinde ezilme sınır durumu esas alınarak, aşağıda açıklandığı şekilde belirlenecektir.

(a) Yükün doğrultusundan bağımsız olarak, standart dairesel, büyük dairesel delikler ve kısa oval deliklerde veya oval boyuna eksenli yük doğrultusuna paralel olan uzun oval deliklerden teşkil edilen birleşimler için **Denk.(4.6)** ile hesaplanacaktır.

$$R_n = 1.2l_c t F_u \leq 2.4dt F_u \quad (4.8)$$

(b) Oval boyuna eksenli yük doğrultusuna dik uzun oval deliklerden teşkil edilen birleşimler için **Denk.(2.7)** ile hesaplanacaktır.

$$R_n = 1.0l_c t F_u \leq 2.0dt F_u \quad (4.9)$$

Tasarım ezilme kuvveti dayanımı, ΦR_n (YDKT) veya *güvenli ezilme kuvveti dayanımı*, R_n/Ω (GKT),

$\Phi = 0.75$ veya $\Omega = 2.00$ alınarak hesaplanacaktır.

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

F_u : Bağlanan eleman malzemesinin karakteristik çekme dayanımı.

d : *Karakteristik* bulon gövde çapı.

l_c : Kuvvet doğrultusundaki delik kenarı ile en yakın diğer delik kenarı arasındaki veya delik kenarı ile eleman kenarı arasındaki net uzaklık.

t : *Bağlanan* elemanın kalınlığı.

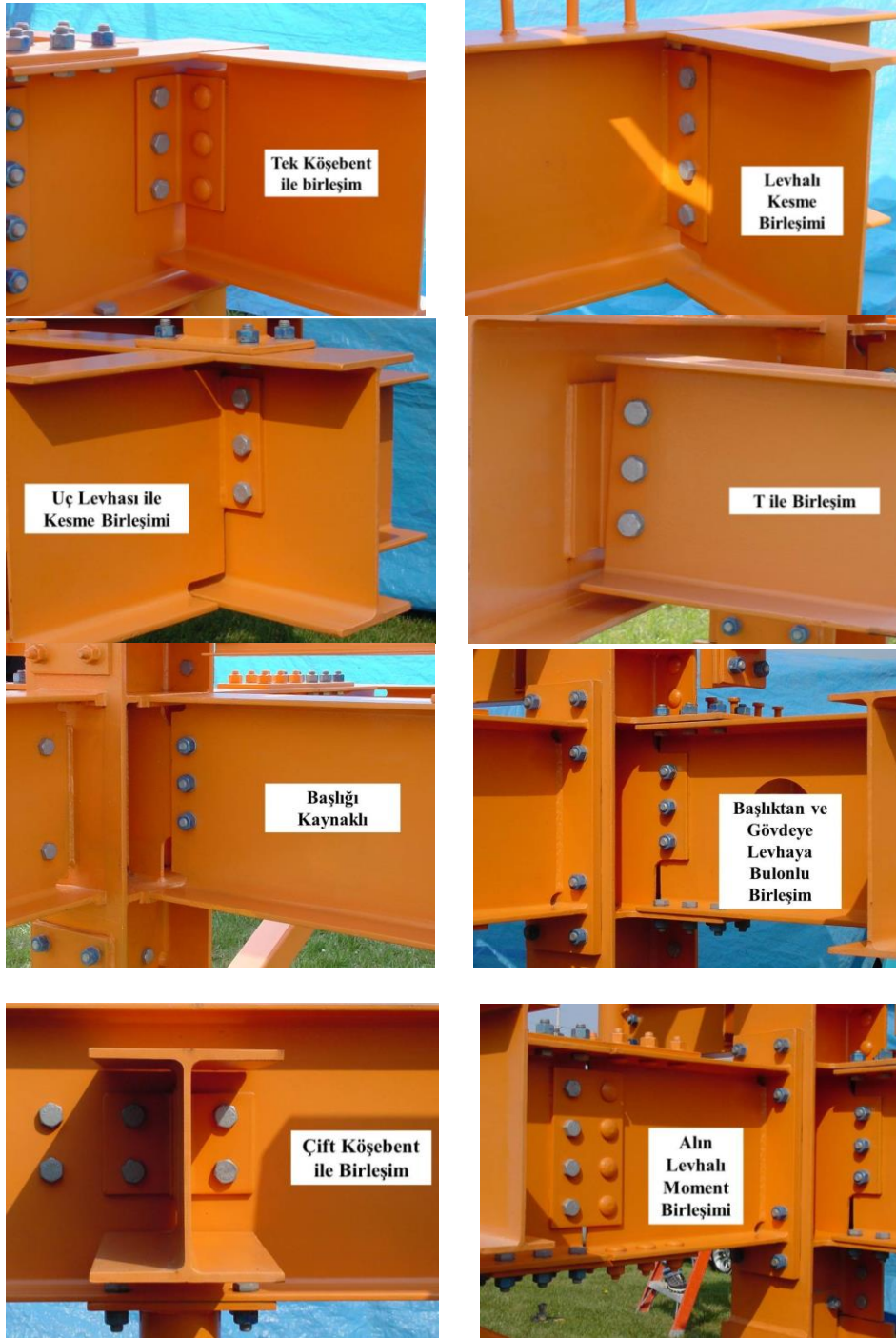
(c) Rijitleştirilmemiş boru ve kutu enkesitli elemanların tüm enkesiti boyunca bulonların geçirilerek teşkil edilen birleşimlerinde, ÇYTY Bölüm 13.6 ve Denk.(13.21a) gözönüne alınacaktır.

Birleşimler için ezilme kuvveti dayanımı, her bir bulon deliği için hesaplanan ezilme kuvveti dayanımlarının toplamı alınarak elde edilecektir.

Ezilme kuvveti dayanımı, ezilme ve sürtünme etkili birleşimlerin her ikisi için kontrol edilecektir. Sürtünme etkili birleşimlerde, büyük dairesel delikler ile oval boyuna eksenli kuvvet doğrultusuna paralel kısa ve uzun oval deliklerin kullanımı ÇYTY Bölüm 13.3.5 e göre sınırlandırılmıştır.

4.4.1 Bulonlu Birleşim Tiplerinden Örnekler

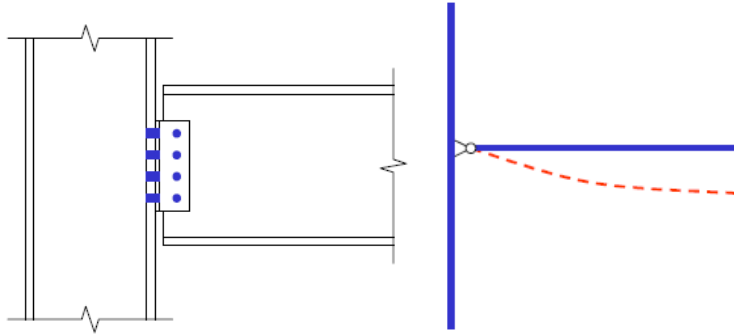
Çelik elemanların birleştirilmesinde çok değişik tipte bulonlu birleşimler kullanılır. Normal bulonlarla yapılan birleşimlerde, bulonlar, makaslama, ezilme ve delik çevresinde ezilmeye göre boyutlandırılan bulonlu birleşimlerdir. Yüksek dayanımlı bulonlardan yapılan birleşimler, makaslama ve delik çevresinde ezilmeye göre (normal bulonlarda olduğu gibi) boyutlandırılan bulonlu birleşimler ve yükün sürtünme kuvvetleri ile aktarıldığı birleşimler olmak üzere ikiye ayrılır.



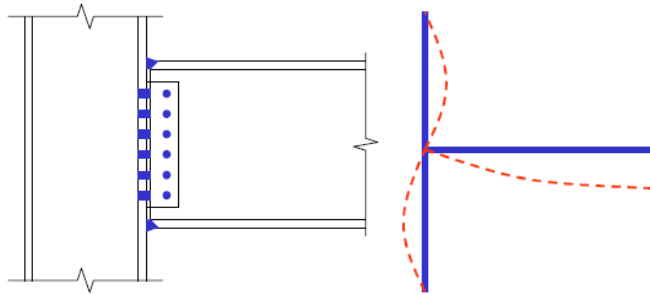
Şekil 4.32 Bulonlu birleşim örnekleri

4.20 MOMENT AKTARAN BULONLU BİRLEŞİMLER

Bir bulonlu birleşim moment etkisine maruz kaldığı zaman iki durum söz konusudur. Momenti etkisi bulon düzlemine dik ya da bulon düzlemindedir. Moment bulon düzlemine dik ise, moment bulonları aksenal çekme kuvvetiyle koparmaya zorlar ve bulonda aksenal gerilmeye neden olur. Moment bulon düzleminde ise bulonlar kesme kuvvetine maruz kalarak kayma gerilmesi ve ezilme gerilmesine neden zorlanır. Aşağıda şekil a'da bulonlu birleşime uygulanan kuvvetten dolayı meydana gelen moment bulon düzlemine dik gelen momenttir. Bu moment, bulonlarda koparmaya neden olur iken uygulanan kesme kuvveti da bulonları kesmeye zorlamaktadır. Şekil b'de uygulanan kuvvetten meydana gelen moment bulon düzleminde bir momenttir. Bu moment bulonları kesmeye zorlamaktadır. Bu birleşimde(şekil ???b), bulonlar hem moment tarafında hem de uygulanan kuvvet tarafından kesmeye zorlanmaktadır.

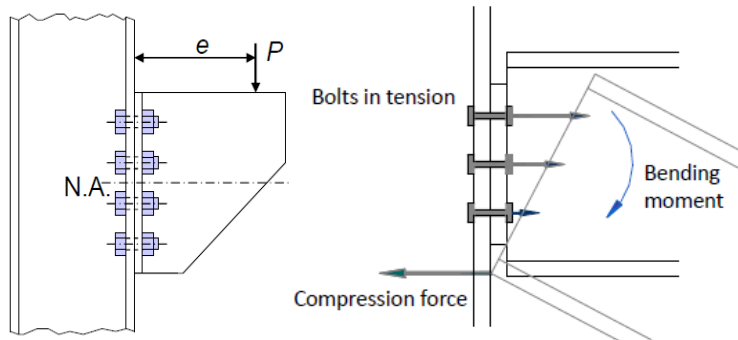


Şekil 4.20 Moment aktarmayan birleşimi



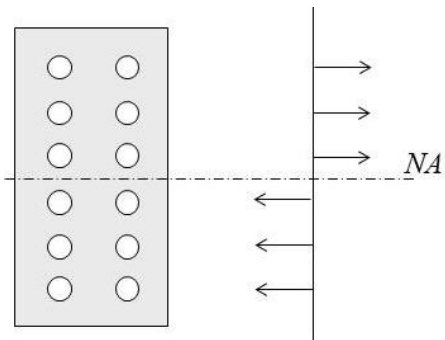
Şekil 4.21 Moment aktaran birleşimi

4.20.1 Moment Bulon Düzlemine Dik durum



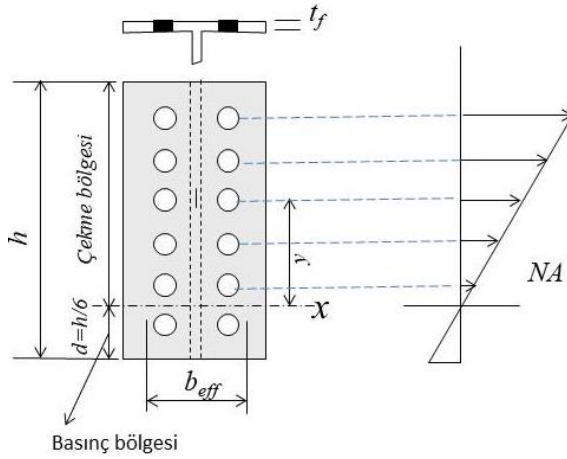
Şekil 4.22 Moment bulon düzlemine dik

1- Tarafsız eksen bulon düzlemi ağırlık merkezinde



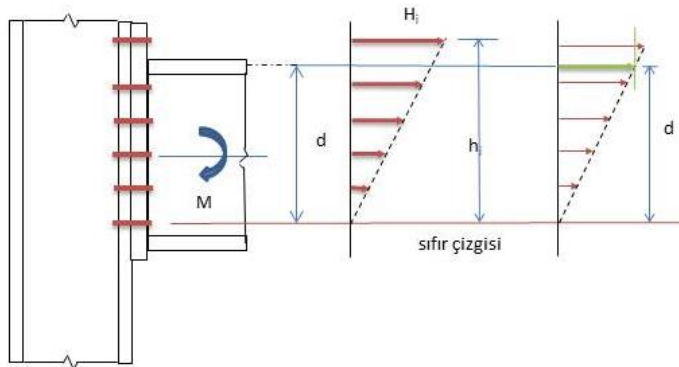
Şekil 4.23

2- Tarafsız eksen bulon düzlemi ağırlık merkezinde değil



Şekil 4 24

3- Tarafsız eksen en alt bulon sırasından geçmektedir.



Şekil 4.25 Moment Bulon Düzlemine Dik Durumda Bulonda Kuvvet Dağılımı(1.Yaklaşım)
Sıfır çizgisine karşılık gelen bulonların aldığı kopma kuvveti sıfırdır.

Teorem 1. Her bulon sırasına gelen kuvvetin sıfır çizgisine göre momentlerinin toplamı bulon düzlemine dik gelen momente eşittir.

$$M_{NA} = Pe = H_1 h_1 + H_2 h_2 + H_3 h_3 + \dots$$

Teorem 2. Her bir bulon sırasına gelen kuvvetlerin sıfır çizgisine uzaklıklarına oranları birbirine eşittir.

$$\frac{H_1}{h_1} = \frac{H_2}{h_2} = \frac{H_3}{h_3} \dots \Rightarrow H_1 = \frac{H_1 h_1}{h_1}; H_2 = \frac{H_1 h_2}{h_1}; H_3 = \frac{H_1 h_3}{h_1} \dots$$

$$\sum(h_i^2) = (h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 \dots)$$

$$M_{NA} = \frac{H_1}{h_1} \sum(h_i^2)$$

i. ci sıradaki kuvvetten dolayı:

$$M_{NA} = \frac{H_i}{h_i} \sum (h_i^2)$$

$$H_1 = \frac{M_{NA} h_1}{\sum (h_i^2)}; H_2 = \frac{M_{NA} h_2}{\sum (h_i^2)}; H_3 = \frac{M_{NA} h_3}{\sum (h_i^2)} \dots \dots \dots$$

H_1 = 1.ci sıradaki, H_2 = 2.ci sıradaki, H_3 = 3.cü sıradaki bulonlara gelen toplam koparma kuvvetidir.

i. ci sıradaki bulonlara gelen momentten kaynaklanan koparma kuvveti:

$$H_i = \frac{M_{NA} h_i}{\sum (h_i^2)}$$

n_i = i.ci sıradaki bulon sayısı olmak üzere;

i .ci sırada bir bulona gelen koparma kuvveti :

$$R_i = H_i n_i$$

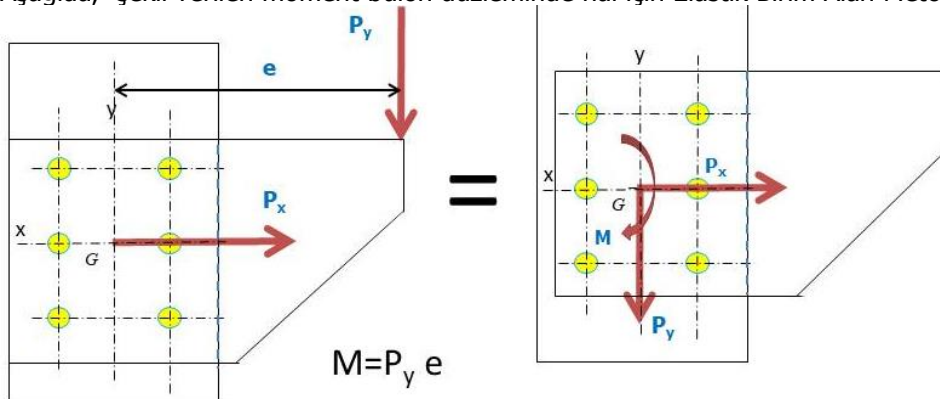
$R_{u\max} = \max R_i$, $R_{a\max} = \max R_i$ sırasıyla YDKT ve GKT için ilgili yük katsayıları ile çarpılarak hesaplanmış ve bulonlu birleşimde bir bulona gelen max. koparma kuvvetidir.

$R_{u\max} \leq \phi R_n$ (YDKT için) ve $R_{a\max} \leq R_n / \Omega$

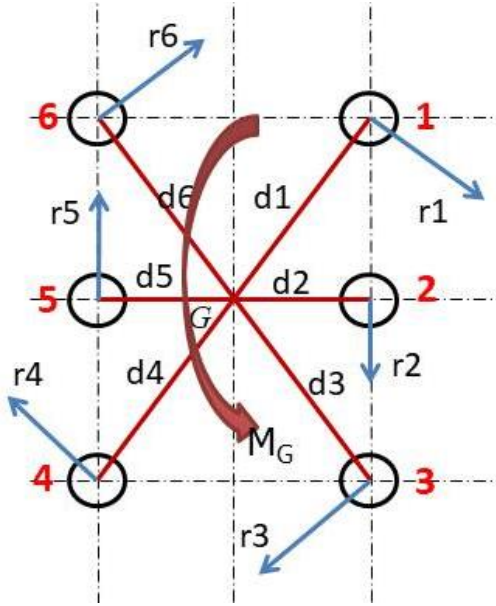
$$R_n = R_{nt} = F_{nt} A_b$$

4.20.2 Moment Bulon Düzleminde

Moment bulon düzleminde durum için literatürde üç yaklaşım verilmektedir. Bunlar, **Elastik Birim Alan** metodu, **İndirgenmiş Eksantrisite** metodu ve **Anlık Rotasyon Merkezi** metodudur. Aşağıda, şekli verilen moment bulon düzleminde hal için Elastik Birim Alan Metodu kullanılmıştır.



Şekil 4.26 Moment bulon düzleminde durumu için bir örnek



Şekil 4.27

Bir bulona gelen sadece momentten kaynaklanan kesme kuvveti:

$$M = M_G = Pe = r_1 d_1 + r_2 d_2 + r_3 d_3 + r_4 d_4 + r_5 d_5 + r_6 d_6$$

$$\frac{r_1}{d_1} = \frac{r_2}{d_2} = \frac{r_3}{d_3} = \frac{r_4}{d_4} = \frac{r_5}{d_5} = \frac{r_6}{d_6}$$

Bulonlara gelen kesme kuvvetleri r_1 cinsinden yazılırsa;

$$r_1 = \frac{r_1 d_1}{d_1}; r_2 = \frac{r_1 d_2}{d_1}; r_3 = \frac{r_1 d_3}{d_1}, r_4 = \frac{r_1 d_4}{d_1}, r_5 = \frac{r_1 d_5}{d_1}, r_6 = \frac{r_1 d_6}{d_1}$$

$$M_G = r_1 d_1 \frac{d_1}{d_1} + \frac{r_1 d_2}{d_1} d_2 + \frac{r_1 d_3}{d_1} d_3 + \frac{r_1 d_4}{d_1} d_4 + \frac{r_1 d_5}{d_1} d_5 + \frac{r_1 d_6}{d_1} d_6$$

$$M_G = \frac{r_1 d_1^2}{d_1} + \frac{r_1 d_2^2}{d_1} + \frac{r_1 d_3^2}{d_1} + \frac{r_1 d_4^2}{d_1} + \frac{r_1 d_5^2}{d_1} + \frac{r_1 d_6^2}{d_1}$$

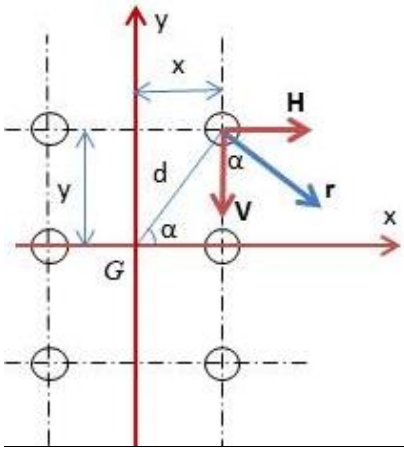
$$M_G = \frac{r_1}{d_1} (d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + d_4^2 + d_5^2 + d_6^2)$$

$$\sum (d_i^2) = (d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + d_4^2 + d_5^2 + d_6^2)$$

$$r_1 = \frac{M_G d_1}{\sum (d_i^2)}$$

Bulonlara gelen kesme kuvvetleri sırası ile r_2, r_3, r_4, r_5, r_6 cinsinden yazılırsa;

$$r_2 = \frac{M_G d_2}{\sum (d_i^2)}; r_3 = \frac{M_G d_3}{\sum (d_i^2)}; r_4 = \frac{M_G d_4}{\sum (d_i^2)}; r_5 = \frac{M_G d_5}{\sum (d_i^2)}; r_6 = \frac{M_G d_6}{\sum (d_i^2)}$$



Şekil 4.28

$$H = r \sin \alpha, \quad V = r \cos \alpha$$

$$x = d \cos \alpha, \quad y = d \sin \alpha$$

$$\sum (x_i^2 + y_i^2) = (x_1^2 + y_1^2 + x_2^2 + y_2^2 + x_3^2 + y_3^2 + x_4^2 + y_4^2 + x_5^2 + y_5^2 + x_6^2 + y_6^2)$$

Herhangi m.ci bulon için;

$$\sum (d_i^2) = \sum (x_i^2 + y_i^2)$$

$$r_m = \frac{M_G d_m}{\sum (d_i^2)} = \frac{M_G d_m}{\sum (x_i^2 + y_i^2)}$$

$$x_m = d_m \cos \alpha, \quad y_m = d_m \sin \alpha$$

$$d_m = \frac{x_m}{\cos \alpha}, \quad d_m = \frac{y_m}{\sin \alpha}$$

$$H_m = r_m \sin \alpha = \quad V_m = r_m \cos \alpha$$

$$H_m = \frac{M_G d_m}{\sum (x_i^2 + y_i^2)} \sin \alpha, \quad V_m = \frac{M_G d_m}{\sum (x_i^2 + y_i^2)} \cos \alpha$$

$$H_m = \frac{M_G \frac{y_m}{\sin \alpha}}{\sum (x_i^2 + y_i^2)} \sin \alpha, \quad V_m = \frac{M_G \frac{x_m}{\cos \alpha}}{\sum (x_i^2 + y_i^2)} \cos \alpha$$

$$H_m = \frac{M_G y_m}{\sum(x_i^2 + y_i^2)}, \quad V_m = \frac{M_G x_m}{\sum(x_i^2 + y_i^2)}$$

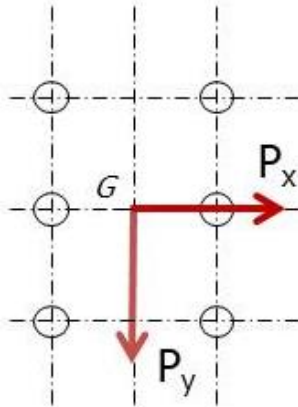
m.ci bulon için sadece momentten kaynaklanan yatay bileşen:

$$H_M = \frac{M_G y_m}{\sum(x_i^2 + y_i^2)},$$

m.ci bulon için sadece momentten kaynaklanan düşey bileşen:

$$V_M = \frac{M_G x_m}{\sum(x_i^2 + y_i^2)}$$

Sadece X ve Y doğrutusundaki kuvvetlerden dolayı



Şekil 4.29

$$(H_p) = \frac{P_x}{n}$$

$$(V_p) = \frac{P_y}{n}$$

Toplam yatay bileşen:

$$(\Sigma H) = H_M + H_p$$

Toplam düşey bileşen:

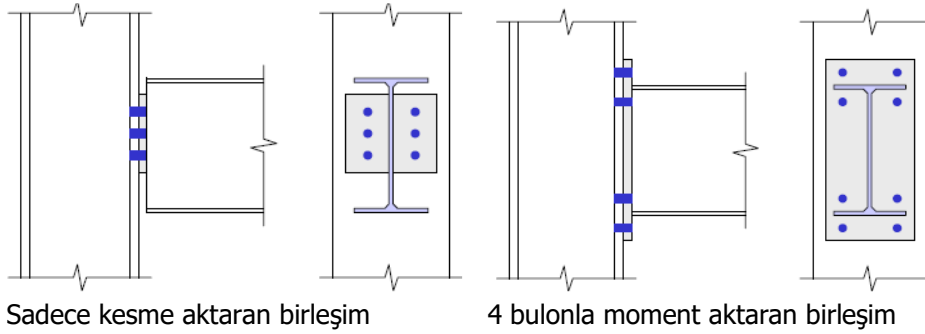
$$(\Sigma V) = V_M + V_p$$

Bileşke kuvvet:

$$R_m = \sqrt{[(\Sigma H)^2 + (\Sigma V)^2]}$$

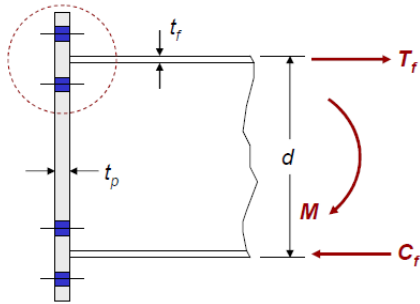
R_m doğrusal kuvvetler ve/veya momentlerden kaynaklanan ve bir bulona gelene kesme kuvveti ise; bu kuvvet YDKT ve GKT'ye göre hesaplanan kesme kuvveti dayanımlarından küçük olmalıdır.

4.21 ALIN LEVHALI BİRLEŞİMLER



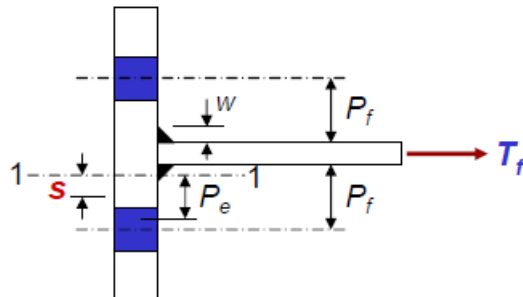
Şekil 4.30

Öncelikle birleşimin dayanımının kiriş moment dayanımının en %60'ı olup olmadığını belirlenir. Daha sonra kiriş başlığındaki çekme kuvvetini belirlenir.

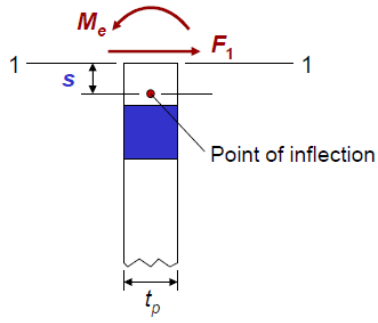


$$T_f = \frac{M}{d - t_f}$$

$$M_e = F_1 S; \quad F_1 = T_f / 2$$



$$s = P_2 / 2 = (P_f - 0.25d_b - 0.707w) / 2$$



Max. eğilme gerilmesi; $\frac{M_e}{b_p t_p^2 / 6} = F_b = 0.75 F_y$

Gerekli levha kalınlığı: $t_p = \sqrt{\frac{8M_e}{b_p F_y}}$

Levhada kayma kontrolü; $f_v = \frac{F_1}{b_p t_p} \leq [F_v = 0.40 F_y]$

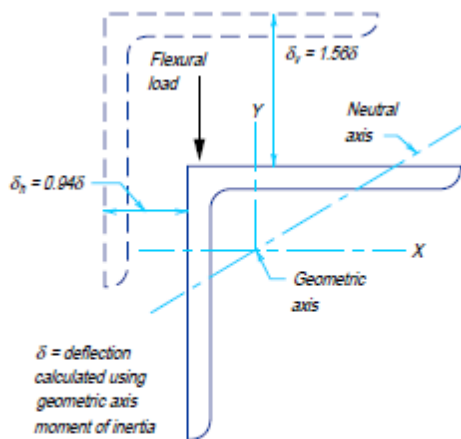
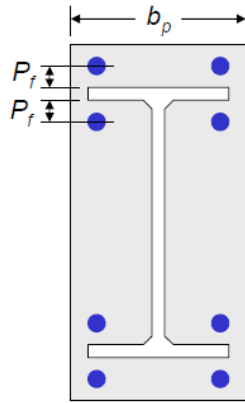


Fig. C.5.2. Geometric axis bending of laterally unrestrained equal-leg angles.

TYPES OF CONNECTIONS

- WELDED CONNECTIONS
 - Fillet welding
 - Butt welding
- BOLTED CONNECTIONS
 - Bearing type Carbon steel / High strength
 - Friction type HSFG
- RIVETED CONNECTIONS
 - Mild steel
 - High strength steel