



AHŞAP YAPILARDA BİRLEŞİMLERİN TASARIM ESASLARI

Niyazi Parlar
İnşaat Mühendisi

Gizem Coşkun
Mimar



AHŞAP BİNALARIN TASARIM, HESAP VE YAPIM ESASLARI

‘Ahşap Binaların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları’na dair yönetmelik T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 24 Mart 2024 tarih ve 32499 sayılı resmi gazetede yayınlandı. Bu yönetmelik 1 Ocak 2025 tarihinde yürürlüğe girecektir.

BÖLÜM 4

DAYANIMA GÖRE

TASARIM

‘Ahşap Binaların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları’ndaki

4. Bölüm incelenecektir.

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Bu bölümde, ahşap binalarda karbon çeliğinden veya paslanmaz çelikten imal edilen bağlantı elemanları kullanılarak yapılan birleşimlerin tasarım esasları yer almaktadır. Tutkallı taşıyıcı eleman birleşimleri ve geleneksel geçmeli/kavelalı eleman birleşimleri, bu bölüm ve Esasların kapsamı dışında olup bu birleşimlerin kullanılması durumunda ilgili standartlara uyulması gerekmektedir. Birleşimdeki elemanlar arasında, yük aktarımını sağlayan bağlantı elemanı tipine göre metal bağlantı elemanları, iki ana gruba ayrılabilir:

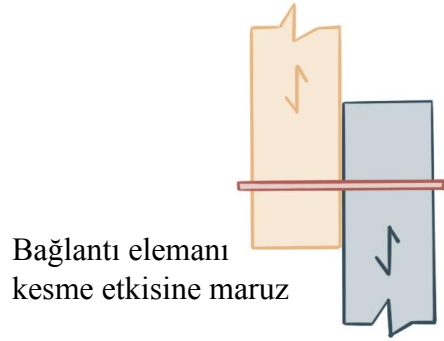
- i) Mil tipi bağlantı elemanları: bu tarz bağlantı elemanları eksenel kuvvet (çekme/basınç) ve/veya kesme etkisine maruz kalarak, bir ahşap elemandan diğer elemana yük aktarmaktadırlar. Çiviler, vidalar, bulonlar ve çubuk kamalar bu gruba dahildir.
Diğer bağlantı elemanları: bu tarz bağlantı elemanları bir yüzey boyunca bir ahşap elemanından diğer elemana yük aktarımını sağlamaktadırlar. Dişli plakalar, kayma plakası ve delikli metal plaka bu gruba dahildir.
- ii) Özellikle metal bağlantı elemanlarının bulunduğu birleşimler, korozyon oluşacak ortamda kullanılacak ise bağlantı elemanları koruma amacıyla galvaniz veya benzeri kaplama (epoksi, antipas vb) yapılmalıdır.

Bağlantı elemanlarının gereklilikleri

Bu bölümde kuralların verilmemesi ve tanımlama yapılmaması durumunda, birleşimlerin karakteristik yük taşıma kapasitesi ve rijitliği TS EN 1075, TS EN 1380, TS EN 1381 ve TS 5190 EN 26891 standartlarına göre belirtilen deneylerle belirlenecektir. İlgili standartların hem çekme hem de basınç deneylerini tanımlaması durumunda, karakteristik yük taşıma kapasitesinin belirlenmesi için gerçekleştirilecek deneylerin sadece çekme için yapılması yeterlidir.

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları



a) Tip 1 Birleşimi

Bağlantı elemanı çekme veya ayrılma etkisine maruz



b) Tip 2 Birleşimi

Şekil 4.77 Yükleme Durumuna Bağlı Olarak Farklılık Gösteren Birleşim Tipleri

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Birleşim tipleri

Birleşimi oluşturan bağlantı elemanının yükleme durumuna bağlı olarak, birleşimler iki tipe ayrılabilir:

- i) Tip 1 birleşimler: bu tür birleşimlerde, bağlantı elemanları eksenine dik olarak yüklenmiş durumdadır ve kesme kuvveti etkisine maruz kalmaktadır (Şekil 4.77 a).
- ii) Tip 2 birleşimler: bu tür birleşimlerde, bağlantı elemanları eksenel olarak yüklenmiş durumdadır ve eksenel kuvvet etkisine maruz kalmaktadır (Şekil 4.77 b).

Kesme ve eksenel kuvvet etkileri, bağlantı elemanlarının tiplerine göre ayrı başlıklar altında ve farklı bölümlerde verilen tasarım kurallarında, detaylı olarak yer almaktadır.

Birleşim tasarımı yapılırken dikkat edilmesi gereken hususlar

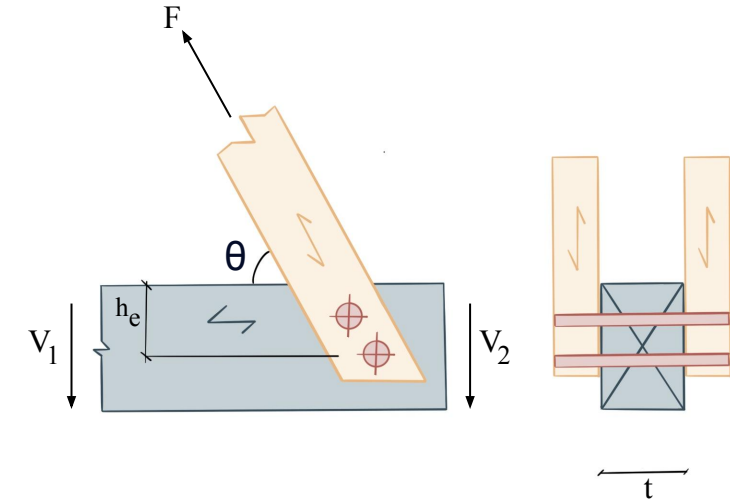
Her bir bağlantı elemanına etki edecek tasarım kuvvetinin, bu bölümde verilen tasarım kuralları doğrultusunda, bağlantı elemanı kapasite değerini aşmaması gerekmektedir.

Birleşimi oluşturan ahşap elemanlarının herhangi birine etkiyen kuvvetin etkin hattı, birleşimdeki bir grup bağlantı elemanının ağırlık merkezinden geçmiyor ise dışmerkezlik etkisi dikkate alınacak ve oluşacak dışmerkezlik momentlerinden kaynaklanan gerilmeler ve dönmeler hesaba katılacaktır.

Birleşime etkiyen kuvvet veya kuvvetler, birden fazla bağlantı eleman tipi tarafından karşılanıyorsa, göreceli rijitlikler dikkate alınmalıdır. Örneğin bir birleşimde çivi ve bulon birlikte kullanılırsa, bu iki bağlantı elemanının rijitlik farkından dolayı farklı davranış göstereceği göz önüne alınmalıdır.

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları



$$V \leq \frac{2}{3} \tau_d h_e t$$

(4.240)

V

ahşap elemanı başına en büyük kesme kuvveti ($V_1 + V_2 = F \sin \theta$)

h_e

yüklenen kenardan en uzak bağlantı elemanına olan mesafe

τ_d

izin verilen kayma gerilmesi

t

ahşap elemanın kalınlığı

Şekil 4.78 Birleşimdeki Eğik Kesme Etkisi

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Etkin net enkesit alanı

Birleşimi oluşturan ahşap elemanlarda delikler, çentikler, oyuklar oluşturulduğu için ilgili ahşap elemanların yük taşıma kapasiteleri, alan kaybından dolayı azalmaktadır. Bu sebeple, birleşimdeki ahşap elemanların dayanımı hesaplanırken, kesit alanı kayıpları göz önünde bulundurularak etkin net enkesit alanı kullanılmalıdır. Böyle durumlarda etkin net enkesit alanı, ilgili ahşap elemanın brüt enkesit alanından, aynı enkesitteki bağlantı elemanları için açılan boşluk alanları (veya kullanılan mil tipi bağlantı elemanları, birbirine mil çapının 4 katından daha yakın ise bu bölgedeki tüm boşluk alanları) çıkartılarak belirlenmelidir. Ayrıca aşağıdaki unsurlara dikkat edilmelidir:

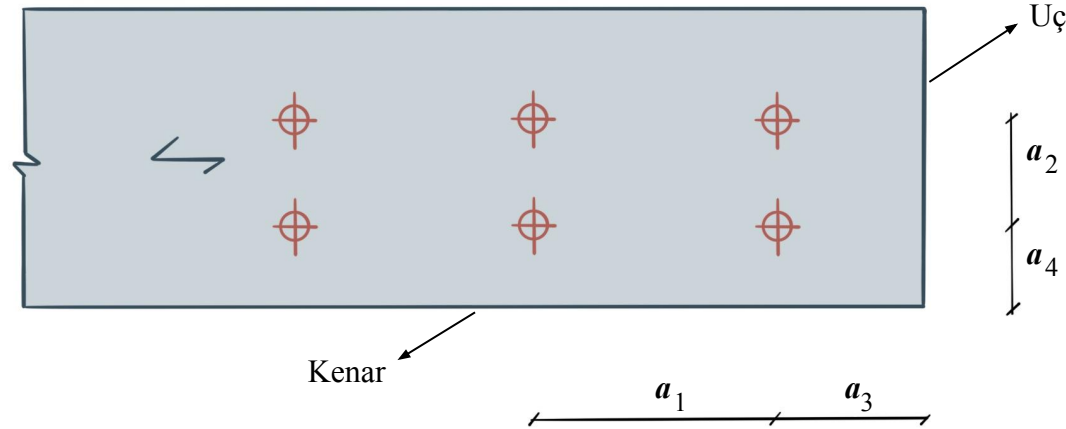
- i) Çivili ve vidalı birleşimler: Çapı 5 mm'den küçük olan ve önceden delik açılmadan uygulanan çiviler ve vidalar için etkin net enkesit alanı, brüt enkesit alanı olarak kullanılabilir. Diğer durumlar için boşluk alanlarının çıkarıldığı etkin net enkesit alanı kullanılmalıdır. Etkin net enkesit alanı, brüt alanın 0.8 katından büyük olamaz.
- ii) Bulonlu ve çubuk kamalı birleşimler: Her zaman boşluk alanlarının çıkarıldığı etkin net enkesit alanı kullanılmalıdır.

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Bağlantı elemanlarının yerleşim aralıkları ile ilgili kurallar

Ahşap elemanın yarılmaması için birleşimdeki bağlantı elemanlarının uygun aralıklarla yerleştirilmesi, ayrıca bu bölümde verilen aralık sınırlarının önemle uygulanması gerekmektedir. **Şekil 4.79’da** dikkate alınması ve uygulanması gereken aralıklar gösterilmektedir. Mil tipi bağlantı elemanı ile kenar ve uca olan mesafeleri a_3 ve a_4 ‘ü tanımlanırken, ilgili uç/kenar için yüklü veya yüksüz tanımlaması yapılmaktadır. Birleşimde, ahşap eleman üzerindeki bağlantı elemanına etkiyen kuvvet, ilgili uca/kenara doğru ise yüklü uç/kenar, ters tarafa doğru ise yüksüz uç/kenar olarak adlandırılır.



Şekil 4.79 Mil Tipi Bağlantı Elemanlarının Aralıklarının Ölçeksiz Gösterimi

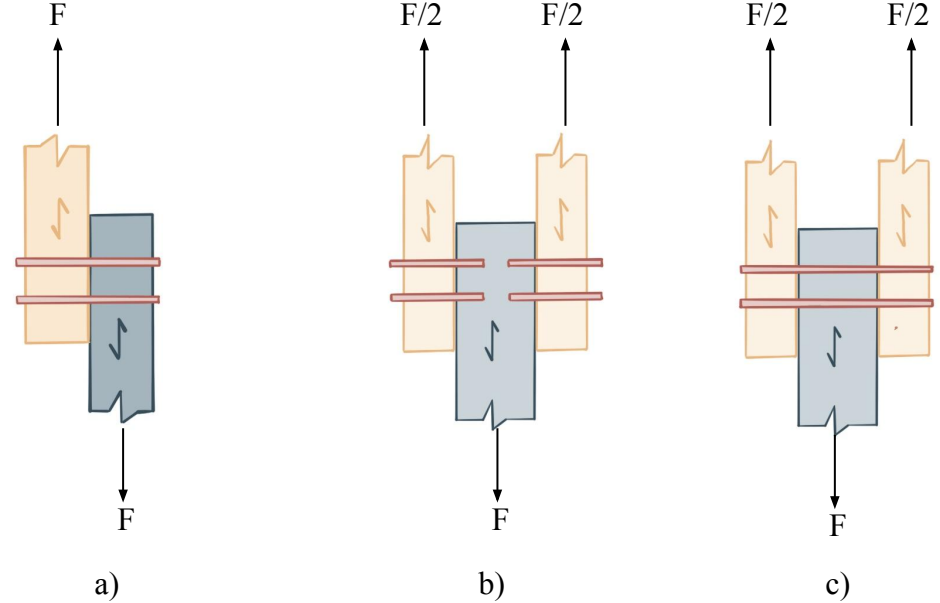
BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Mil tipi bağlantı elemanları üzerinde çoklu kesme etkisi

Metal mil tipi bağlantı elemanları en az iki ahşap elemanı birleştirmek ve genellikle yatay (mil eksenine dik) kesme kuvvetlerini karşılamak üzere tasarlanırlar. Ancak bazı durumlarda bağlantı elemanına aksenal kuvvet etkisi gelecek şekilde zorlamalara veya hem yatay kesme kuvvetine hem de aksenal kuvvete maruz kalabilirler.

Mil tipi bağlantı elemanları, türleri, boyutları ve birleşimdeki ahşap elemanların konfigürasyonuna göre tek düzlemde kesme (tek etkili), çift düzlemde kesme (çift etkili) veya çoklu kesme etkisine maruz kalabilmektedirler. Örneğin, Şekil 4.80 a ve b şekilleri tek etkili kesme (her bir bağlantı elemanı başına bir kesme düzlemi), Şekil 4.80 c ise çift etkili kesme (her bir bağlantı elemanı başına iki kesme düzlemi) etkisindedirler.



Şekil 4.80 Tek Etkili Kesme (a ve b) çift etkili kesme (c)

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Birden çok bağlantı elemanı ve türü kullanılan birleşimler

$$F_{v,ef,Rk} = n_{ef} F_{v,Rk} \quad (4.241)$$

Birleşimde liflere paralel doğrultuda r adet sıra varsa, birleşimde kayma düzlemi başına karakteristik yük taşıma kapasitesi **Denk. (4.242)** kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$F_{v,ef,Rk} = r \cdot n_{ef} F_{v,Rk} \quad (4.242)$$

r birleşimdeki bağlantı elemanlarının sıra sayısı

$F_{v,ef,Rk}$ liflere paralel olan bir bağlantı elemanı sırasının etkin karakteristik yük taşıma kapasitesi

n_{ef} liflere paralel doğrultuda, bir sıradaki etkin bağlantı elemanı sayısı

$F_{v,Rk}$ liflere paralel doğrultuda her bir bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Birden çok bağlantı elemanı ve türü kullanılan birleşimler

Tasarım yük taşıma kapasitesi, düzeltme katsayısına ve kısmi güvenlik katsayısına bağlı olarak **Denk.(4.243)**'ten hesaplanır.

$$F_{v,Rd} = \frac{C_N C_Y}{\Omega} F_{v,ef,Rk}$$

Denk.(4.243)

C_N, C_Y nem durumu ve yük etki süresi düzeltme katsayıları (C_N : **Tablo 1.4**), (C_Y : **Tablo 1.5**)

Ω malzeme kısmi güvenlik katsayısı (**Tablo 1.3**)

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Birden çok bağlantı elemanı ve türü kullanılan birleşimler

Tablo 4.17 Aynı sıradaki çoklu bağlantı elemanlarının etkinlik değeri

Bağlantı eleman türü	n_{ef} değeri
Çivi ⁽¹⁾	$n^{k_{ef}}$
Zimba	n
Bulon ⁽²⁾	$\min\left(n; n^{0.9 \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}}}\right)$
Çubuk kama ⁽²⁾	$\min\left(n; n^{0.9 \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}}}\right)$
Vida	$n^{0.9}$
Delikli metal plaka	-
Kesilmiş halka ve kayma levhası	$2 + \left(1 - \frac{n}{20}\right)(n - 2)$
Dışli plaka	-
⁽¹⁾ Bölüm 4.11.1, Tablo 4.21’de verilmektedir. (k_{ef}) ⁽²⁾ a_1: lifler doğrultusunda bulonlar veya çubuk kamalar arasındaki mesafe ⁽³⁾ d: bulon veya çubuk kama çapı n: liflere paralel doğrultudaki bir sıra için birleşim elemanı sayısı	

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Mil tipi bağlantı elemanlarının eksene dik yük taşıma kapasitesi

Mil tipi birleşimlerin yük taşıma kapasitesini ve davranışını en çok etkileyen üç parametre aşağıdaki gibi sıralanır. Bu temel değerler hesaplanıp, bunların farklı ve eşzamanlı gerçekleşme durumlarından türetilmiş denklemler kullanılarak, birleşim kapasitesi belirlenir. (**Tablo 4.20**)

- i) Ahşap veya ahşap esaslı malzeme üzerinde gömülme yatağının ezilme dayanımı
- ii) Milin yerinden çıkma, çekilme dayanımı
- iii) Milin eğilme dayanımı veya akma momenti

Bunların dışında, bağlantı elemanı ve bağlanan malzemeler arasındaki sürtünme etkisi (milin akması durumunda ahşap elemanların doğrudan temasına ilişkin sürtünmede artış) ve milin aktığı durumlarda geçerlilik kazanan ip etkisi de kapasiteyi ve davranışı etkileyen diğer unsurlardır. Bu parametreler de farklı eşzamanlı gerçekleşme durumlarına göre birleşim hesap kapasitesi denklemlerinde yer almaktadırlar.

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Mil gömülme yatağının ezilme dayanımı

Ezilme dayanımı, mil tipi bağlantı elemanının ve bağlantıdaki ahşap malzemenin özelliklerine bağlıdır. Ahşap malzeme türü (yumuşak veya sert ahşap) ezilme dayanımı etkiler, sert ahşapta yoğunluk daha fazla, boşluk oranı daha az olduğu için ezilme dayanımı daha yüksektir.

Yoğunlukla, ρ (kg/m^3), ezilme dayanımı arasında, yaklaşık olarak doğrusal bir ilişki vardır.

Tablo 4.18 Örnek olmak üzere çivilerin karakteristik ezilme dayanımı (panel-ahşap)

Ahşap esaslı malzeme	Çivi için sınırlandırmalar	Karakteristik ezilme dayanımı, $f_{h,0,k}$ (MPa)
Lamine Levha Ahşap (LVL) ve ahşap	Çapı, $d \leq 8\text{mm}$ çiviler için	Önceden açılmış delikler yoksa: $0.082\rho_k d^{-0.3}$ Önceden açılmış delikler varsa: $0.082 (1-0.01d) \rho_k$
Kontrplak	Çivi başı çapı $\geq 2d$ olan çiviler için	$0.11 \rho_k d^{-0.3}$
TS 64-2 EN 622-2'ye göre sert lifli levha (hardboard)		$30 d^{-0.3} t^{0.6}$
Yonga levha ve OSB		$65 d^{-0.7} t^{0.1}$
ρ_k : karakteristik yoğunluk (kg/m ³) d : çivi çapı (mm) t : panel kalınlığı (mm)		

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Milin yerinden çıkma, çekilme dayanımı

Düz gövdeli çiviler için (çivi uç tarafı gömülme derinliği en az $12d$) gömülme kapasitesi:

$$F_{ax,Rk} = \min(f_{ax,k} d t_{pen} ; f_{başlık,k} d_h^2) \quad (4.244)$$

$f_{ax,k}$ sivri ucun karakteristik çekilme dayanımı

$f_{başlık,k}$ çivi başının çekme etkisinde karakteristik gömülme dayanımı

d çivi gövde çapı

t_{pen} sivri ucun gömülme derinliği veya varsa uç taraftaki dişli kısmın uzunluğu

d_h çivi başının çapı

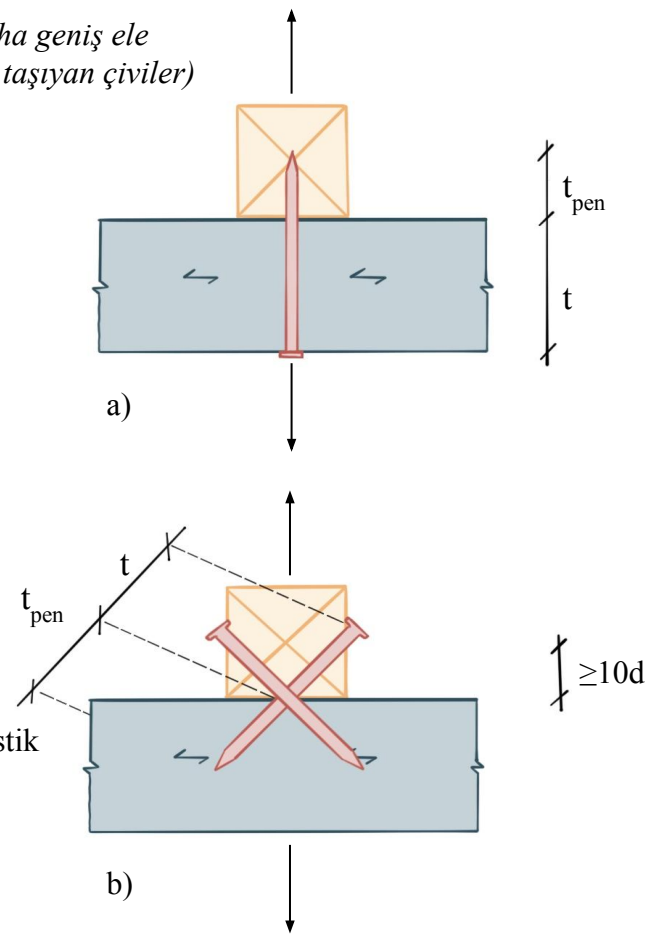
Göz önüne alınan çivi türü için uç tarafa ait karakteristik çekilme ve baş tarafa ait karakteristik gömülme dayanımları, **Denk.(4.245)** ve **Denk.(4.246)** ile belirlenmektedir.

$$f_{ax,k} = 20 \times 10^{-6} \rho_k^2 \quad (4.245)$$

$$f_{başlık,k} = 70 \times 10^{-6} \rho_k^2 \quad (4.246)$$

ρ_k ahşap elemanının karakteristik yoğunluğu, (kg/m^3)

> Bu bölüm 4.11.1'de daha geniş ele alınacaktır. (Eksenel yük taşıyan çiviler)



Şekil 4.87 Eksenel Yük Taşıyan Çiviler a) Liflere dik Doğrultuda Çivi Uygulaması b) Eğik Çivi Uygulaması

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

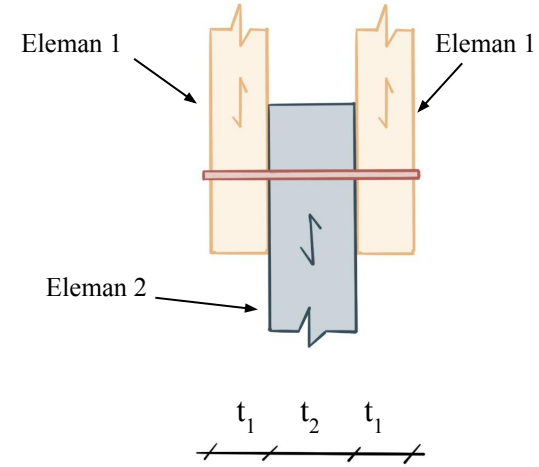
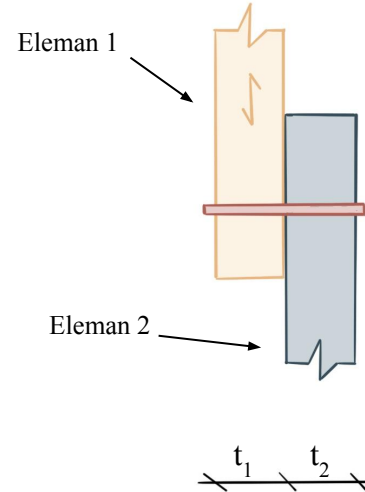
Ahşap-ahşap ve panel-ahşap birleşimlerde göçme modları için bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi, $F_{v,Rk}$

Tek etkili kesme durumundaki birleşim (2 ahşap elemandan oluşan birleşim) için

- i) Eleman 1: daha ince veya yumuşak ahşap eleman
- ii) Eleman 2: daha kalın veya sert ahşap eleman

Çift etkili kesme durumundaki birleşimi (3 ahşap elemandan oluşan birleşim) için

- i) Eleman 1: yan elemanlar (daha ince veya yumuşak elemanlar)
- ii) Eleman 2: orta eleman (daha kalın veya sert eleman)



Şekil 4.81 Eleman Notasyonları

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Ahşap-ahşap ve panel-ahşap birleşimlerde göçme modları için bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi, $F_{v,Rk}$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} \quad (4.247)$$

Tablo 4.20 a ve Tablo 4.20 b'deki göçme modlarını temsil eden bazı denklemler iki ifadeden oluşmaktadır. Denklemin birinci kısmı **Johansen akma teorisine göre türetilmiştir**. İkinci kısmı ise “**ip etkisi**”nden kaynaklanmaktadır. İp etkisi genellikle bağlantı elemanının eğilme etkisinde aktığı modlarda ortaya çıkmaktadır. **Denk.(4.24)**'de he riki ifadeyi içeren bir örnek verilmektedir.

$$F_{v,Rk} = 1.05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} t_1^2 d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (4.248)$$

(Johansen akma teorisinden gelen kısım)

(ip etkisi)

Denk.(4.248)'de ip etkisi ifadesinden elde edilen değer, Johansen ifadesinden elde edilen değer **Tablo 4.19**'da verilen oranlarına göre sınırlı tutulmalı ve bu oranın üzerinde olmayacak şekilde göz önüne alınarak hesaba katılmalıdır. Eğer $F_{ax,Rk}$ bilinmiyor ise, ip etkisi terimi sıfır olarak kabul edilmelidir.

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Ahşap-ahşap ve panel-ahşap birleşimlerde göçme modları için bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi, $F_{v,Rk}$

Tablo 4.19 Bağlantı elemanı türüne göre ip etkisi sınır oranları

Bağlantı Elemanı Türü	İp Etkisi Sınır Oranı (%)
Düz Çiviler	15
Kare ve Yivli Çiviler	25
Diğer Çiviler	50
Vidalar	100
Bulonlar	25
Çubuk Kamalar	0

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Çelik-ahşap birleşimlerde göçme modları için bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi, $F_{v,Rk}$

Çelik plaka-ahşap birleşimlerin karakteristik yük taşıma kapasitesi, çelik plakanın kalınlığına bağlıdır. Buna göre çelik plakalar aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

- İnce plakalar: $t \leq 0.5 d$
- Kalın plakalar: $t \geq d$
 - ve delik çapının toleransı $< 0.1 d$

t çelik plakanın kalınlığı, d ise bağlantı elemanının çapıdır.

Yukarıda verilen ince ve kalın plaka tanımları arasında kalan plaka kalınlıklarında, bu plakaları içeren birleşimlerin karakteristik yük taşıma kapasitelerinin hesaplanmasında, verilen değerler arasında doğrusal enterpolasyon yapılmalıdır.

Çelik plakaların dayanımı ÇYTHE'ye göre kontrol edilmelidir.

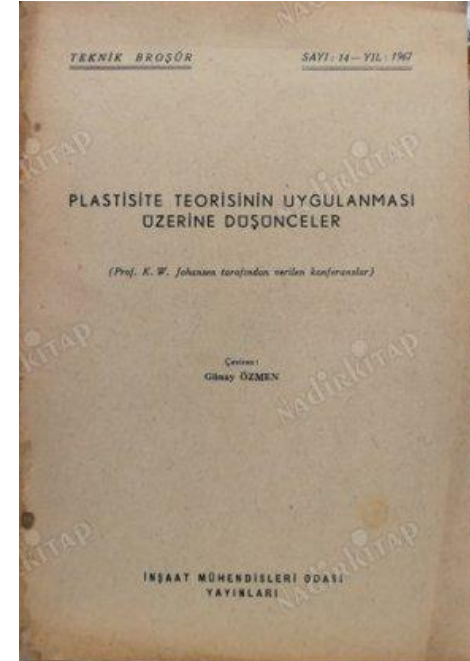
BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Çelik-ahşap birleşimlerde göçme modları için bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi, $F_{v,Rk}$

Çivi, vida, bulon ve çubuk kamaların çelik-ahşap birleşimlerindeki karakteristik yük taşıma kapasitesi **Tablo 4.20 c'**de ve **Tablo 4.20 d'**de verilen denklemlerden hesaplanan değerlerin en küçük olanı olarak alınmalıdır. **Tablo 4.20 c'**de ve **Tablo 4.20 d'**de yer alan denklemlerdeki parametreler aşağıda tanımlanmaktadır.

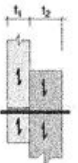
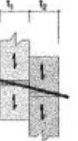
- $F_{v,Rk}$ birim kesme düzleminde bağlantı elemanı başına karakteristik yük taşıma kapasitesi
- $f_{h,k}$ ahşap elemanın karakteristik ezilme dayanımı
- t_1 dış ahşap elemanın kalınlığı (küçük olanı) veya gömülme derinliği
- t_2 orta ahşap elemanın kalınlığı
- d bağlantı elemanının çapı
- $M_{y,Rk}$ bağlantı elemanının karakteristik akma momenti
- $F_{ax,Rk}$ bağlantı elemanın karakteristik çekilme kapasitesi

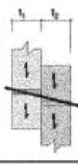
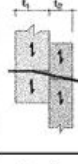
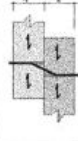


BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Tablo 4.20.a Tek etkili göçme modları için bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi, $F_{v,Rk}$, denklemleri (Ahşap-ahşap ve panel-ahşap birleşimler)

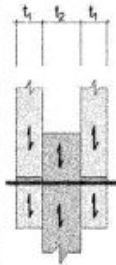
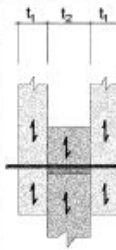
Göçme modu	Bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi, $F_{v,Rk}$
 (a)	$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} t_1 d$
 (b)	$F_{v,Rk} = f_{h,2,k} t_2 d$
 (c)	$F_{v,Rk} = \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1+\beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$

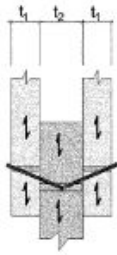
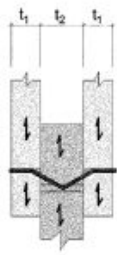
 (c)	$F_{v,Rk} = \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1+\beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$
 (d)	$F_{v,Rk} = 1.05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} t_1^2 d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$
 (e)	$F_{v,Rk} = 1.05 \frac{f_{h,1,k} t_2 d}{1+2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1+\beta) + \frac{4\beta(1+2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} t_2^2 d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$
 (f)	$F_{v,Rk} = 1.15 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \left[\sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Tablo 4.20.b Çift etkili göçme modları için bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi, $F_{v,Rk}$, denklemleri (Ahşap-ahşap ve panel-ahşap birleşimler)

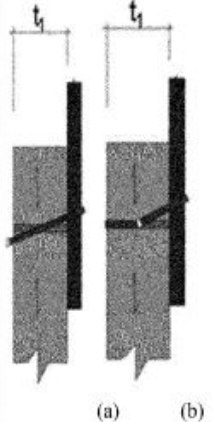
Göçme modu	Bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi, $F_{v,Rk}$
 (g)	$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} t_1 d$
 (h)	$F_{v,Rk} = 0.5 f_{h,2,k} t_2 d$

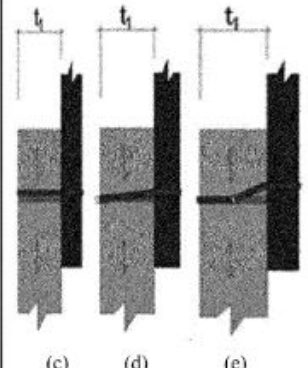
 (i)	$F_{v,Rk} = 1.05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} t_1^2 d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$
 (j)	$F_{v,Rk} = 1.15 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \left[\sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Tablo 4.20.c Tek etkili göçme modları için bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi, $F_{v,Rk}$, denklemleri (çelik-ağşap birleşimler)

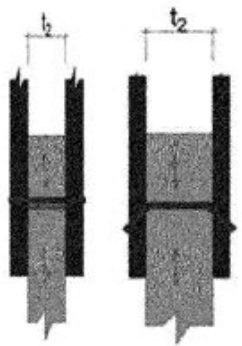
Göçme modu	Bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi, $F_{v,Rk}$
Tek etkili kesmede ince çelik plaka:  (a) (b)	Aşağıdaki iki değerin en küçük olanı $F_{v,Rk}$ olarak alınacaktır: $F_{v,Rk} = 0.4 f_{h,k} t_1 d$ (a) $F_{v,Rk} = 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$ (b)

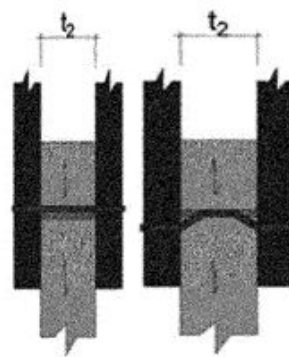
Tek etkili kesmede kalın çelik plaka:  (c) (d) (e)	Aşağıdaki üç değerin en küçük olanı $F_{v,Rk}$ olarak alınacaktır: $F_{v,Rk} = f_{h,k} t_1 d$ (c) $F_{v,Rk} = f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$ (d) $F_{v,Rk} = 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$ (e)
---	---

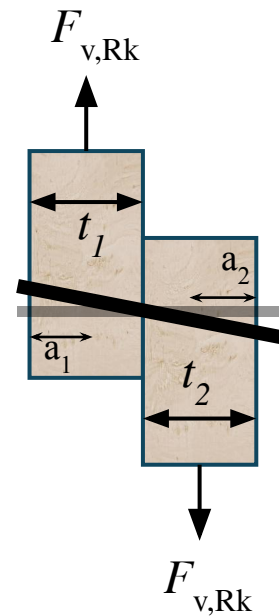
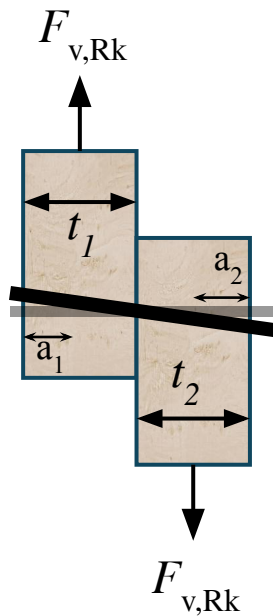
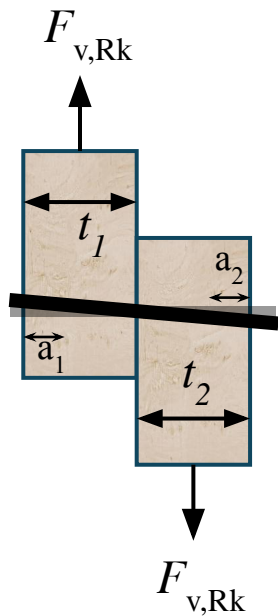
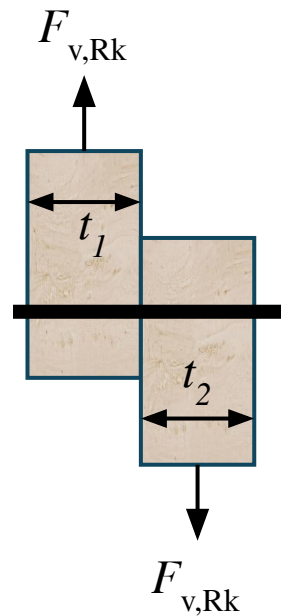
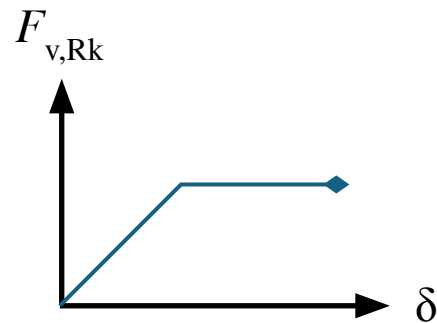
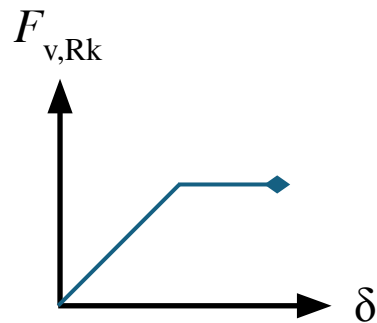
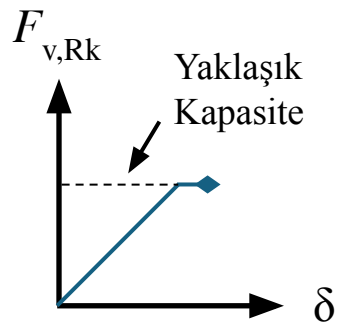
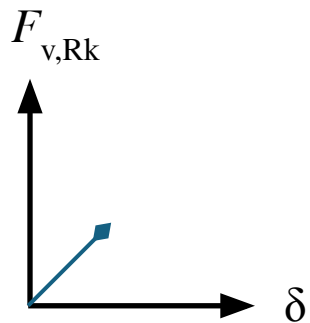
BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Tablo 4.20.d Çift etkili göçme modları için bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi, $F_{v,Rk}$, denklemleri (çelik-ağşap birleşimler)

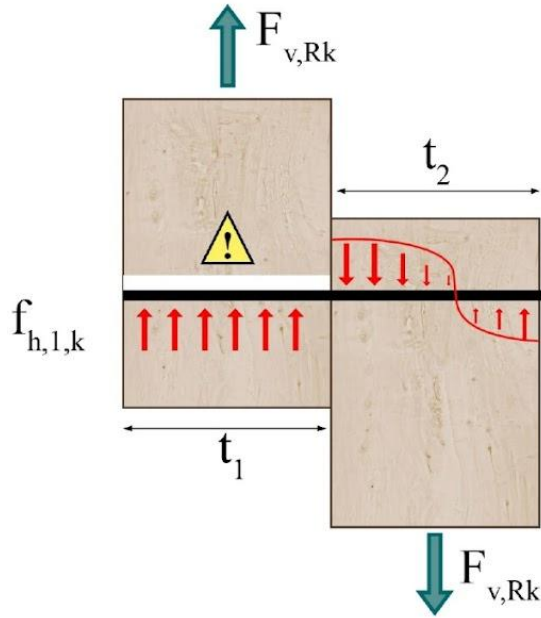
Göçme modu	Bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi, $F_{v,Rk}$
Çift etkili kesmede dış elemanların ince çelik plaka olması:  (j) (k)	Aşağıdaki iki değerin en küçük olanı $F_{v,Rk}$ olarak alınacaktır: $F_{v,Rk} = 0.5 f_{h,2,k} t_2 d$ (j) $F_{v,Rk} = 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$ (k)

Çift etkili kesmede dış elemanların kalın çelik plaka olması:  (l) (m)	Aşağıdaki iki değerin en küçük olanı $F_{v,Rk}$ olarak alınacaktır: $F_{v,Rk} = 0.5 f_{h,2,k} t_2 d$ (l) $F_{v,Rk} = 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$ (m)
---	---

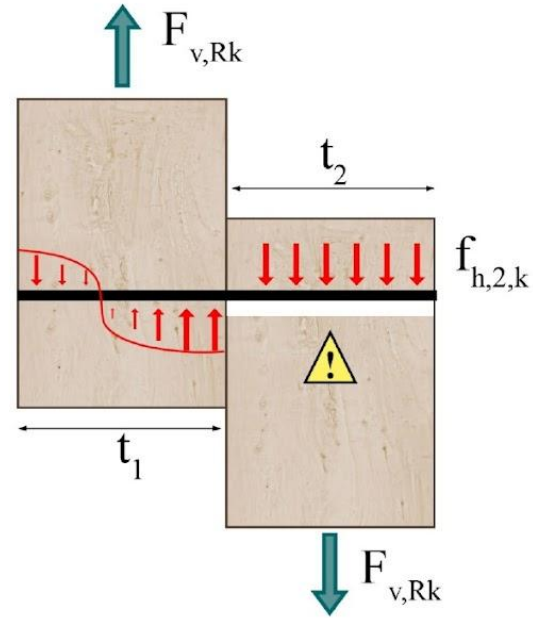


Göçme modu 1: Bağlantı elemanı düz kalır ve Eleman 1 veya Eleman 2’de $f_{h,k}$ aşılır.

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$$



$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} t_1 d$$

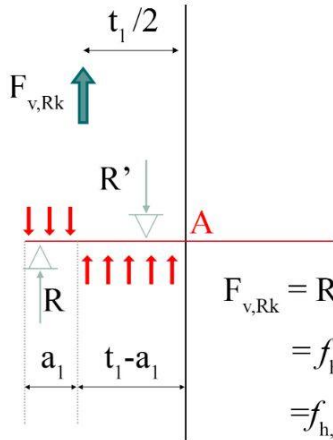


$$F_{v,Rk} = f_{h,2,k} t_2 d = \beta f_{h,1,k} t_2 d$$

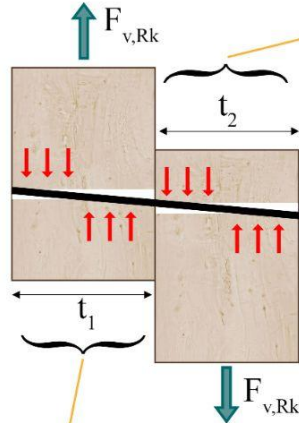
Göçme modu 2: Bağlantı elemanı düz kalır ve döner, Eleman 1 ve Eleman 2'de $f_{h,k}$ aşılır.

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$$

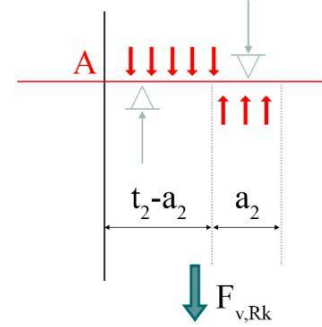
1. Sol tarafta düşey denge:



$$\begin{aligned} F_{v,Rk} &= R' - R \\ &= f_{h,1,k} d (t_1 - a_1) - f_{h,1,k} d a_1 \\ &= f_{h,1,k} d (t_1 - 2a_1) \end{aligned} \quad [1]$$



2. Sağ tarafta düşey denge:



$$F_{v,Rk} = f_{h,2,k} d (t_2 - 2a_2) = \beta f_{h,1,k} d (t_2 - 2a_2) \quad [2]$$

3. Çubuğun A etrafında moment dengesi:

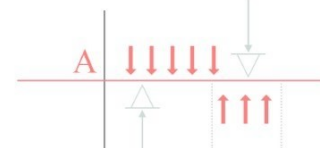
$$\begin{aligned} & (a_1 f_{h,1,k} d) (t_1 - 0,5a_1) - 0,5(t_1 - a_1)^2 (f_{h,1,k} d) \\ &= 0,5(t_2 - a_2)^2 (\beta f_{h,1,k} d) - (a_2 \beta f_{h,1,k} d) (t_2 - 0,5a_2) \end{aligned}$$

$$2a_1 t_1 - a_1^2 - 0,5t_1^2 = \beta (0,5t_2^2 - 2a_2 t_2 + a_2^2) \quad [3]$$

Göçme modu 2: Bağlantı elemanı düz kalır ve döner, Eleman 1 ve Eleman 2'de $f_{h,k}$ aşılır.

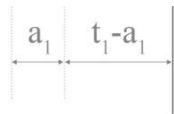
$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f}$$

2. Sağ tarafta



a_1 , a_2 ve $F_{v,Rk}$ olmak üzere 3 bilinmeyenli 3 denkleminiz var.
Denklem [1] ve [2], denklem [3]'te a_1 ve a_2 'yi elimine etmemizi sağlar, bu da çözümü $F_{v,Rk}$ olan 2. dereceden bir denklem haline gelir:

$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} dt_1 \frac{1}{1+\beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right)} + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right]$$



$$\begin{aligned} &= f_{h,1,k} d(t_1 - a_1) - f_{h,1,k} d a_1 \\ &= f_{h,1,k} d(t_1 - 2a_1) \end{aligned} \quad [1]$$

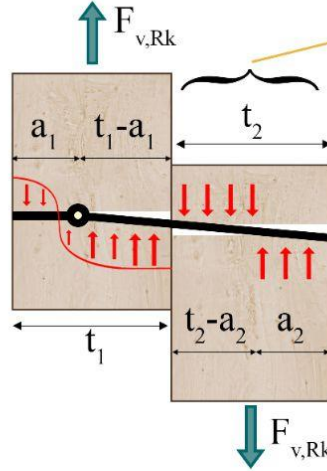
$$2a_1 t_1 - a_1^2 - 0,5 t_1^2 = \beta (0,5 t_2^2 - 2a_2 t_2 + a_2^2) \quad [3]$$

Göçme modu 3: Gövdede, Eleman 1 veya Eleman 2’de görülen bir plastik mafsal.

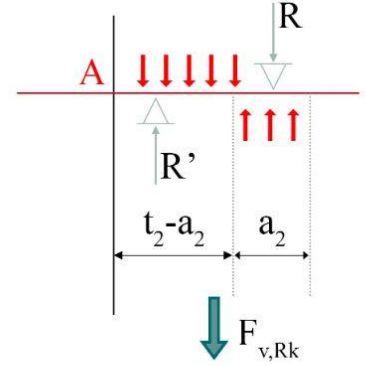
2.

- a_1 ’de kuvvetler dengeleniyor
- Ahşap 1’in dengesi:

$$F_{v,Rk} = 0 + f_{h,1,k} d (t_1 - a_1) \quad [2]$$



1. Destek olarak
çubuğun sağ tarafı
ile ahşap 2’nin
dikey dengesi:



$$\begin{aligned} F_{v,Rk} &= R' - R \\ &= (\beta f_{h,1,k}) d (t_2 - a_2) - (\beta f_{h,1,k}) d a_2 \\ &= \beta f_{h,1,k} d (t_2 - 2a_2) \quad [1] \end{aligned}$$

3. Çubuk üzerindeki momentlerin dengesi (plastik mafsalin sağında bulunan parça)

$$M_{y,Rk} = 0.5 (t_1 - a_1)^2 (f_{h,1,k} d) + a_2 (\beta f_{h,1,k}) (t_2 + t_1 - a_1 - 0.5a_2) - (t_2 - a_2) (\beta f_{h,1,k}) [(t_1 - a_1) + 0.5 (t_2 - a_2)] \quad [3]$$

Göçme modu 3: Gövdede, Eleman 1 veya Eleman 2’de görülen bir plastik mafsıl.

2.

- a_1 ’de kuv
 - Ahşap 1’i
- $F_{v,Rk} = 0 +$

a_1 , a_2 ve $F_{v,Rk}$ olmak üzere 3 bilinmeyenli 3 denkleminiz var.

Denklem [1] ve [2], denklem [3]’te a_1 ve a_2 ’yi elimine etmemizi sağlar, bu da çözümü $F_{v,Rk}$ olan 2. dereceden bir denklem haline gelir:

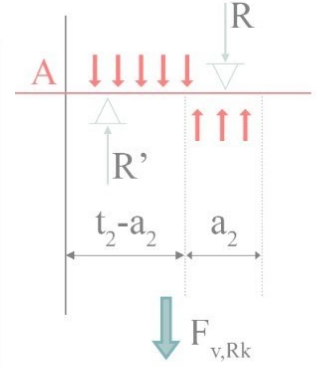
$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} dt_2 \frac{1}{1+2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1+\beta) + \frac{4\beta(1+2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} dt_2^2}} - \beta \right]$$

Ahşap bölge 2’deki plastik mafsıl dikkate alınarak benzer bir mantık yürütülürse, :

$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} dt_1 \frac{1}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} dt_1^2}} - \beta \right]$$

3. Çubuk üzerindeki momentlerin dengesi (plastik mafsılın sağında bulunan parça)

$$M_{y,Rk} = 0.5 (t_1 - a_1)^2 (f_{h,1,k} d) + a_2 (\beta f_{h,1,k}) (t_2 + t_1 - a_1 - 0.5a_2) - (t_2 - a_2) (\beta f_{h,1,k}) [(t_1 - a_1) + 0.5 (t_2 - a_2)]$$



$f_{h,1,k}) d a_2$

[1]

[3]

Göçme modu 4: Gövdede, her biri Eleman 1 ve Eleman 2’de görülen iki plastik mafsalsal.

1.

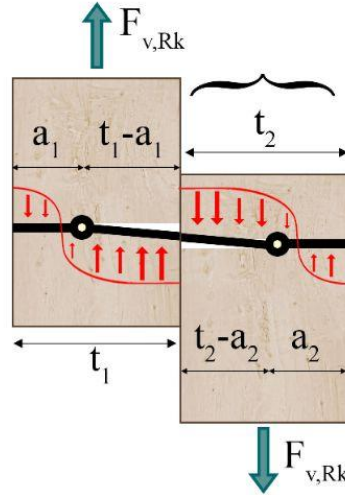
- a_1 ’de kuvvetler dengeleniyor
- Ahşap 1’in dengesi:

$$F_{v,Rk} = 0 + f_{h,l,k}) d (t_1 - a_1) \quad [2]$$

2.

- a_2 ’de kuvvetler dengeleniyor
- Ahşap 2’nin dengesi:

$$F_{v,Rk} = 0 + \beta f_{h,l,k}) d (t_2 - a_2) \quad [2]$$



3. Mafsallar arasında bulunan çubuk parçasının mafsal 2'ye göre dönme dengesi:

$$M_{y,Rk} + M_{y,Rk} - (t_1 - a_1) (f_{h,l,k}) d (t_2 - a_2 + (t_1 - a_1)/2) + 0.5(t_2 - a_2)^2 (\beta f_{h,l,k}) = 0$$

[3]

Göçme modu 4: Gövdede, her biri Eleman 1 ve Eleman 2'de görülen iki plastik mafsals.

1.

- a_1 'de kuvvetler dengeleniyor
- Ahşap 1'in

$$F_{v,Rk} = 0 + j$$

2.

- a_2 'de kuvvetler dengeleniyor
- Ahşap 2'nin dengesi:

a_1 , a_2 ve $F_{v,Rk}$ olmak üzere 3 bilinmeyenli 3 denkleminiz var.

Denklem [1] ve [2], denklem [3]'te a_1 ve a_2 'yi elimine etmemizi sağlar, bu da çözümü $F_{v,Rk}$ olan 2. dereceden bir denklem haline gelir:

$$F_{v,Rk} = 2 \sqrt{\frac{\beta M_{y,Rk} f_{h,1,k} d}{1 + \beta}}$$



3. Mafsallar arasında bulunan çubuk parçasının mafsal 2'ye göre dönme dengesi:

$$M_{y,Rk} + M_{y,Rk} - (t_1 - a_1) (f_{h,1,k} d)(t_2 - a_2 + (t_1 - a_1)/2) + 0.5(t_2 - a_2)^2 (\beta f_{h,1,k}) = 0$$

[3]

Sonuç olarak, tek tesirli bir birleşimindeki göçme kriterleri aşağıdaki gibidir ($f_{h,1,k}$, β , d , t_1 , t_2 ve $M_{y,Rk}$ normal olarak bilinmektedir):

$$f_{h,1,k} t_1 d$$

$$\beta f_{h,1,k} t_2 d$$

$$f_{h,1,k} d t_1 \frac{1}{1+\beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right) + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right]$$

$$f_{h,1,k} d t_2 \frac{1}{1+2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1+2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_2'^2}} - \beta \right]$$

$$f_{h,1,k} d t_1 \frac{1}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1'^2}} - \beta \right]$$

$$2 \sqrt{\frac{\beta M_{y,Rk} f_{h,1,k} d}{1+\beta}}$$

$F_{v.Rk} = \text{MINIMUM}$

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları



Wood-to-Wood Connection - The Rope Effect

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Liflerin doğrultusuna göre açılı olarak yüklenen birleşimler

Bir birleşimdeki ahşap elemanlara, lifleri doğrultusuna göre belirli bir açıyla yük uygulanıyorsa, liflere dik doğrultudaki yük birleşeni ahşap elemanın yarılmasına sebep olabilmektedir. Bu durumda, ahşap elemanın yarıma dayanımı incelenmeli ve kontrol edilmelidir.

Yumuşak ağaçların karakteristik yarıma kapasitesi **Denk.(4.249)**'dan hesaplanmalıdır.

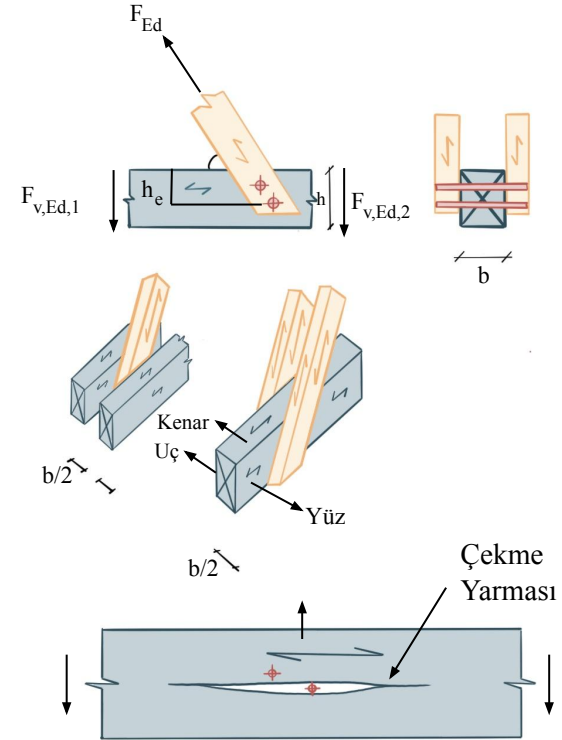
$$F_{90,Rk} = 14bw \sqrt{\frac{h_e}{1 - \frac{h_e}{h}}} \quad (4.249)$$

w düzeltme katsayısı (delikli metal plaka bağlantı elemanları hariç $w = 1$ olarak alınabilir)

Tasarım yarıma kapasitesi ise **Denk.(4.250)**'den belirlenmelidir.

$$F_{90,Rd} = \frac{C_N C_Y}{\Omega} F_{90,Rk} \quad (4.250)$$

Her durumda tasarım yarıma kapasitesi, $F_{90,Rd}$, liflere dik doğrultudaki kesme kuvvetlerin, $F_{v,Ed,1}$, $F_{v,Ed,2}$, en büyük olanından daha fazla olmalıdır. ($\max [F_{v,Ed,1}, F_{v,Ed,2}] \leq F_{90,Rd}$)



Şekil 4.82 Lif doğrultusuna belirli bir açıyla etkiyen yükleme durumu ve bağlantı elemanında yarıma etkisi

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11. Birleşimlerin Tasarım Esasları

Değişen birleşim kuvvetleri

Orta veya uzun dönemli etkilerin neden olduğu değişen/tekrarlayan çekme ve basınç kuvvetlerinin olduğu birleşimlerde, dayanım değerleri azaltılmalıdır. Bu gibi durumlarda, elemanın tasarım kuvvetleri, tasarım çekme kuvveti, $F_{t,Ed}$ ve tasarım basınç kuvveti, $F_{c,Ed}$ arasında değişecektir. Buna göre birleşim dayanımı, **Denk.(4.251 a)** ve **Denk.(4.251 b)**'deki tasarım kuvvetleri ile karşılaştırılmalıdır:

$$F_{t,d} = (F_{t,Ed} + 0.5|F_{c,Ed}|) \text{ çekme etkisindeki tasarım kuvveti} \quad (4.251.a)$$

$$F_{c,d} = (F_{c,Ed} + 0.5|F_{t,Ed}|) \text{ basınç etkisindeki tasarım kuvveti} \quad (4.251.b)$$

$F_{t,d}$ değişken kuvvetli birleşim için tasarım çekme kuvveti

$F_{c,d}$ değişken kuvvetli birleşim için tasarım basınç kuvveti

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.1. ÇİVİLİ BİRLEŞİMLER



BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

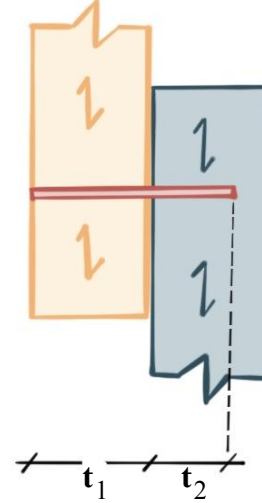
4.11.1. Çivili Birleşimler

4.11.1.1. Eksene dik olarak yüklenen çiviler

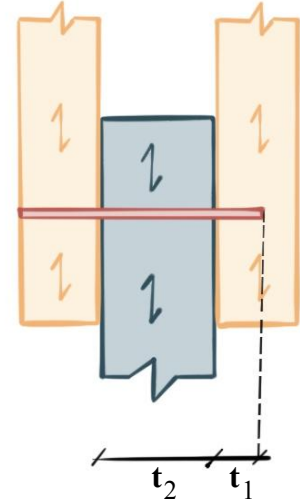
Eleman notasyonları

Bir birleşimde bağlantı elemanı, 2 veya daha fazla elemanı birleştirebilir. Bağlantı elemanının beklenen performansını göstermesi için uygun gömülme derinliğini sağlamak, birleşimin güvenliği için son derece önemlidir.

- Tek etkili kesme durumu çiviler için çivi başının gömülme derinliği t_1 , çivi sivri ucunun gömülme derinliği ise t_2 olarak gösterilecektir. (Şekil 4.83 a).
- Çift etkili kesme durumu: çiviler için çivi başının gömülme derinliği ve çivi sivri ucunun gömülme derinliği değerlerinden küçük olanı t_1 , orta elemanın kalınlığı ise t_2 'dir (Şekil 4.83 b).



a) Tek etkili kesme



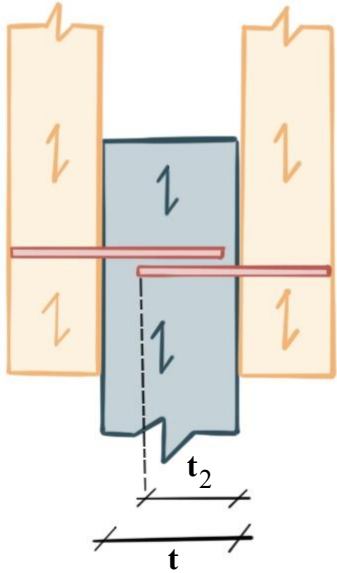
b) Çift etkili kesme

Şekil 4.83 Çivili Birleşimde Kesme Etkisi Durumuna Göre Gömülme Derinliği

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.1. Çivili Birleşimler

4.11.1.1. Eksene dik olarak yüklenen çiviler



Şekil 4.84 Bindirmeli çiviler

Aşağıda verilen koşullarda, çiviler için delikler önceden açılmalıdır (yumuşak ve sert ahşapta sırasıyla delik çapı, çivi çapının % 70-80'i ve %80-90'ı aralıklarında olacaktır, paneller için zorunlu değildir):

- i) Ahşabın karakteristik yoğunluğu 500 kg/m^3 'den büyükse ve
- ii) Çivi çapı 6 mm'den büyükse

En küçük çekme dayanımı, f_u , 600 MPa olan telden imal edilen çiviler kullanılmalıdır.

Düz gövdeli çivilerde, akma momenti için **Denk.(4.252.a)** ve **Denk.(4.252.b)** kullanılarak hesaplanacak karakteristik değerler kullanılmalıdır.

$$M_{y,Rk} = 0.3 f_u d^{2.6} \quad \text{Yuvarlak çiviler için} \quad (4.252.a)$$

$$M_{y,Rk} = 0.45 f_u d^{2.6} \quad \text{Kare ve yivli çiviler için} \quad (4.252.b)$$

$M_{y,Rk}$ karakteristik akma momenti, (Nmm)

d çivi çapı, (mm)

f_u tel çekme dayanımı, (MPa)

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.1. Çivili Birleşimler

4.11.1.1. Eksene dik olarak yüklenen çiviler

Çapı 8mm'ye eşit veya daha küçük olan çiviler için **Denk.(4.253.a)** ve **Denk.(4.253.b)** karakteristik ezilme dayanımları ($f_{h,k}$) hem ahşap hem de Lamine Levha Ahşap (LVL) için kullanılmalıdır. Daha büyük çaptaki çiviler için hesap, bulonlar için verilen denklemler kullanılarak yapılacaktır.

$$f_{h,k} = 0.082 \rho_k d^{-0.3} \quad (\text{MPa}) \text{ önceden delik açılmamış} \quad (4.253.a)$$

$$f_{h,k} = 0.082(1 - 0.01d) \rho_k \quad (\text{MPa}) \text{ önceden delik açılmış} \quad (4.253.b)$$

ρ_k karakteristik ahşap yoğunluğu, (kg/m^3)

d çivi çapı, (mm)

Bir çivili birleşimde en az 2 adet çivi bulunmalıdır.

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.1. Çivili Birleşimler

4.11.1.1. Eksene dik olarak yüklenen çiviler

$$n_{ef} = n^{k_{ef}}$$

Denk. (4.254)

n_{ef} bir sıradaki etkin çivi sayısı

n bir sıradaki çivi sayısı

k_{ef} **Tablo 4.21**'de verilen değerler

Tablo 4.21 k_{ef} değerleri

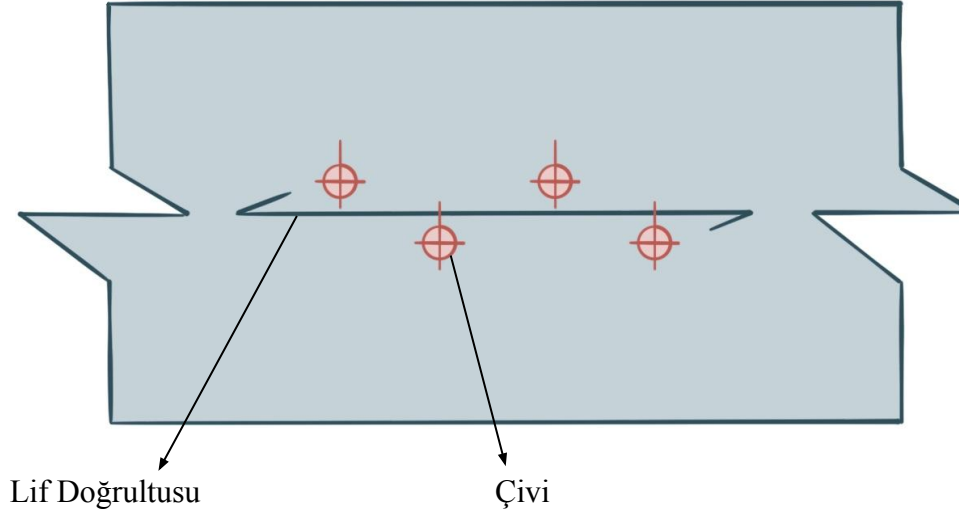
Aralık / Mesafe ⁽¹⁾	k_{ef}	
	Önceden delik açılmamış	Önceden delik açılmış
$a_1 \geq 14 d$	1.0	1.0
$a_1 = 10 d$	0.85	0.85
$a_1 = 7 d$	0.7	0.7
$a_1 = 4 d$	-	0.5

⁽¹⁾ Ara değerler için doğrusal interpolasyon yapılabilir.
 a_1 değeri için Şekil 4.79'a bakınız

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.1. Çivili Birleşimler

4.11.1.1. Eksene dik olarak yüklenen çiviler

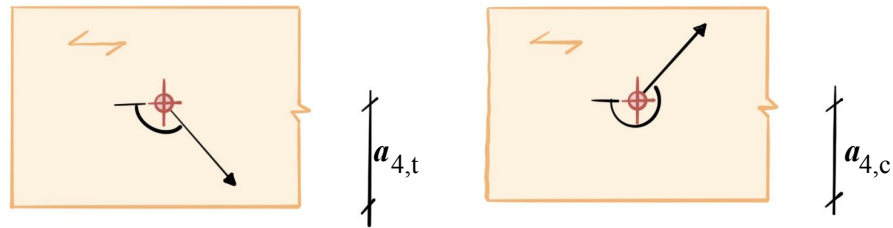


Şekil 4.85 Liflere Paralel Doğrultudaki Çivilerin $\geq 1d$ mesafeyle şaşırtmalı olarak düzenlenmesi

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.1.1. Eksene dik olarak yüklenen çiviler

4.11.1.1.1. Çivili ahşap-ahşap birleşimleri

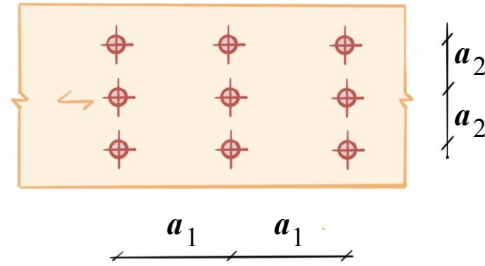


$$(0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ)$$

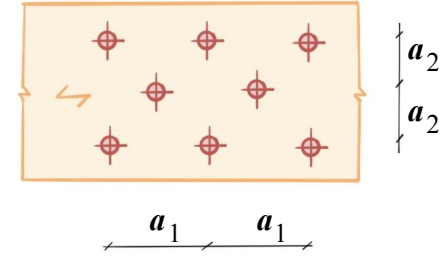
(b) Çivi ile yüklü kenar arası mesafe, $a_{4,t}$

$$(180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ)$$

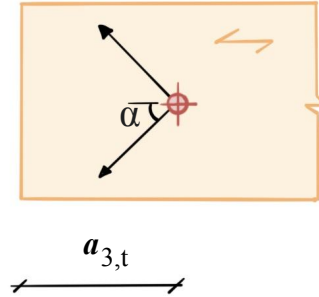
(b) Çivi ile yüksüz kenar arası mesafe, $a_{4,c}$



(a) Şaşırtmasız çivi sıraları için liflere paralel ve dik olan çivi aralık mesafeleri

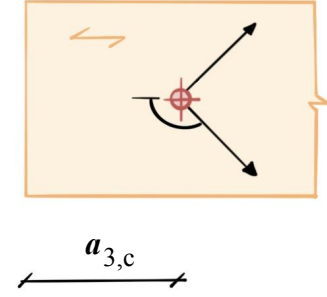


(a) Şaşırtmalı çivi sıraları için liflere paralel ve dik olan çivi aralık mesafeleri



$$(-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ)$$

(b) Çivi ile yüklü kenar arası mesafe, $a_{3,t}$



$$(90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ)$$

(b) Çivi ile yüksüz kenar arası mesafe, $a_{3,c}$

(a) şaşırtmasız/şaşırtmalı çivi sıraları için liflere paralel ve dik olan çivi aralık mesafeleri

b) çivi ile ahşap elemanın yüklü/yüksüz, ucu/kenarı arası mesafeler

Şekil 4.86 Çiviler İçin Aralık ve Ahşap Elemanının Ucuna Kenarına Olan Mesafeler

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

Tablo 4.22 Çiviler için en küçük aralıklar ve ahşap elemanın ucuna/kenarına olan mesafeler (mm)

Aralık / Mesafe	Açı (α)	Ardışık en küçük aralık veya ahşap elemanın yüklü/yüksüz ucuna/kenarına olan mesafe		
		Önceden delik açılmamış		Önceden delik açılmış
		$\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$	$420 \text{ kg/m}^3 < \rho_k \leq 500 \text{ kg/m}^3$	
a_1 aralığı (liflere paralel)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$d < 5\text{mm} :$ $(5+5 \mid \cos\alpha \mid) d$ $d \geq 5 \text{ mm} :$ $(5+7 \mid \cos\alpha \mid) d$	$(7 + 8 \mid \cos\alpha \mid) d$	$(4 + \mid \cos\alpha \mid) d$
a_2 aralığı (liflere dik)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$(3 + \mid \sin\alpha \mid) d$
$a_{3,t}$ aralığı (ahşap elemanın yük taşıyan eni)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(10+5\cos\alpha) d$		$(7 + 5 \mid \cos\alpha \mid) d$
$a_{3,c}$ aralığı (ahşap elemanın yük taşımayan eni)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$10d$	$15d$	$7d$
$a_{4,t}$ aralığı (ahşap elemanın yük taşıyan boyu)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$d < 5\text{mm} :$ $(5+2 \sin\alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm} :$ $(5+5 \sin\alpha) d$	$d < 5\text{mm} :$ $(7+ 2\sin\alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm} :$ $(7+ 5\sin\alpha) d$	$d < 5\text{mm} :$ $(3+ 2\sin\alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm} :$ $(3+ 4\sin\alpha) d$
$a_{4,c}$ aralığı (ahşap elemanın yük taşımayan boyu)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$3d$

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.1.1. Eksene dik olarak yüklenen çiviler

4.11.1.1.1. Çivili ahşap-ahşap birleşimleri

Tablo 4.22 Çiviler için en küçük aralıklar ve ahşap elemanın ucuna/kenarına olan mesafeler (mm)

a_1	liflere paralel doğrultudaki ardışık çivi aralığı
a_2	liflere dik doğrultudaki ardışık çivi aralığı
$a_{3,t}$	çivi sırasındaki son çivi ile ahşap elemanın yüklü ucu arasındaki mesafe
$a_{3,c}$	çivi sırasındaki son çivi ile ahşap elemanın yüksüz ucu arasındaki mesafe
$a_{4,t}$	çivi ile ahşap elemanın yüklü kenarı arasındaki mesafe
$a_{4,c}$	çivi ile ahşap elemanın yüksüz kenarı arasındaki mesafe
α	uygulanan kuvvet ile lif doğrultusu arasındaki açı

Tablodaki ρ_k ahşap yoğunluğu olup birimi kg/m^3 tür.

Birleşimdeki ahşap elemanın uç kısmına, liflere dik doğrultuda uygulanan çivilerin yatay yük aktarma kabiliyetinin olmadığı kabul edilmelidir.

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.1.1. Eksene dik olarak yüklenen çiviler

4.11.1.1.1. Çivili ahşap-ahşap birleşimleri

Birleşimdeki ahşap eleman kalınlıklarının, **Denk.(4.255)** kullanılarak hesaplanan değerden küçük olması durumunda, ahşap elemanda önceden delik açılmalıdır.

$$t = \max \left(7d ; (13d - 30) \frac{\rho_k}{400} \right) \quad (4.255)$$

t önceden delik açmak zorunda kalmamak için gerekli olan en küçük ahşap eleman kalınlığı, (mm)

ρ_k karakteristik ahşap yoğunluğu, kg/m^3

d çivi çapı, (mm)

Özellikle yarılmaya karşı hassas olan ahşap türleri (göknar, douglas göknarı, ladin) için ahşap eleman kalınlığının **Denk.(4.256)**'daki bağlantıdan hesaplanan değerden küçük olması durumunda, önceden delme işlemi uygulanmalıdır.

$$t = \max \left(14d ; (13d - 30) \frac{\rho_k}{200} \right) \quad (4.256)$$

Söz konusu yarılmaya karşı hassas olan ahşap türlerinin kullanılması durumunda, çivi ile ahşap elemanın kenarı arasındaki mesafeler için aşağıdaki koşulların sağlanması halinde, **Denk.(4.256)** ifadesi yerine **Denk.(4.255)** ifadesi kullanılabilir:

$$a_4 \geq 10d \quad \rho_k \leq 420 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ için}$$

$$a_4 \geq 14d \quad 420 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \leq \rho_k \leq 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ için}$$

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.1.1. Eksene dik olarak yüklenen çiviler

4.11.1.1.2. Çivili panel-ahşap birleşimleri

Yüksüz uç / kenar için	$3 d$
Yüklü uç / kenar için	$(3 + 4 \sin \alpha_p) d$
α_p	uygulanan yük ile ilgili uç/kenar arasındaki açı

Kontrplak için, çivi başı çapı $2d$ 'ye eşit veya büyük olan çiviler için karakteristik ezilme dayanımı hesabında **Denk.(4.257.a)** kullanılmalıdır. TS 64-2 EN 622-2'ye göre sert lifli levha için **Denk.(4.257.b)** kullanılmalıdır. Yonga levha ve OSB için ise **Denk.(4.257.c)** kullanılmalıdır.

$$f_{h,k} = 0.11 \rho_k d^{-0.3} \quad (4.257.a)$$

$$f_{h,k} = 30 d^{-0.3} t^{0.6} \quad (4.257.b)$$

$$f_{h,k} = 65 d^{-0.7} t^{0.1} \quad (4.257.c)$$

- $f_{h,k}$ karakteristik ezilme dayanımı, (MPa)
 ρ_k karakteristik kontrplak yoğunluğu, (kg/m³)
 d çivi çapı, (mm)
 t kaplama kalınlığı, (mm)

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.1.1. Eksene dik olarak yüklenen çiviler

4.11.1.1.3. Çivili çelik-ağşap birleşimleri

En küçük enine ve boyuna mesafeleri için **Tablo 4.22**'te verilen ifadeler geçerlidir ancak en küçük çivi aralıkları için kullanılacak değerler, **Tablo 4.22**'den elde edilen değerlerin 0.7 katı olacaktır.

4.11.1.2. Eksenel olarak yüklenen çiviler

Düz gövdeli çiviler kalıcı veya uzun süreli eksenel yükleri taşımak için kullanılmamalıdır. Bu tip yükleme durumları için TS EN 14592'de özellikleri belirtilen dişli yivli çivilerin kullanılması zorunludur. Dişli/yivli çiviler için sadece işlem görmüş kısmın eksenel yük taşıyabildiği kabul edilmelidir. Ağşap elemanların uç kısmına (liflere dik doğrultuda) uygulanan çivilerin eksenel yük taşıma kabiliyeti olmadığı kabul edilmelidir.

Dik çivi uygulamaları (Şekil 4.87.a) ve eğik çivi uygulamaları (Şekil 4.87.b) için karakteristik çekilme kapasitesi, $F_{ax,Rk}$, Denk.(4.258.a)'dan ve Denk.(4.258.b) den elde edilen değerlerin en küçük olanı olarak alınmalıdır.

TS EN 14592'de tarif edilen düz gövdeli çiviler için Denk.(4.258.a), belirtilen düz gövdeli çiviler dışındaki çiviler için Denk.(4.258.b) kullanılmalıdır.

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.1.2. Eksenel olarak yüklenen çiviler

$$F_{ax,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{ax,k} d t_{pen} \\ f_{ax,k} d t + f_{başlık,k} d_h^2 \end{array} \right. \quad (4.258.a)$$

$$F_{ax,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{ax,k} d t_{pen} \\ f_{başlık,k} d_h^2 \end{array} \right. \quad (4.258.b)$$

$f_{ax,k}$ çivinin uç tarafının karakteristik çekilme dayanımı

$f_{başlık,k}$ çivi başının çekme etkisinde karakteristik gömülme dayanımı

d çivi çapı

t_{pen} çivinin uç tarafının, aynı taraftaki ahşap eleman içinde kalan boyu; düz gövdeli çiviler için belirtilen tüm boy, dişli/yivli çiviler için belirtilen boydaki dişli/yivli kısmın boyu (her durumda sivri uç kısım bu boydan çıkartılacaktır)

t çivinin baş tarafının içinde kaldığı ahşap eleman boyu

d_h çivi başının çapı

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.1.2. Eksenel olarak yüklenen çiviler

Devam eden ifadelerde belirtilenlerin dışında, karakteristik dayanımlar $f_{ax,k}$ ve $f_{başlık,k}$ TS EN 1382, TS EN 1383 ve TS EN 14358'e uygun olarak deneyler yapılarak belirlenmelidir.

Uç tarafın gömülme derinliği en az 12d olan düz gövdeli çivilerin karakteristik çekilme ve çekmede gömülme dayanımları, Denk.(4.259)'daki ampirik ifadeler kullanılarak hesaplanabilir:

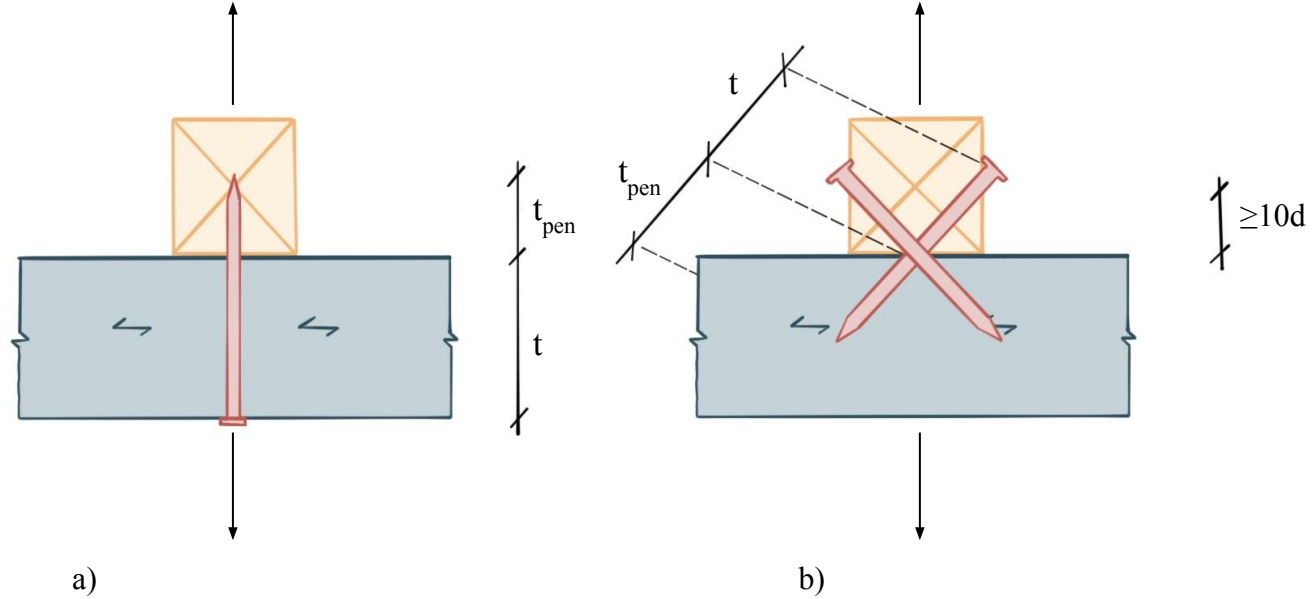
$$f_{ax,k} = 20 \times 10^{-6} \rho_k^2 \quad (\text{MPa}) \quad (4.259.a)$$

$$f_{başlık,k} = 70 \times 10^{-6} \rho_k^2 \quad (\text{MPa}) \quad (4.259.b)$$

ρ_k karakteristik ahşap yoğunluğu, (kg/m^3)

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.1.2. Eksenel olarak yüklenen çiviler



Şekil 4.87 Eksenel Yük Taşıyan Çiviler a) Liflere dik Doğrultuda Çivi Uygulaması b) Eğik Çivi Uygulaması

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.1.3. Bileşik olarak yatay ve eksenel yük taşıyan çiviler

Bileşik olarak eksenel kuvvet, $F_{ax,Ed}$ ve yatay kuvvet, $F_{v,Ed}$, etkisindeki birleşimler için eksenel yük taşıma kapasitesi, $F_{ax,Rd}$ ve yatay yük taşıma kapasitesi, $F_{v,Rd}$ ile kıyaslamalı tahkik yapılmalı ve çivi türüne göre aşağıdaki ifadeler sağlanmalıdır. Düz gövdeli çiviler **Denk.(4.260.a)** kullanılmalıdır. TS EN 14592 tarif edilen düz gövdeli çiviler dışındaki çiviler için **Denk.(4.260.b)** kullanılmalıdır.

$$\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1 \quad (4.260.a)$$

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 \leq 1 \quad (4.260.b)$$

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

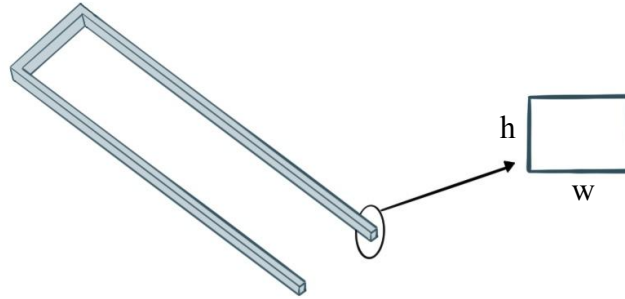
4.11.2. ZIMBALI BİRLEŞİMLER

Denk.(4.253.a), Denk.(4.253.b) ve Denk.(4.256) hariç **Bölüm 4.11.1**'de çiviler için verilen kurallar, eğimli veya simetrik kollu yuvarlak, yaklaşık olarak yuvarlak veya dikdörtgen tel zımbalar için de uygulanır. Zımba kullanımı durumunda, önceden delme işlemi uygulanmaz.

Dikdörtgen en kesitli zımbalar için (**Şekil 4.88**), zımba çapı (d) **Denk.(4.261)**'e göre hesaplanmalıdır.

$$d = \sqrt{h w}$$

(4.261)



Şekil 4.88 Zımba Kolunun Dikdörtgen Enkesiti

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.2. Zımbalı Birleşimler

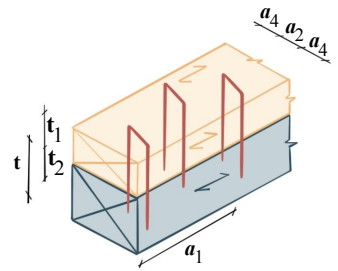
$$M_{y,Rk} = 150d^3$$

(4.262)

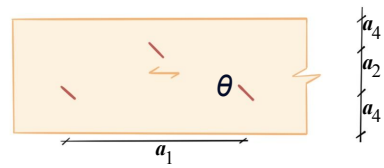
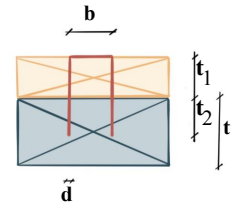
$M_{y,Rk}$ karakteristik akma momenti, (Nmm)

d zımba ayak çapı, (mm)

Liflere paralel doğrultuda bir sıradaki n adet zımba için o doğrultudaki yük taşıma kapasitesi etkin zımba sayısı $n_{ef} = n$ olarak alınmalıdır.



Birleşim genel görünüşü



Şekil 4.89 Zımba Boyutları ve Aralık Tanımları

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.2. Zımbalı Birleşimler

Tablo 4.23 Zımbalar için en küçük aralıklar veya ahşap elemanın ucuna/kenarına olan mesafe

Aralık / Mesafe	Açı α (°)	Ardışık en küçük aralık veya ahşap elemanın yükülü/yüksüz ucuna/kenarına olan mesafe
a_1 aralığı (liflere paralel sıra) $\theta \geq 30^\circ$ için	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(10 + 5 \cos \alpha) d$
a_2 aralığı (liflere dik sıra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$15 d$
$a_{3,t}$ aralığı (ahşap elemanın yükülü ucu)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(15 + 5 \cos \alpha) d$
$a_{3,c}$ aralığı (ahşap elemanın yüksüz ucu)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$15 d$
$a_{4,t}$ aralığı (ahşap elemanın yükülü kenarı)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(15 + 5 \sin \alpha) d$
$a_{4,c}$ aralığı (ahşap elemanın yüksüz kenarı)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$10 d$

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.3. VİDALI BİRLEŞİMLER

4.11.3.1. Yatay olarak yüklenen vidalar

Etkin çap $d_{ef} > 6 \text{ mm}$ ise, **Bölüm 4.11.4.1**'de yatay olarak yüklenen bulonlar için verilen kurallar geçerlidir.

Etkin çap $d_{ef} \leq 6 \text{ mm}$ ise, **Bölüm 4.11.4.1**'de yatay olarak yüklenen çiviler için verilen kurallar geçerlidir.

Ahşap binalarda kullanılacak olan vidalar, TS EN 1492'de verilen kurallara uygun olmalıdır.

4.11.3.1. Eksenel olarak yüklenen vidalar

Eksenel olarak yüklenen vidaların yük taşıma kapasitesini değerlendirirken aşağıdaki göçme modları tahkik edilmelidir:

- i) Vidanın dişli tarafının çekilme kapasitesi
- ii) Çelik plakalarla kullanılan vidalar için vida başının yırtılma kapasitesi (vidanın çekme dayanımından büyük olmalıdır)
- iii) Vida başının çekmede gömülme dayanımı
- iv) Vidanın çekme dayanım
- v) Basınç etkisi varlığında vidanın burkulması
- vi) Çelik plakalarla kullanılan vidalar için vida grubunun çevresindeki tam veya kısmi blok kopma türü göçme



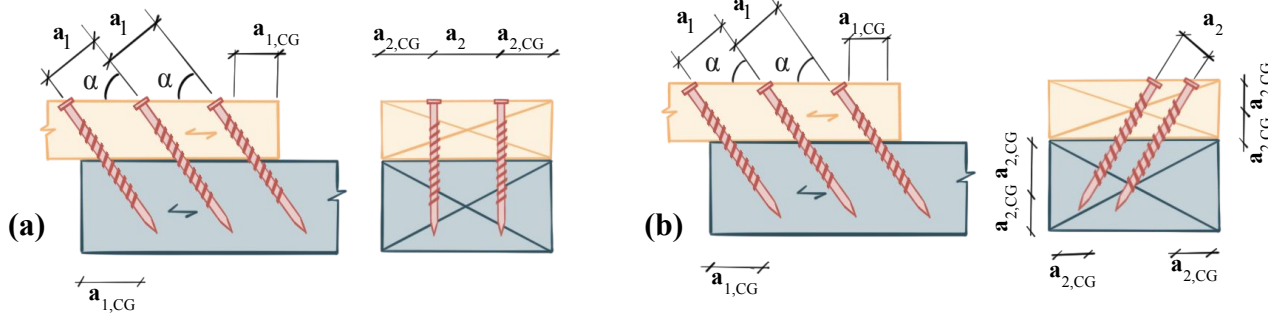
BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.3. Vidalı Birleşimler

4.11.3.1. Yatay olarak yüklenen vidalar

Tablo 4.24 Eksenel yük taşıyan vidalar için en küçük aralıklar ve ahşap elemanın kenarına olan mesafeler

Aralık / Mesafe	Mesafe
a_1 aralığı (liflere paralel düzlemdeki sıra)	$7 d$
a_2 aralığı (liflere dik düzlemdeki sıra)	$5 d$
$a_{1,CG}$ aralığı (ahşap elemanın ucu ile vidanın dişli tarafının ağırlık merkezi arası)	$10 d$
$a_{2,CG}$ aralığı (ahşap elemanın kenarı ile vidanın dişli tarafının ağırlık merkezi arası)	$4 d$



Şekil 4.90 Vidalar için Aralık ve Ahşap Elemanın Ucuna Kenarına Olan Mesafeler (a) Tek Eksende Açılı Durum, (b) İki Eksende Açılı Durum

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.3. Vidalı Birleşimler

4.11.3.1. Yatay olarak yüklenen vidalar

$$F_{ax,\alpha,Rk} = \frac{n_{ef} f_{ax,k} d l_{ef} k_d}{1.2 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \quad (4.263)$$

$$f_{ax,k} = 0.52 d^{-0.5} l_{ef}^{-0.1} \rho_k^{0.8} \quad (4.264)$$

$F_{ax,\alpha,Rk}$ Liflere α açısıyla konumlanmış vidaların oluşturduğu birleşimin toplam karakteristik çekilme kapasitesi, (N)

$f_{ax,k}$ Vidanın liflere dik doğrultudaki karakteristik çekilme dayanımı, (MPa)

n_{ef} etkin vida sayısı

l_{ef} uç tarafın gömülme derinliği, (mm)

ρ_k karakteristik yoğunluk, (kg/m³)

α lif doğrultusu ile vida eksenindeki açı, $\alpha \geq 30^\circ$

k_d vida çekilme dayanımı düzeltme katsayısı, vida $d_{diş\ üstü} = 6$ mm için 0.75, daha büyük çaplar için 1.0

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.3. Vidalı Birleşimler

4.11.3.2. Eksene dik olarak yüklenen vidalar

Eksenel yük taşıyan vidaların kullanıldığı birleşimlerde, birleşimin karakteristik toplam vida başı gömülme kapasitesi, **Denk.(4.265)**'ten hesaplanmalıdır:

$$F_{ax,\alpha,Rk} = n_{ef} f_{başlık,k} d_h^2 (\rho_k/\rho_a)^{0.8} \quad (4.265)$$

$F_{ax,\alpha,Rk}$ liflere α açısıyla ($\alpha \geq 30^\circ$) konumlanmış vidaların oluşturduğu birleşimin, çekme etkisinde toplam karakteristik gömülme kapasitesi, (N)

$f_{başlık,k}$ vida başının çekme etkisinde gömülme dayanımı parametresi, (MPa)

d_h vida başının çapı, (mm)

Vidaların kullanıldığı birleşimlerde, vida karakteristik toplam çekme kapasitesi **Denk.(4.266)**'dan belirlenmelidir:

$$F_{t,Rk} = n_{ef} f_{tens,k} \quad (4.266)$$

$f_{tens,k}$ TS EN 14592 ile uyumlu olarak belirlenen, bir vidanın karakteristik çekme kapasitesi

$$n_{ef} = n^{0.9} \quad (4.267)$$

n_{ef} etkin vida sayısı

n bir birleşimdeki vida sayısı

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.3. Vidalı Birleşimler

4.11.3.3. Bileşik olarak yatay ve eksenel yük taşıyan vidalar

Bileşik olarak yatay ve eksenel yük taşıyan vidalı birleşimler için **Denk.(4.260.b)**'de yer alan ifadenin sağlanması gerekmektedir.

4.11.4. BULONLU BİRLEŞİMLER

Birleşimlerde kullanılacak bulonlar için en küçük çap 6mm, en büyük çap ise 30 mm olmalıdır. Kullanılacak bulonların kalite sınıfı 4.6, 4.8, 5.6 veya 8.8 olmalıdır.

Birleşimdeki ahşap elemanda bulonlar için açılacak delik çapı, bulon çapın 1mm fazlasından daha büyük olmamalıdır. Çelik plakada ise delik çapı için üst sınır, bulon çapının 2mm fazlası veya bulon çapının 1.1 katı değerlerinden büyük olanı olarak seçilmelidir.

Kenar uzunluğu veya çapı en az bulon çapının 3 katı, kalınlığı ise bulon çapının 0.3 katı olan pullar kullanılmalıdır.

Somunlar, birleşimdeki elemanların birbirine tam ve oynamaz biçimde bağlanmış olacak şekilde sıkılmalıdır. Nem oranının değişiminin, ahşap elemanlarda boyut değişimine sebep olabileceği durum ve şartlarda, yüzeyler tamamlanmadan önce somunların kontrol edilmesi ve ihtiyaç halinde tekrar sıkılması gerekmektedir

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.4. Bulonlu Birleşimler

4.11.4.1. Eksene dik olarak yüklenen bulonlar

4.11.4.1.1. Bulonlu ahşap-ahşap birleşimler

Bulonlar için karakteristik akma momenti **Denk.(4.268)**'den hesaplanmalıdır.

$$M_{y,Rk} = 0.3f_{u,k}d^{2.6} \quad (4.268)$$

$M_{y,Rk}$ karakteristik akma momenti, (Nmm)

$f_{u,k}$ karakteristik çekme dayanımı, (MPa)

d bulon çapı, (mm)

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90}\sin^2\alpha + \cos^2\alpha} \quad (4.269.a)$$

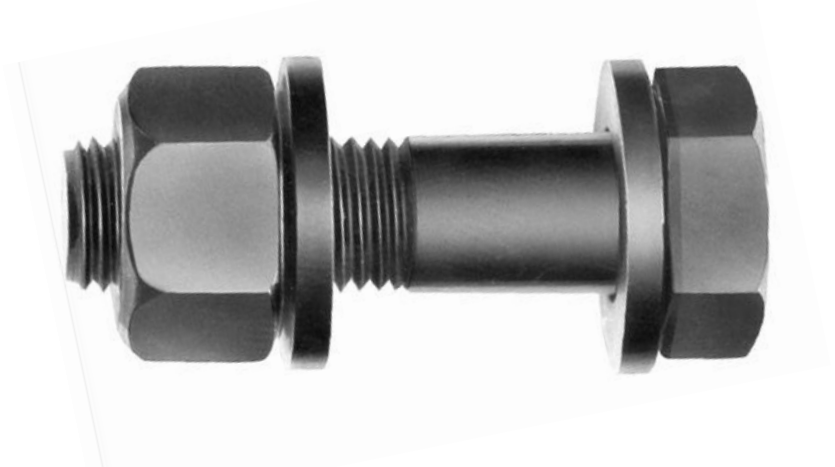
$$f_{h,0,k} = 0.082 (1 - 0.01d)\rho_k \quad (4.269.b)$$

$f_{h,0,k}$ liflere paralel doğrultudaki karakteristik ezilme dayanımı, (MPa)

ρ_k karakteristik ahşap yoğunluğu, (kg/m³)

α yük ile lif doğrultusu arasındaki açı

d bulon çapı, (mm)



BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.4.1. Eksene dik olarak yüklenen bulonlar

4.11.4.1.1. Bulonlu ahşap-ahşap birleşimler

k_{90} değerleri **Denk.(4.269.c)**'deki ifadelerden belirlenmelidir.

Denk. (4.269.c)

$$k_{90} = \begin{cases} 1.35 + 0.015d \\ 1.30 + 0.015d \\ 0.9 + 0.015d \end{cases}$$

yumuşak ağaçlar için
Lamine Levha Ahşap (LVL) için
sert ağaçlar için

Tablo 4.25 Bulonlar için en küçük aralıklar veya ahşap elemanın enine/boyuna olan mesafe

Aralık / Mesafe	Açı α (°)	Ardışık en küçük aralık veya ahşap elemanın yüklü/yüksüz ucuna/kenarına olan mesafe
a_1 aralığı (liflere paralel sıra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 + \cos \alpha) d$
a_2 aralığı (liflere dik sıra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4 d$
$a_{3,t}$ aralığı (ahşap elemanın yüklü ucu)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7d; 80 \text{ mm})$
$a_{3,c}$ aralığı (ahşap elemanın yüksüz ucu)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$ $150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$ $210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$[(1 + 6 \sin \alpha) d]$ $4d$ $[(1 + 6 \sin \alpha) d]$
$a_{4,t}$ aralığı (ahşap elemanın yüklü kenarı)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max[(2 + 2 \sin \alpha) d; 3 d]$
$a_{4,c}$ aralığı (ahşap elemanın yüksüz kenarı)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3 d$

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.4.1. Eksene dik olarak yüklenen bulonlar

4.11.4.1.1. Bulonlu ahşap-ahşap birleşimler

Liflere paralel doğrultuda bir sıradaki n adet bulon için liflere paralel yük taşıma kapasitesi,

Denk.(4.270)'de verilen etkin bulon sayısı, n_{ef} , kullanılarak hesaplanmalıdır:

$$n_{ef} = \min \left(n ; n^{0.9} \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \right) \quad (4.270)$$

a_1 liflere paralel doğrultudaki bulon aralıkları

d bulon çapı

n bir sıradaki bulon sayısı

Liflere dik doğrultuda etki eden yükler için etkin bulon sayısı **Denk.(4.271)**'e göre alınmalıdır.

$$n_{ef} = n \quad (4.271)$$

Yük ve lif doğrultusu arasında $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ açılar için n_{ef} **Denk.(4.270)** ile **Denk.(4.271)** arasında doğrusal enterpolasyon yapılarak belirlenir.

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.4.1. Eksene dik olarak yüklenen bulonlar

4.11.4.1.2. Bulonlu panel-ahşap birleşimler

$$f_{h,k} = 0.11 (1 - 0.01d)\rho_k \quad (4.272.a)$$

$$f_{h,k} = 50d^{-0.6}t^{0.2} \quad (4.272.b)$$

ρ_k karakteristik kontrplak yoğunluğu, (kg/m³)

d bulon çapı, (mm)

t panel kalınlığı, (mm)

4.11.4.1.3. Bulonlu çelik-ahşap birleşimler

Bulonlu çelik-ahşap birleşimler için **Bölüm 4.11** ana başlığı altında yer alan “Çelik-ahşap” birleşimler için göçme modları için bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi kuralları geçerlidir.

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.4. Bulonlu Birleşimler

4.11.4.2. Eksenel yük taşıyan bulonlar

Bulonların eksenel yük taşıma kapasitesi ve çekilme kapasitesi aşağıdakilerden en küçüğü olarak alınmalıdır:

- i) Bulonun çekme kapasitesi (bulon diş dibi çapı kullanılacak)
- ii) Kullanılan pulun veya çelik-ağşap birleşimler için çelik plakanın düzleme dik dayanımı

Pulun düzlemine dik dayanımı, temas yüzeyi için basınç dayanımının 3 katı ($3.0 f_{c,90,k}$) kabul edilerek hesaplanmalıdır. Her bir bulon için çelik plakanın düzlemine dik dayanımı, yuvarlak pulun düzlemine dik dayanımından büyük olmaması gerekmektedir. Bu karşılaştırmada pulun çapı, plaka kalınlığının 12 katı ve bulon çapının 4 katı değerlerinden küçük olanı olarak alınmalıdır.

4.11.5. ÇUBUK KAMALI BİRLEŞİMLER

Ağşap binaların tasarımında bu Esaslar kapsamında kullanılacak çubuk kamalar, sadece metal mil tipi bağlantı elemanlarıdır. Ağşap çubuk kamalar kapsam dışındadır. Çubuk kamaların tasarımında, **Tablo 4.25** hariç **Bölüm 4.11.4.1**'de yatay olarak yüklenen bulonlar için verilen kurallar geçerlidir. Dayanım hesaplarında ip etkisi hesaba katılmayacaktır.

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.5. ÇUBUK KAMALI BİRLEŞİMLER

Tablo 4.26 Çubuk kamalar için en küçük aralıklar veya eleman enine/boyuna olan mesafe

Aralık / Mesafe	Açı α (°)	Ardışık en küçük aralık veya elemanın yükklü/yüksüz ucuna/kenarına olan mesafe
a_1 aralığı (liflere paralel sıra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(3 + 2 \cos \alpha) d$
a_2 aralığı (liflere dik sıra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$
$a_{3,t}$ aralığı (ahşap elemanın yükklü ucu)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	Maks (7d; 80mm)
$a_{3,c}$ aralığı (ahşap elemanın yüksüz ucu)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$ $150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$ $210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$a_{3,t} \sin \alpha $ maks [3,5 d; 40mm] $a_{3,t} \sin \alpha $
$a_{4,t}$ aralığı (ahşap elemanın yükklü kenarı)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	maks [(2 + 2 sin α) d; 3d]
$a_{4,c}$ aralığı (ahşap elemanın yüksüz kenarı)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$

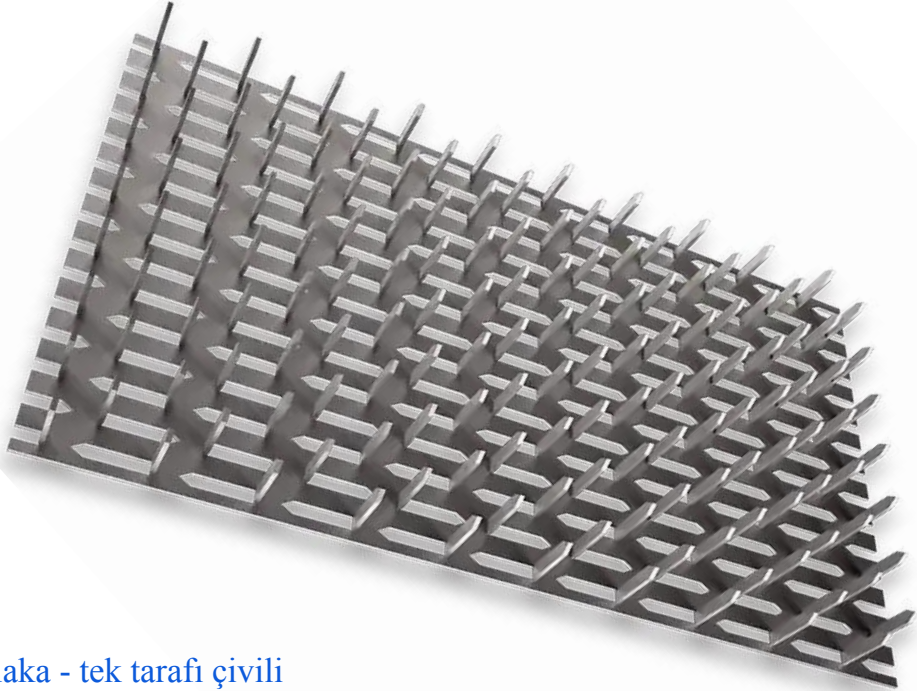
BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.6. DELİKLİ METAL PLAKALAR İLE YAPILAN BİRLEŞİMLER



BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.6. DELİKLİ METAL PLAKALAR İLE YAPILAN BİRLEŞİMLER

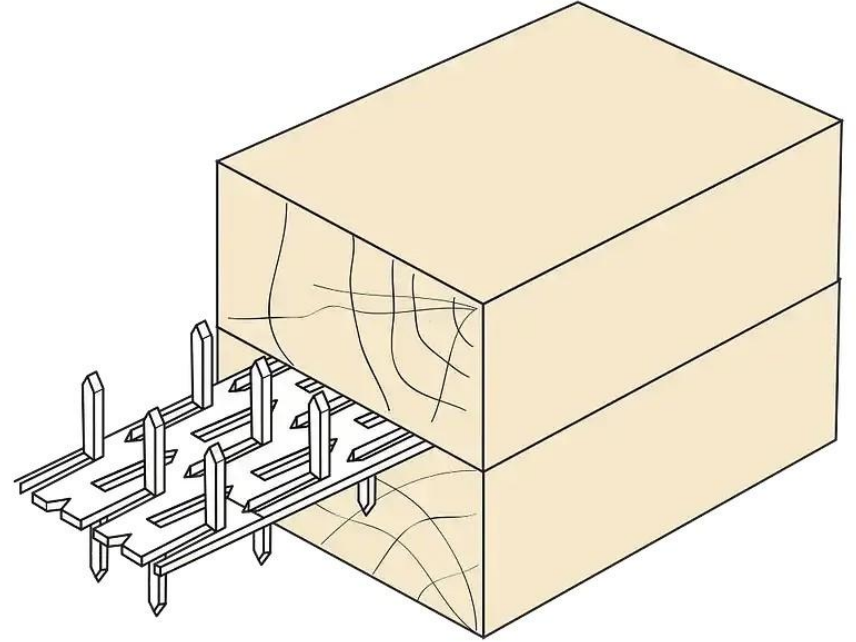
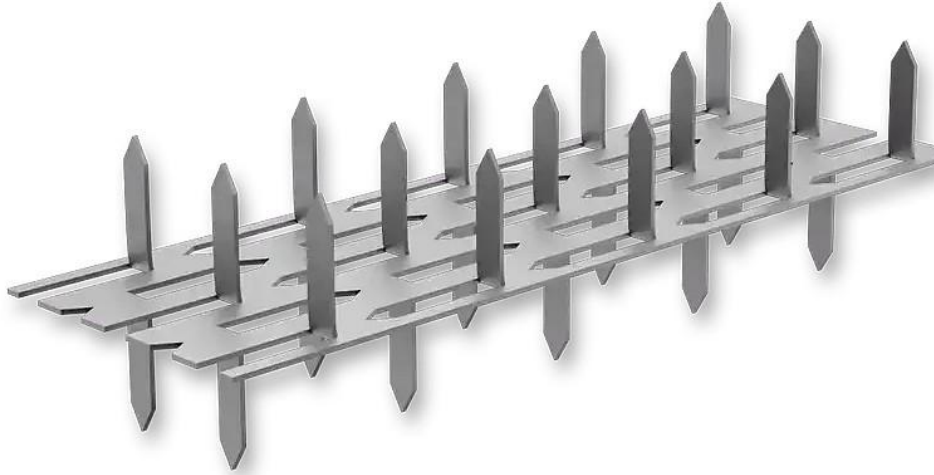


Metal plaka - tek tarafı çivili



BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.6. DELİKLİ METAL PLAKALAR İLE YAPILAN BİRLEŞİMLER

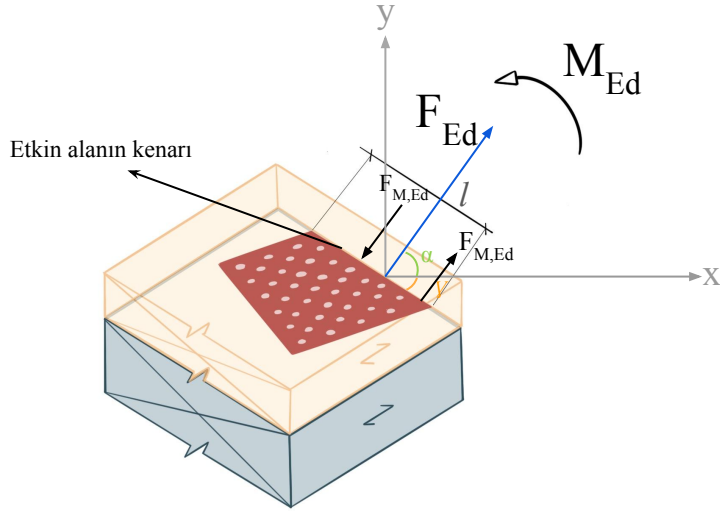


Metal plaka - çift tarafi çivili

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.6. Delikli Metal Plakalar ile Yapılan Birleşimler

4.11.6.1. Plaka geometrisi



Şekil 4.91'de gösterilen kuvvet, moment, kuvvet bileşenleri, açılar, plaka, plaka ana eksenleri aynı düzlem içerisinde yer almaktadırlar.

x -doğrultusu	plaka esas doğrultusu
y -doğrultusu	plaka esas doğrultusuna dik doğrultu
α	x -doğrultusu ile kuvvet arasındaki açı (çekme: $0^\circ \leq \gamma < 90^\circ$, basınç: $90^\circ \leq \gamma < 180^\circ$)
β	lif doğrultusu ile kuvvet arasındaki açı
γ	x -doğrultusu ile birleşim hattı arasındaki açı
A_{ef}	ağaç elemanın kenarlarından 5mm ve liflere paralel doğrultuda ağaç elemanın ucundan, bağlantı elemanının nominal kalınlığının 6 katı kadar azaltılmış değerlerde olacak şekilde, delikli plaka ile ağaç arasındaki toplam temas alanı
l	birleşim hattı boyunca ölçülen plaka uzunluğu

Şekil 4.91 F_{Ed} Kuvveti M_{Ed} Momenti
Etkiyen Delikli Metal Plakanın Geometrisi

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.6. Delikli Metal Plakalar ile Yapılan Birleşimler

4.11.6.2. Plaka dayanım özellikleri

$f_{a,0,0}$	$\alpha = 0^\circ$ ve $\beta = 0^\circ$ için birim alan başına ankraj kapasitesi
$f_{a,90,90}$	$\alpha = 90^\circ$ ve $\beta = 90^\circ$ için birim alan başına ankraj kapasitesi
$f_{t,0}$	$\alpha = 0^\circ$ için plaka birim genişliği başına çekme kapasitesi
$f_{c,0}$	$\alpha = 0^\circ$ için plaka birim genişliği başına basınç kapasitesi
$f_{v,0}$	x-doğrultusunda plaka birim genişliği başına kayma kapasitesi
$f_{t,90}$	$\alpha = 90^\circ$ için plaka birim genişliği başına çekme kapasitesi
$f_{c,90}$	$\alpha = 90^\circ$ için plaka birim genişliği başına basınç kapasitesi
$f_{v,90}$	y-doğrultusunda plaka birim genişliği başına kayma kapasitesi
k_1, k_2, α_0	sabitler

Tasarım çekme, basınç ve kesme kapasitelerini hesaplamak için nem durumu düzeltme katsayısı, C_N ve yük etki süresi düzeltme katsayısı, C_T , değerleri 1.0 olarak alınmalıdır.

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.6. Delikli Metal Plakalar ile Yapılan Birleşimler

4.11.6.3. Plaka ankraj dayanımları

Plaka ankraj kapasitesi, plaka üzerindeki delikli dişlerin etkinliğine bağlı olan dayanımdır. Plaka başına açılı karakteristik ankraj dayanımı, $f_{a,\alpha,\beta,k}$ deneylerden belirlenmeli veya **Denk.(4.273)**'te **b** olarak gösterilen ikinci ifade kullanılmalıdır.

$$f_{a,\alpha,\beta,k} = \begin{cases} f_{a,\alpha,0,k} - (f_{a,\alpha,0,k} - f_{a,90,90,k}) \frac{\beta}{45^\circ} & (a) \\ f_{a,0,0,k} - (f_{a,0,0,k} - f_{a,90,90,k}) \sin(\max(\alpha, \beta)) & (b) \end{cases} \quad (4.273)$$

Plaka başına liflere paralel doğrultudaki karakteristik ankraj dayanımı, **Denk.(4.274)**'den belirlenmelidir.

$$f_{a,\alpha,0,k} = \begin{cases} f_{a,0,0,k} + k_1 \alpha & \alpha \leq \alpha_0 \\ f_{a,0,0,k} + k_1 \alpha_0 + k_2 (\alpha - \alpha_0) & \alpha_0 < \alpha \leq 90^\circ \end{cases} \quad (4.274)$$

k_1 , k_2 ve α_0 sabitler, kullanılan plakaya bağlı olarak TS EN 14545'de verilen kurallara uygun olacak biçimde, TS EN 1075'de tanımlanan deneylerden elde edilmelidir. Bu değerler, ilgili standartlara göre yapılan deneylere dayanarak, plaka üreticisi tarafından verilmektedir.

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.6. Delikli Metal Plakalar ile Yapılan Birleşimler

4.11.6.4. Birleşim kapasitesinin tahkiki

Plaka ankraj kapasitesinin belirlenmesi

$$\tau_{F,d} = \frac{F_{A,Ed}}{A_{ef}} \quad (4.275)$$

$F_{A,Ed}$ tek bir plaka üzerine, etkin plaka alanın kütle merkezine etki eden tasarım kuvveti, çekme ise pozitif alınacaktır (ahşap elemana etki eden toplam kuvvetin yarısı)

$$\tau_{M,d} = \frac{M_{A,Ed}}{W_p} \quad (4.275.b)$$

$M_{A,Ed}$ tek bir plaka üzerine, etkin plaka alanın kütle merkezine etki eden tasarım momenti

$$W_p = \int_{A_{ef}} r \, dA \quad (4.276.a)$$

dA delikli metal plaka bağlantı elemanının dilim alanı

$$W_p = \frac{A_{ef} d}{4} \quad (4.276.b)$$

r etkin plaka alanının ağırlık merkezinden dilim, plaka alanı dA 'nın ağırlık merkezine olan mesafe

$$d = \sqrt{\left(\frac{A_{ef}}{h_{ef}}\right)^2 + h_{ef}^2} \quad (4.276.c)$$

A_{ef} plaka etkin alanı

h_{ef} etkin ankraj alanın en uzun kenarına dik olan en büyük yüksekliği

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.6. Delikli Metal Plakalar ile Yapılan Birleşimler

4.11.6.4. Birleşim kapasitesinin tahkiki

$$F_{A,Ed} = \frac{F_x}{|F_x|} \sqrt{F_x^2 + (F_{Ed} \sin \beta)^2} \quad (4.277.a)$$

$$M_{A,Ed} = \frac{M_{Ed}}{2} \quad (4.277.b)$$

$$F_x = \frac{F_{Ed} \cos \beta}{2} + \frac{3|M_{Ed}|}{2h} \quad (4.277.c)$$

F_{Ed} tek bir plaka üzerine etkiyen ahşap çubuk elemanı tasarım eksenel kuvveti (çekme ise sıfır alınacak), (N)

M_{Ed} tek bir plaka üzerine etkiyen ahşap çubuk elemanı tasarım momenti, (N.mm)

h ahşap çubuk eleman yüksekliği, (mm)

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.6. Delikli Metal Plakalar ile Yapılan Birleşimler

4.11.6.4. Birleşim kapasitesinin tahkiki

$$\left(\frac{\tau_{F,d}}{f_{a,\alpha,\beta,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{M,d}}{f_{a,0,0,d}}\right)^2 \leq 1 \quad (4.278)$$

Plaka kapasitesi

$$F_{x,Ed} = F_{Ed} \cos\alpha \pm 2F_{M,Ed} \sin\gamma \quad (4.279.a)$$

$$F_{y,Ed} = F_{Ed} \sin\alpha \pm 2F_{M,Ed} \cos\gamma \quad (4.279.b)$$

F_{Ed} tek bir plakadaki tasarım kuvveti (ahşap elemandaki toplam kuvvetin yarısı),
(N)

$F_{M,Ed}$ momentten gelen tek bir plakadaki tasarım kuvveti ($F_{M,Ed} = \frac{2M_{Ed}}{l}$), (N)

$$\left(\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{y,Ed}}{F_{y,Rd}}\right)^2 \leq 1 \quad (4.280)$$

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.6. Delikli Metal Plakalar ile Yapılan Birleşimler

4.11.6.4. Birleşim kapasitesinin tahkiki

$$F_{x,Rk} = maks \left\{ \begin{array}{l} |f_{n,0,k} l \sin(\gamma - \gamma_0 \sin(2\gamma))| \\ |f_{v,0,k} l \cos\gamma| \end{array} \right. \quad (4.281.a)$$

$$F_{y,Rk} = maks \left\{ \begin{array}{l} |f_{n,90,k} l \cos\gamma| \\ k f_{v,90,k} l \sin\gamma \end{array} \right. \quad (4.281.b)$$

$$f_{n,0,k} = \begin{cases} f_{t,0,k} & F_{x,Ed} > 0 \text{ için} \\ f_{c,0,k} & F_{x,Ed} \leq 0 \text{ için} \end{cases} \quad (4.281.c)$$

$$f_{n,90,k} = \begin{cases} f_{t,90,k} & F_{y,Ed} > 0 \text{ için} \\ f_{c,90,k} & F_{y,Ed} \leq 0 \text{ için} \end{cases} \quad (4.281.d)$$

$$k = \begin{cases} 1 + k_v \sin(2\gamma) & F_{x,Ed} > 0 \text{ için} \\ 1 & F_{x,Ed} \leq 0 \text{ için} \end{cases} \quad (4.281.e)$$

• The Experts at Portland Bolt present: •

Split Ring Installation

https://youtu.be/lxIb_p2V-LQ?si=HnLzbP3DuD1kH2T5

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.7. KESİLMİŞ HALKA VE KAYMA PLAKASI BAĞLANTI ELEMANLARI

$$F_{v,0,Rk} = \min[k_1 k_2 k_3 k_4 (35 d_c^{1.5}) ; k_1 k_3 h_e (31.5 d_c)] \quad (4.282)$$

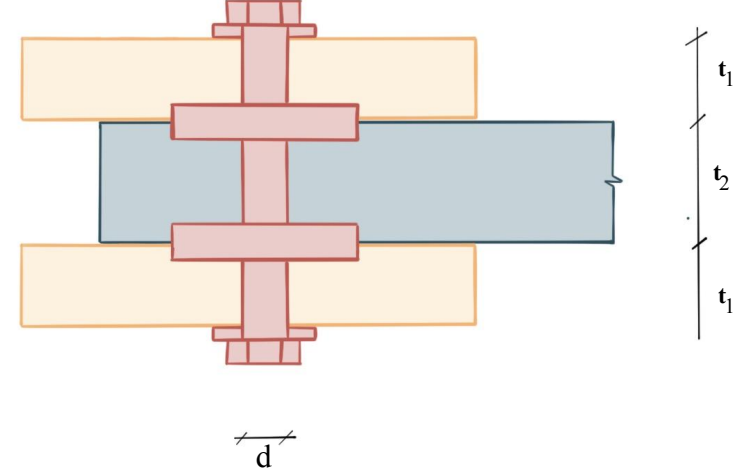
$F_{v,0,Rk}$ liflere doğrultudaki paralel karakteristik yük taşıma kapasitesi, (N)

d_c bağlantı elemanının çapı, (mm)

h_e gömülme derinliği, (mm)

k_i düzeltme katsayısı ($i = 1$ 'den 4'e kadar), devam eden sayfada tanımlanmaktadır

h_e



Şekil 4.92 c) Kesit Görünümü



BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.7. Kesilmiş Halka ve Kayma Plakası Bağlantı Elemanları

$$k_1 = \min \left[1, ; \frac{t_1}{3h_e}; \frac{t_2}{5h_e} \right] \quad (4.283.a)$$

$$k_2 = \begin{cases} \min \left\{ \frac{k_a}{2d_c} \right. & \text{yükü uç } (-30^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ) \text{ için} \\ 1.0 & \text{yükü uç } (-30^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ) \text{ dışındaki değerler için} \end{cases} \quad (4.283.b)$$

$$k_3 = \min \begin{cases} 1.75 \\ \frac{\rho_k}{350} \end{cases} \quad (4.283.c)$$

ρ_k ahşabın karakteristik yoğunluğu, (kg/m³)

$$k_4 = \begin{cases} 1.0 & \text{ahşap – ahşap birleşimler için} \\ 1.1 & \text{çelik – ahşap birleşimler için} \end{cases} \quad (4.283.d)$$

$$F_{v,\alpha,Rk} = \frac{F_{v,0,Rk}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (4.284)$$

Bu denklemdeki k_{90} değeri **Denk.(4.285)**'ten belirlenmelidir.

$$k_{90} = 1.3 + 0.001d_c \quad (4.285)$$

$F_{v,0,Rk}$ liflere paralel doğrultuda etki eden kuvvet için bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi **Denk.(4.282)**, (N)

d_c bağlantı elemanının çapı, (mm)

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.7. Kesilmiş Halka ve Kayma Plakası Bağlantı Elemanları

Tablo 4.27 Kesilmiş halka ve kayma bağlantı elemanları için en küçük aralıklar veya ahşap elemanın ucuna/kenarına olan mesafe

Aralık / Mesafe	Açı α (°)	En küçük aralık veya ahşap elemanın yükli/yüksüz ucuna/kenarına olan mesafe
a_1 aralığı (liflere paralel sıra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(1.2 + 0.8 \cos \alpha) d_c$
a_2 aralığı (liflere dik sıra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$1.2 d_c$
$a_{3,t}$ aralığı (ahşap elemanın yükli ucu)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$2 d_c$
$a_{3,c}$ aralığı (ahşap elemanın yüksüz ucu)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$ $150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$ $210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$(0.4 + 1.6 \sin \alpha) d_c$ $1.2 d_c$ $(0.4 + 1.6 \sin \alpha) d_c$
$a_{4,t}$ aralığı (ahşap elemanın yükli kenarı)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(0.6 + 0.2 \sin \alpha) d_c$
$a_{4,c}$ aralığı (ahşap elemanın yüksüz kenarı)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$0.6 d_c$

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.7. Kesilmiş Halka ve Kayma Plakası Bağlantı Elemanları

$$(k_{a1})^2 + (k_{a2})^2 \geq 1$$

k_{a1} liflere paralel doğrultuda en küçük a_1 mesafesi için azaltma katsayısı

k_{a2} liflere dik doğrultuda en küçük a_2 mesafesi için azaltma katsayısı

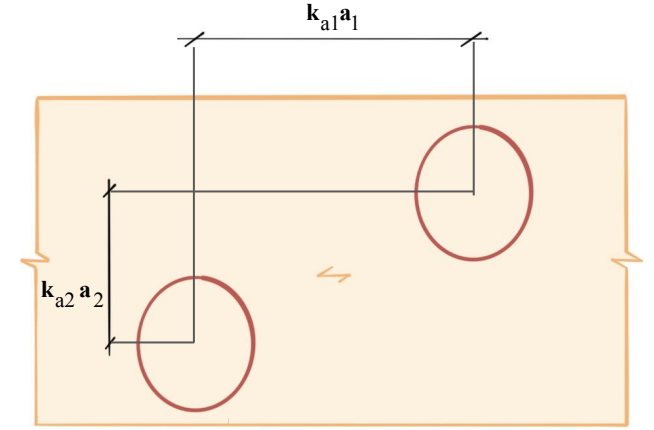
$$n_{ef} = 2 + \left(1 - \frac{n}{20}\right)(n - 2)$$

n_{ef} etkin bağlantı eleman sayısı

n liflere paralel doğrultuda bir sıradaki bağlantı eleman sayısı

(4.286)

(4.287)



Şekil 4.93 Kesilmiş Halka ve Kayma Levhası Bağlantı Elemanları için Azaltılmış Mesafeler

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.8. DİŞLİ PLAKA BAĞLANTI ELEMANLARI

C tipi dişli plaka bağlantı elemanları için her bir dişli plaka bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi, $F_{v,Rk}$ birleşim elemanı kalınlığına, ahşap elemanın yüklü tarafındaki mesafeye ve ahşabın karakteristik yoğunluğuna bağlı olarak **Denk.(4.288)**'deki bağıntıdan hesaplanmalıdır. k_i değerleri **Denk.(4.289)** kullanılarak hesaplanacaktır.

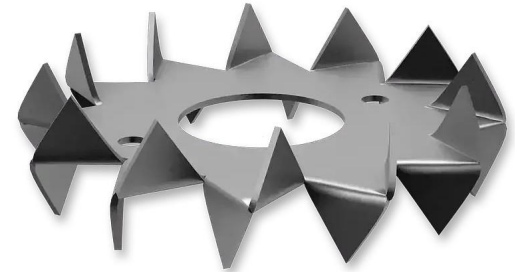
$$F_{v,Rk} = \begin{cases} 18 k_1 k_2 k_3 d_c^{1.5} & \text{C1'den C9'e kadar olan tipler için} \\ 25 k_1 k_2 k_3 d_c^{1.5} & \text{C10 ve C11 tipleri için} \end{cases} \quad (4.288)$$

$F_{v,Rk}$ dişli plaka bağlantı elemanı başına karakteristik yük taşıma kapasitesi, N

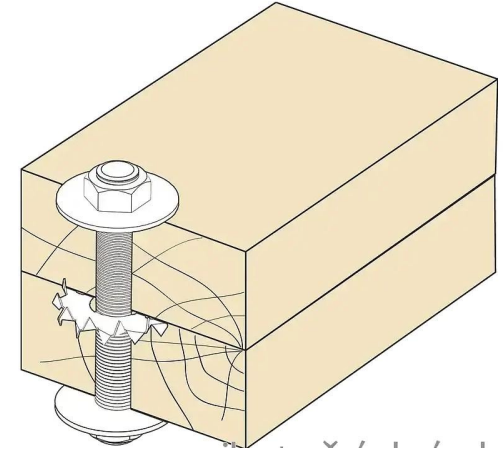
d_c C1, C2, C6, C7, C10 ve C11 tipleri için dişli plaka bağlantı elemanının çapı, (mm)

C5, C8 ve C9 tipleri için dişli plaka bağlantı elemanının kenar uzunluğu, (mm)

C3 ve C4 tipleri için her iki kenar uzunluğunun çarpımının karekökü, (mm)



a)



b)

Şekil 4.94 a) Dişli Plaka Bağlantı Elemanı b) Dişli Plaka Bağlantı Kullanılan Şematik Birleşim

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.8. Dişli Plaka Bağlantı Elemanları

k_i düzeltme katsayıları ($i = 1$ 'den 3 'e kadar), aşağıda tanımlanmaktadır:

$$k_1 = \min \begin{cases} 1.0 \\ \frac{t_1}{3 h_e} \\ \frac{t_2}{5 h_e} \end{cases} \quad (4.289.a)$$

t_1 kenar eleman kalınlığı, (mm)

t_2 orta eleman kalınlığı, (mm)

h_e dişin gömülme derinliği, (mm)

$$k_2 = \begin{cases} \min \begin{cases} 1.0 \\ \frac{a_{3,t}}{1.5 d_c} \end{cases} & \text{C1'den C9'e kadar olan tipler için} \\ \min \begin{cases} 1.0 \\ \frac{a_{3,t}}{2.0 d_c} \end{cases} & \text{C10 ve C11 tipleri için} \end{cases} \quad (4.289.b)$$

$a_{3,t} = \max(1.1d_c ; 7d ; 80 \text{ mm})$

$a_{3,t} = \max(1.5d_c ; 7d ; 80 \text{ mm})$

$$k_3 = \min \left(1.5 ; \frac{\rho_k}{350} \right) \quad (4.289.c)$$

d bulon çapı, (mm)

ρ_k ahşabın karakteristik yoğunluğu, (kg/m³)



BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.8. Dişli Plaka Bağlantı Elemanları



<https://youtu.be/Ett2Gx5lyZ8?si=F9gdFU419hA62FgE>

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.8. Dişli Plaka Bağlantı Elemanları

Tablo 4.28 Tip C1'den C9'a akadar olan dişli plaka bağlantı elemanları için en küçük aralıklar ve ahşap elemanın ucuna/kenarına olan en küçük mesafeler

Aralık / Mesafe	Açı α (°)	En küçük aralık veya ahşap elemanın yükülü/yüksüz ucuna/kenarına olan mesafe
a_1 aralığı (liflere paralel sıra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(1.2 + 0.3 \cos \alpha) d_c$
a_2 aralığı (liflere dik sıra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$1.2 d_c$
$a_{3,t}$ aralığı (ahşap elemanın yükülü ucu)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$1.5 d_c$
$a_{3,c}$ aralığı (ahşap elemanın yüksüz ucu)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$ $150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$ $210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$(0.9 + 0.6 \sin \alpha) d_c$ $1.2 d_c$ $(0.9 + 0.6 \sin \alpha) d_c$
$a_{4,t}$ aralığı (ahşap elemanın yükülü kenarı)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(0.6 + 0.2 \sin \alpha) d_c$
$a_{4,c}$ aralığı (ahşap elemanın yüksüz kenarı)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$0.6 d_c$

BÖLÜM 4 - DAYANIMA GÖRE TASARIM

4.11.8. Dişli Plaka Bağlantı Elemanları

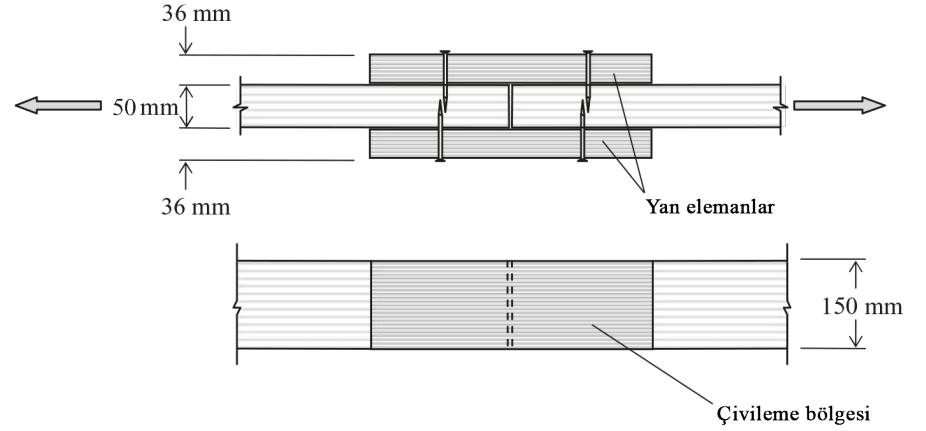
Tablo 4.28 Tip C10 ve C11 dişli plaka bağlantı elemanları için en küçük aralıklar ve ahşap elemanın ucuna/kenarına olan en küçük mesafeler

Aralık / Mesafe	Açı α (°)	En küçük aralık veya ahşap elemanın yükülü/yüksüz ucuna/kenarına olan mesafe
a_1 aralığı (liflere paralel sıra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(1.2 + 0.8 \cos \alpha) d_c$
a_2 aralığı (liflere dik sıra)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$1.2 d_c$
$a_{3,t}$ aralığı (ahşap elemanın yükülü ucu)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$2 d_c$
$a_{3,c}$ aralığı (ahşap elemanın yüksüz ucu)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$ $150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$ $210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$(0.4 + 1.6 \sin \alpha) d_c$ $1.2 d_c$ $(0.4 + 1.6 \sin \alpha) d_c$
$a_{4,t}$ aralığı (ahşap elemanın yükülü kenarı)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(0.6 + 0.2 \sin \alpha) d_c$
$a_{4,c}$ aralığı (ahşap elemanın yüksüz kenarı)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$0.6 d_c$

ÖRNEKLER

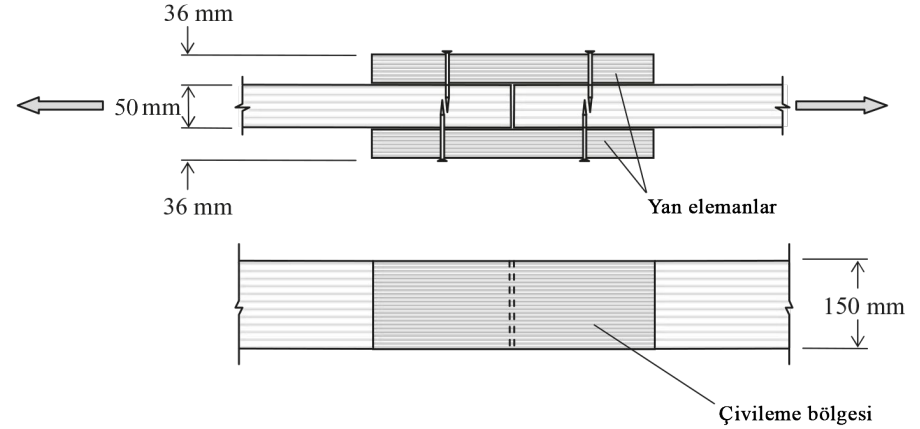
ÖRNEK - 1

Ahşap Düğüm Noktası Teşkili- Çivili Birleşim



Şekil-1’de gösterildiği gibi iki adet **50 mm x 150 mm** ahşap elemanını bağlamak için kullanım sınıfı **2 KS2 (A.B.T.H.Y.E. Tablo 1.2)** koşullarında çalışan bir çekme çubuğu eki yapılacaktır. Önceden delme işlemi yapılmadan **3,35 mm çapında, 65 mm uzunluğunda**, düz yüzeyli çivilerle bağlanan ve her iki taraftan çakılarak merkezi elemanda üst üste binen iki adet **36 mm x 150 mm** ahşap yan elemanı kullanılacaktır. Çivilerin çekme dayanımı 600 N/mm^2 ’dir. Birleşim, $2,5 \text{ kN}$ ’lik karakteristik kalıcı yüke ve $3,5 \text{ kN}$ ’lik karakteristik orta süreli değişken yüke maruzdur (**Tablo 1.6**) ve tüm ahşaplar **TS EN 338**’e göre **C22** dayanım sınıfındadır.

A.B.T.H.Y.E.’deki kurallara uymak için gereken çivi sayısını ve çivileme düzenini belirleyin.



Şekil -1

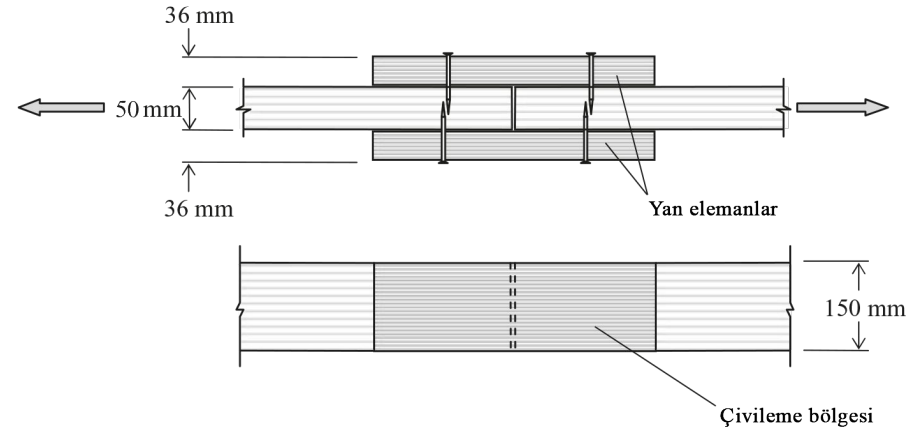
1. Geometrik Özellikler

- Yan elemanların kalınlığı, t_1 $t_1 = 36$ mm
- İç elemanın kalınlığı, t_2 $t_2 = 50$ mm
- Elemanların yüksekliği, h $h = 150$ mm
- Her bir yan elemanın kesit alanı, A_s $A_s = h \times t_1$
- İç elemanın kesit alanı, A_{in} $A_{in} = h \times t_2$
- Çivi çapı, d $d = 3.35$ mm
- Çivi başı çapı, d_h $d_h = 2.25 d$
- Çivi boyu, $l_{çivi}$ $l_{çivi} = 65$ mm

$$A_s = 5400 \text{ mm}^2$$

$$A_{in} = 7500 \text{ mm}^2$$

$$d_h = 7.54 \text{ mm}$$



- Çivi uç tarafı gömülme derinliği, t_{pen}

$$t_{\text{pen}} = l_{\text{çivi}} - t_1$$

$$t_{\text{pen}} = 65 - 36 \quad t_{\text{pen}} = \underline{29 \text{ mm}}$$

- Maksimum çivi uç tarafı gömülme derinliği, $t_2 - t_{\text{pen}} > 4d$

$$t_2 - t_{\text{pen}} = 50 - 29 = \underline{21 \text{ mm}}$$

$$4 \times d = 4 \times 3.35 = \underline{13.4 \text{ mm}}$$

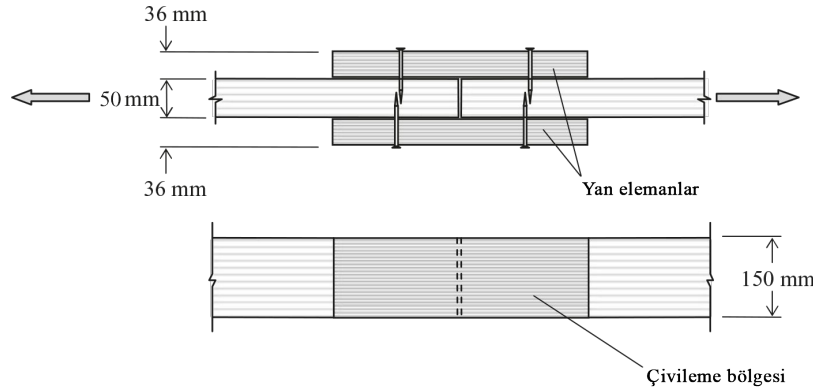
$$21 > 13.4 \quad \checkmark$$

(A.B.T.H.Y.E. 4.11.1.1)

- Çivinin iç ahşap elemanına minimum gömülme derinliği, $t_{\text{point.pen}}$

$$t_{\text{point.pen}} = 8d = 8 \times 3.35 = \underline{26.8 \text{ mm}}$$

$$\frac{t_{\text{point.pen}}}{t_{\text{pen}}} = \frac{26.8}{29} = \underline{0.92} < 1 \quad \checkmark$$



Hem maksimum hem de minimum çivi gömülme derinliği karşılandı.

Örnek - 1

2. Ahşap ve Çivi Özellikleri

Mukavemet sınıfı C22 (TS EN 338)

Liflere paralel doğrultuda karakteristik çekme dayanımı, $f_{t.0.k}$

$$f_{t.0.k} = 13 \text{ N/mm}^2$$

Ahşabın karakteristik yoğunluğu, ρ_k

$$\rho_k = 340 \text{ kg/m}^3$$

Her çivinin çekme dayanımı, f_u

$$f_u = 600 \text{ N/mm}^2$$

3. Kısmi Güvenlik Faktörleri

Dayanım sınır durumu için **Tablo Ek 1.A-1**. Kısmi yük katsayıları

Sabit yükler, γ_G $\gamma_G = 1.35$

Hareketli yükler, γ_Q $\gamma_Q = 1.5$

Malzeme kısmi güvenlik katsayısı, Ω $\Omega = 1.3$

Bağlantılar için kısmi güvenlik katsayısı, $\Omega_{\text{M.birleşim}}$ $\Omega_{\text{M.birleşim}} = 1.3$

(A.B.T.H.Y.E. Tablo 1.3)

4. Yükler

Karakteristik sabit yük, G_k

$$G_k = 2.5 \text{ kN}$$

Karakteristik hareketli yük, Q_k

$$Q_k = 3.5 \text{ kN}$$

Kritik yük kombinasyonu için tasarım çekme kuvveti, F_d

$$F_d = \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k \quad F_d = \underline{8.63 \text{ kN}}$$

(Tablo Ek 1.A-1 Grup B)

5. Modifikasyon Faktörleri

Orta süreli etki ve kullanım sınıfı KS2

$$C_N \cdot C_Y = 1 \times 0.80 = 0.80$$

Masif ahşap için boyut katsayısı, C_B

$$C_N = 1 \quad \text{Nem durumu az (Tablo 1.4)}$$

$$C_Y = 0.8 \quad \text{Orta süreli etki (Tablo 1.6)}$$

$$C_B = 1 \quad \text{(A.B.T.H.Y.E. Denk. 2.1)}$$

6. Ahşabın Çekme Mukavemeti

Çiviler önceden delme yapılmadan çakılır ve çapları 5 mm'den küçüktür.

A.B.Y.T.H.E. (4.11)' e uygun olarak, alan kaybı etkisi göz ardı edilebilir.

Yan elemanlarda liflere paralel tasarım çekme dayanımı, $\sigma 1_{t.0.d}$

$$\sigma 1_{t.0.d} = \frac{F_d}{2 \cdot A_s} = \frac{8.63 \times 10^3}{2 \times 5.4 \times 10^3}$$
$$\sigma 1_{t.0.d} = \underline{0.80 \text{ N/mm}^2}$$

İç elemanda liflere paralel tasarım çekme dayanımı, $\sigma 2_{t.0.d}$

$$\sigma 2_{t.0.d} = \frac{F_d}{A_{in}} = \frac{8.63 \times 10^3}{7.5 \times 10^3} = \underline{1.15 \text{ N/mm}^2}$$

Liflere paralel doğrultuda tasarım çekme dayanımı, $f_{t.0.d}$

$$f_{t.0.d} = \frac{C_N \cdot C_Y \cdot C_B \cdot f_{t.0.k}}{\Omega} = \frac{1 \times 0.8 \times 1 \times 13}{1.3}$$
$$f_{t.0.d} = \underline{8 \text{ N/mm}^2}$$

✓ Tasarım mukavemeti
elemanlardaki tasarım
geriliminden büyük

7. Ahşabın Ezilme Dayanımı

Liflere paralel ahşabın karakteristik ezilme dayanımı, $f_{h.k}$

(A.B.T.H.Y.E. Denk. 4.253.a)

$$f_{h.k} = 0.082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0.3}$$

$$f_{h.k} = 0.082 \times 340 \times 3.35^{-0.3}$$

$$f_{h.k} = \underline{19.4 \text{ N/mm}^2}$$

Yan taraftaki ahşabın karakteristik ezilme dayanımı, $f_{h.1.k}$

$$f_{h.1.k} = f_{h.k} \quad f_{h.1.k} = \underline{19.4 \text{ N/mm}^2}$$

Ortadaki ahşabın karakteristik ezilme dayanımı, $f_{h.2.k}$

$$f_{h.2.k} = f_{h.k} \quad f_{h.2.k} = \underline{19.4 \text{ N/mm}^2}$$

8. Çivinin Akma Momenti

Bir çivinin karakteristik akma momenti, $M_{y,Rk}$

(A.B.T.H.Y.E. Denk. 4.252.a)

$$M_{y,Rk} = 0.3 \times f_u \times d^{2.6} \text{ (Nmm)}$$

$$M_{y,Rk} = 0.3 \times 600 \times 3.35^{2.6} \text{ (Nmm)}$$

$$M_{y,Rk} = \underline{4172 \text{ Nmm}}$$

d : çivi çapı (mm)

$M_{y,Rk}$: karakteristik akma momenti (Nmm)

f_u : çivi çekme dayanımı (MPa)

9. Çekme Mukavemeti

Çivi uçları gömülme derinliği/çivi çapı: $\frac{t_{\text{pen}}}{d} = \frac{29}{3.35} = \underline{8.66}$ 12 d 'den az ✓
(A.B.T.H.Y.E. 4.11.1.2)

Çivi başı gömülme derinliği/çivi çapı: $\frac{t_1}{d} = \frac{36}{3.35} = \underline{10.75}$ 12 d 'den az ✓

Karakteristik uç tarafı çekme dayanımı, $f_{\text{ax.k}}$
(A.B.T.H.Y.E. Denk.4.259.a)

$$f_{\text{ax.k}} = 20 \times 10^{-6} \times \rho_k^2 \times D_p \text{ (MPa)}$$

$$f_{\text{ax.k}} = 20 \times 10^{-6} \times 340^2 \times 0.16$$

Nokta tarafı gömülme katsayısı, D_p

$$f_{\text{ax.k}} = \underline{0.38 \text{ N/mm}^2}$$

$$D_p = \frac{t_{\text{pen}}}{4 \cdot d} - 2$$

$$D_p = \frac{29}{4 \times 3.35} = \underline{0.16}$$

9. Çekme Mukavemeti

Baş tarafı elemanındaki karakteristik çekilme kuvveti, $f_{h_{ax.k}}$

- Uç tarafı penetrasyon faktörü, D_h

$$Dh = \left(\frac{t_1}{4.d} - 2 \right)$$

$$f_{h_{ax.k}} = 20 \times 10^{-6} \cdot \left(\rho_k \frac{m^3}{kg} \right)^2 \cdot (Dh) \cdot N \text{ mm}^{-2}$$

$$f_{h_{ax.k}} = 1.59 \text{ N/mm}^2$$

- Karakteristik baş tarafı çekme mukavemeti, $f_{başlık.k}$

(A.B.T.H.Y.E. Denk. 4.259.b)

$$f_{başlık.k} = 70 \times 10^{-6} \cdot \left(\rho_k \frac{m^3}{kg} \right)^2 \cdot N \text{ mm}^{-2}$$

$$f_{başlık.k} = 8.09 \text{ N/mm}^2$$

9. Çekme Mukavemeti

Çiğinin karakteristik çekme dayanımı, $F_{ax,Rk}$
(A.B.T.H.Y.E. Denk. 4.258.a)

$$F_{ax,Rk1} = f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen}$$

$$F_{ax,Rk1} = 36.88 \text{ N}$$

$$F_{ax,Rk2} = f_{ax,k} \cdot d \cdot t_1 + f_{başlık,k} \cdot d_h^2$$

$$F_{ax,Rk2} = 651.17 \text{ N}$$

$$F_{ax,Rk} = \min (F_{ax,Rk1} , F_{ax,Rk2})$$

$$F_{ax,Rk} = 36.88 \text{ N}$$

10. Bağlantının Elemanının Karakteristik Yük Taşıma Kapasitesi

Tek tesirli çivili bir **ahşap-ahşap** birleşiminde, kesme düzlemi başına karakteristik yük taşıma kapasitesi,
(A.B.T.H.Y.E. Tablo 4.20.a)

$$\beta = \frac{f_{h.2.k}}{f_{h.1.k}} \quad \beta = 1 \quad t_2 = t_{\text{pen}}$$

• Göçme modu (a): $F_{v.Rk.a} = f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d$ $F_{v.Rk.a} = 2.34 \times 10^3 \text{ N}$

• Göçme modu (b): $F_{v.Rk.b} = f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d$ $F_{v.Rk.b} = 1.88 \times 10^3 \text{ N}$

• Göçme modu (c):
$$F_{v.Rk.c} = \frac{f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right]} + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta \cdot \left[1 + \left(\frac{t_2}{t_1} \right) \right] \right] + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

$$F_{v.Rk.c} = 892.71 \text{ N}$$

10. Bağlantının Elemanının Karakteristik Yük Taşıma Kapasitesi

- Göçme modu (d):
$$F_{v.Rk.d} = 1.05 \cdot \frac{f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.1.k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$
$$F_{v.Rk.d} = 945.53 \text{ N}$$
- Göçme modu (e):
$$F_{v.Rk.e} = 1.05 \cdot \frac{f_{h.1.k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.1.k} \cdot t_2^2 \cdot d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$
$$F_{v.Rk.e} = 812.12 \text{ N}$$
- Göçme modu (f):
$$F_{v.Rk.f} = 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta} \cdot (2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d)} + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$
$$F_{v.Rk.f} = 856.09 \text{ N}$$

10. Bağlantının Elemanının Karakteristik Yük Taşıma Kapasitesi

$F_{ax.Rk}/4$ 'ün ilgili denklemlerin Johansen kısmının %15'i ile sınırlandırılması -.Rk olası sınır değerler olarak sadece (e) ve (f) modlarını dikkate alır.

• Göçme modu (e):
$$F_{v.Rk. ee} = 1.15 \cdot 1.05 \cdot \frac{f_{h.1.k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.1.k} \cdot t_2^2 \cdot d}} - \beta \right]$$
$$F_{v.Rk. ee} = 923.34 \text{ N}$$

• Göçme modu (f):
$$F_{v.Rk. ff} = 1.15 \cdot 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta} \cdot (2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d)}$$
$$F_{v.Rk. ff} = 973.91 \text{ N}$$

Her bir kesme düzleminde çivi başına karakteristik yük taşıma kapasitesi, $F_{v.Rk}$;

$$F_{v.Rk} = \min (F_{v.Rk.a}, F_{v.Rk.b}, F_{v.Rk.c}, F_{v.Rk.d}, F_{v.Rk.e}, F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk. ee}, F_{v.Rk. ff}) \rightarrow \text{yani göçme modu (e)}$$
$$F_{v.Rk} = \underline{812.12 \text{ N}}$$

10. Bağlantının Elemanının Karakteristik Yük Taşıma Kapasitesi

Kesme düzlemi başına çivi başına tasarım direnci, $F_{v,Rd}$

$$F_{v,Rd} = \frac{C_N \cdot C_Y \cdot F_{v,Rk}}{\Omega} = \frac{1 \times 0.8 \times 812.12}{1.3}$$

$$F_{v,Rd} = \underline{499.77 \text{ N}}$$

Her bir taraf için gerekli çivi sayısı, $n_{\text{çivi}}$

$$n_{\text{çivi}} = \frac{F_d}{F_{v,Rd} \cdot 2} = \frac{8630}{499.77 \times 2}$$

$$n_{\text{çivi}} = \underline{8.63}$$

Her taraf için 9 çivi kabul edilir, $n1_{\text{çivi}}$

$$n1_{\text{çivi}} = n_{\text{çivi}}$$

$$n1_{\text{çivi}} = 9$$

11. Çivi Aralığı (bkz. Şekil 2)

(A.B.T.H.Y.E, Tablo 4.86)

Liflere göre yük açısı

$$\alpha = 0$$

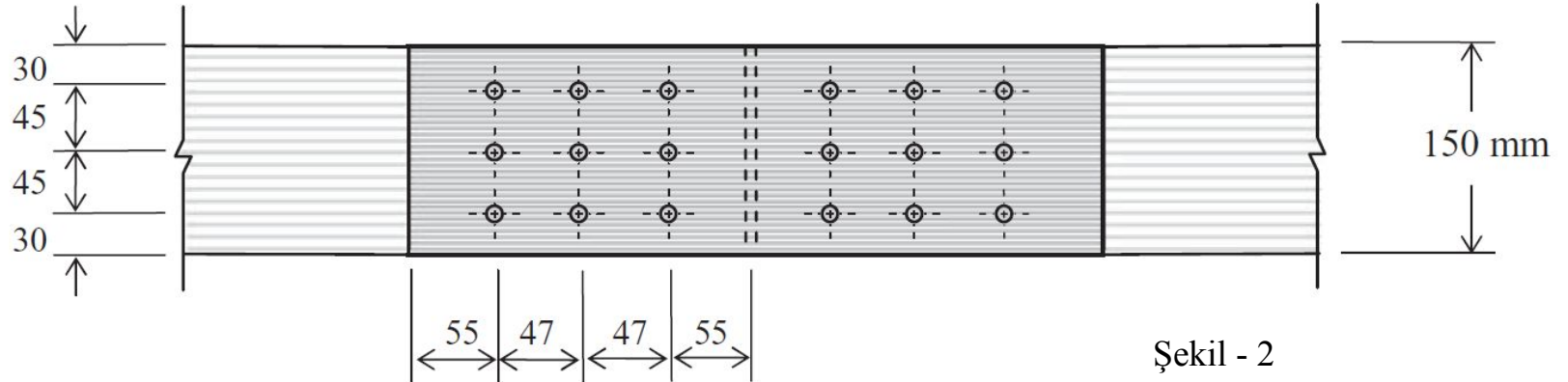
$d < 5$ mm için liflere paralel minimum aralık ve

$$\rho_k < 420 \text{ kg/m}^3, a_1$$

$$a_1 = (5 + 5 |\cos(\alpha)|) \cdot d$$

$$a_1 = (5 + 5 \times 1) \times 3.35$$

$$a_1 = \underline{33.5 \text{ mm}}$$



Şekil - 2

11. Çivi Aralığı (bkz. Şekil 2)

Bir sıradaki çivi aralığının etkisini ortadan kaldırmak için (A.B.T.H.Y.E, Tablo 4.21) denkleminde $k_{ef}=1$

$$a_1 \geq 14 d \quad a_1 \geq 14 \times 3.35 \quad a_1 \geq 46.9 \text{ mm} \quad a_1 \geq 47 \text{ mm}$$

Liflere dik yönde minimum mesafe a_2

$$a_2 = 5 \cdot d$$

$$a_2 = 16.75 \text{ mm}$$

Minimum yüklü uç mesafesi, $a_{3,t}$

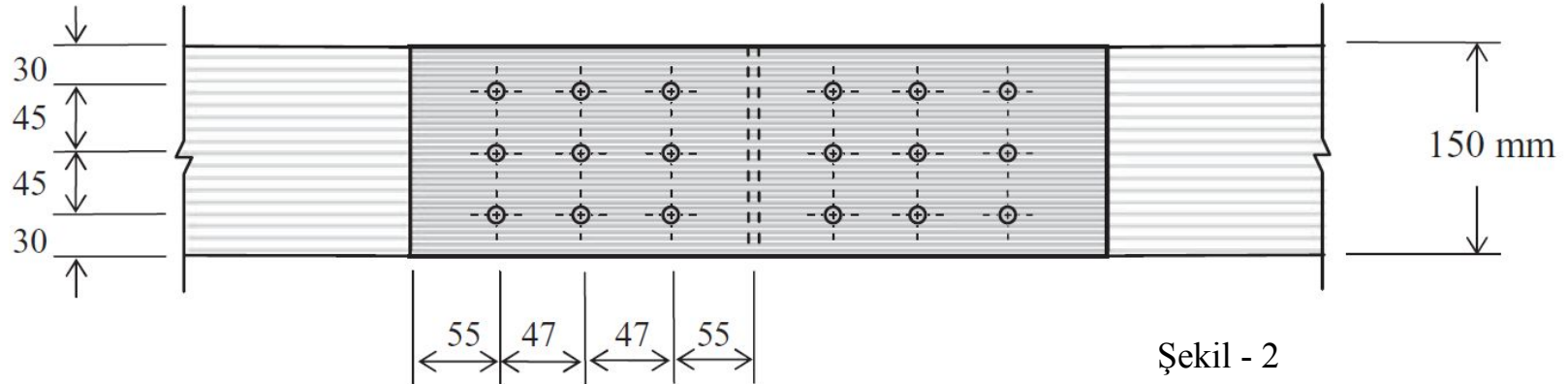
$$a_{3,t} = (10 + 5\cos(\alpha)) \cdot d$$

$$a_{3,t} = 50.25 \text{ mm}$$

Minimum yüksüz kenar mesafesi, $a_{4,c}$

$$a_{4,c} = 5 \cdot d$$

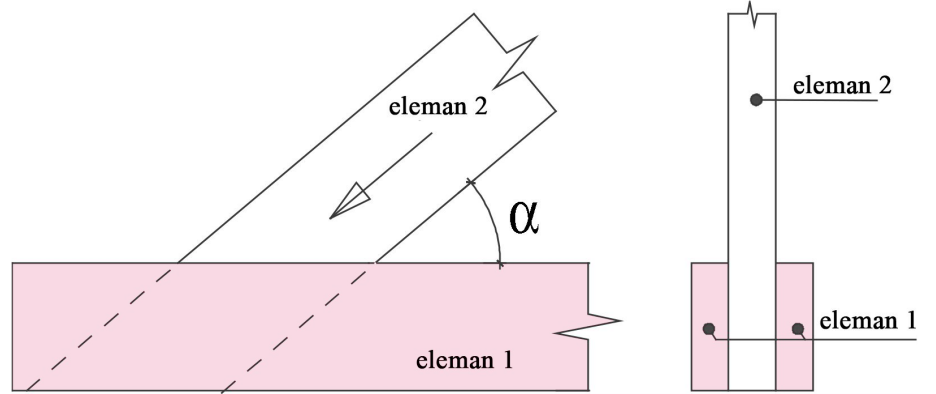
$$a_{4,c} = 16.75 \text{ mm}$$



Şekil - 2

ÖRNEK - 2

Ahşap Düğüm Noktası Teşkili- Bulonlu Birleşim



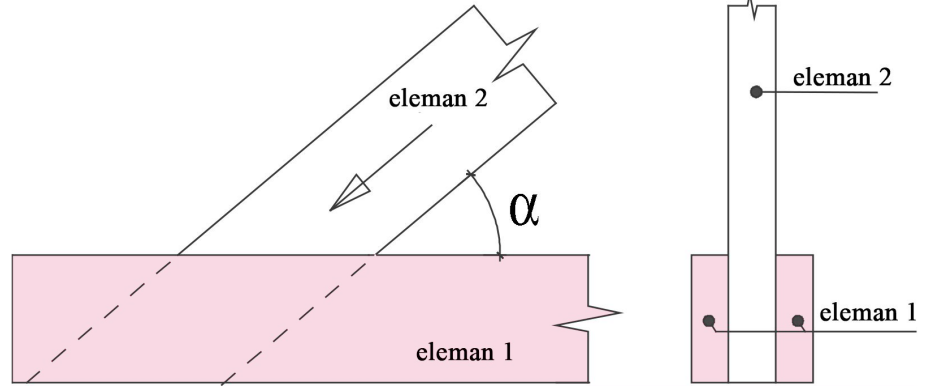
- Masif ahşap sınıfı C24 ($\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$; $\rho_{ort} = 420 \text{ kg/m}^3$)

(A.B.T.H.Y.E, Tablo 4.86)

- Eleman 1 (alt başlık) : 2 x 70 x 240 mm
- Eleman 2 (çapraz eleman) : 90 x 240 mm
- Kullanım sınıfı 2.
- $C_N = 0.95$, $C_Y = 0.80$
- 2 eleman arasındaki açı $\alpha = 40^\circ$

(A.B.T.H.Y.E, Tablo 4.86)

- Bağlantı elemanının ilettiği kuvvet çapraz elemanın (Eleman 2) ahşap liflerine paraleldir.



Şekil 3

DAYANIM HESABI

- $F_d = 1.35 G_k + 1,5 Q_k$ değeri altında basınç kuvveti = 74 500 N
- $G_k = 31130 \text{ N}$; $Q_k = 21500 \text{ N}$
- Bulonlar çift tesirli çalışacaktır.
- Bulon Ø16, sınıf 6,8 ($f_{u,k} = 600 \text{ MPa}$)
- Rondela: $D_{dış} = 50 \text{ mm}$; $d_{iç} = 18 \text{ mm}$

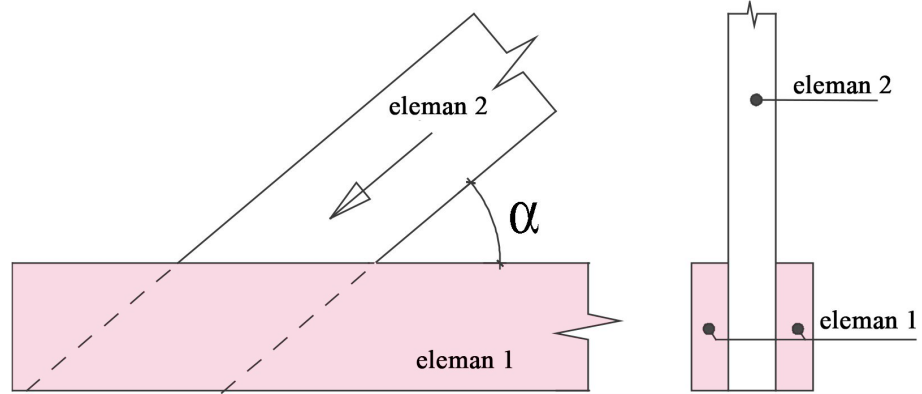
$$F_d = 1.35 \times 31130 + 1.5 \times 21500 = 74500 \text{ N}$$

Bulonun üzerindeki sayılar malzeme özelliği

Gösterir, örneğin 6.8 sayısı;

Kopma mukavemeti: 600 Mpa

Akma mukavemeti: $600 \times 0.8 = 480 \text{ MPa}$



Şekil 3

1. Karakteristik Dayanım Değeri $F_{v,Rk}$

1.1 Eleman 1'in $\alpha = 40^\circ$ Açılı ile Etkiyen Yüke Göre Karakteristik Ezilme Dayanımı

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times 16) \times 350$$

$$f_{h,0,k} = \underline{24,1 \text{ N/mm}^2}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \times 16$$

$$k_{90} = \underline{1,59}$$

$f_{h,0,k}$ = Liflere paralel doğrultudaki karakteristik ezilme dayanımı N/mm². **(A.B.T.H.Y.E, Denk.4.269.b)**

ρ_k = kg/m³ cinsinden ahşabın karakteristik yoğunluğu

d = mm cinsinden bulon çapı

α = Yük ile ahşabın lifleri arasındaki açısı

k_{90} = Yumuşak ağaçlar için $1,35 + 0,015 \cdot d$
(A.B.T.H.Y.E, Denk.4.269.c)

1. Karakteristik Dayanım Değeri $F_{v,Rk}$

1.1 Eleman 1'in $\alpha = 40^\circ$ Açılı ile Etkiyen Yüke Göre Karakteristik Ezilme Dayanımı

$$f_{h,40,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 40 + \cos^2 40}$$

$$f_{h,40,k} = \frac{24,1}{1,59 \sin^2 40 + \cos^2 40}$$

$$f_{h,40,k} = 19,4 \text{ N/mm}^2$$

$f_{h,0,k}$ = Liflere paralel bir yük için bulonun N/mm² cinsinden karakteristik yük taşıma kapasitesi. **(A.B.T.H.Y.E, Denk.4.269.a)**

ρ_k = kg/m³ cinsinden ahşabın karakteristik yoğunluğu

d = mm cinsinden bulon çapı

α = Ahşabın lifleri ile kuvvet açısı

k_{90} = Yumuşak ağaçlar için $1,35 + 0,015d$

(A.B.T.H.Y.E, Denk.4.269.c)

1. Karakteristik Dayanım Değeri $F_{v,Rk}$

1.2 Eleman 2'nin Karakteristik Ezilme Dayanımı

Kuvvet ahşabın liflerine paraleldir.

$$f_{h,180,k} = f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k \quad (\text{A.B.T.H.Y.E, Denk.4.269.b})$$

$$f_{h,180,k} = f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \times 16) \times 350$$

$$f_{h,180,k} = f_{h,0,k} = 24,1 \text{ N/mm}^2$$

$f_{h,0,k}$ = Liflere paralel doğrultudaki karakteristik ezilme dayanımı

ρ_k = kg/m³ cinsinden ahşabın karakteristik yoğunluğu

d = mm cinsinden bulon çapı

1. Karakteristik Dayanım Değeri $F_{v,Rk}$

1.3 Karakteristik Akma Momenti

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} \quad (\text{A.B.T.H.Y.E, Denk.4.268})$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \times 600 \times 16^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 243\,212 \text{ Nmm}$$

$f_{u,k}$ = karakteristik çekme dayanımı, N/mm²

$M_{y,Rk}$ = karakteristik akma momenti, Nmm

d = bulon çapı, mm

1. Karakteristik Dayanım Değeri $F_{v,Rk}$

1.4 $F_{ax,Rk}$ Hesaplanması: Karakteristik Dayanımı

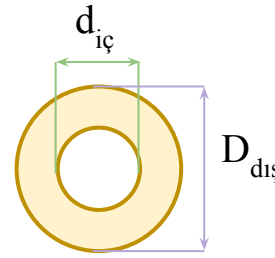
Bulonun karakteristik çekme dayanımı:

$$F_{t,Rk} = \gamma_{M2} \cdot F_{t,Rd} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 0,9 \times 600 \times 156 = 84240 \text{ N}$$

k_2 = Altıgen başlı bulonlar için 0,9

f_{ub} = 600 MPa : bulon çeliğinin maksimum akma mukavemeti

A_s = 156 mm² : bulonun dış dibi kesit alanı



$$F_{ax,Rk} = 3 \cdot f_{c,90,k} \cdot \frac{\pi \cdot (D_{dış}^2 - d_{iç}^2)}{4}$$

$$F_{ax,Rk} = 3 \times 2.5 \cdot \frac{\pi \times (50^2 - 18^2)}{4}$$

$$F_{ax,Rk} = 12818 \text{ N}$$

(A.B.T.H.Y.E, 4.11.4.2)

1. Karakteristik Dayanım Değeri $F_{v,Rk}$

1.5 İp Etkisinin Hesaplanması: Karakteristik Dayanımı

Enine basınç dayanımı:

$$\frac{f_{ax,Rk}}{4} = \frac{12818}{4} = 3204 \text{ N}$$

Bulonlar için ip etkisi Johansen teorisine göre %25'i ile sınırlıdır. Aşağıdaki detaylı hesaplamalar Johansen minimum direncini bulmamızı sağlamıştır (denklem j): **1340 N**. Sınır değer burada şu şekilde verilmiştir:

$0,25 \times 11\,340 = 2835 \text{ N}$ Bu değer şu nedenle kullanılacaktır: $\frac{f_{ax,Rk}}{4} > 2835 \text{ N}$

$$\text{İp Etkisi} = 2835 \text{ N}$$

1. Karakteristik Dayanım Değeri $F_{v,Rk}$

1.6 Bir Kayma Düzlemi Bağlamında Her Bir Göçme Modu İçin Mukavemet:

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{24,1}{19,4} = 1,24$$

Kesme düzlemindeki bir bulon için karakteristik mukavemet:

$$f_{v,Rk} = 14175 \text{ N}$$

(g)	$f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 19,4 \cdot 70 \cdot 16$	21 728 N
(h)	$0,5 \cdot F_{H,2,K} \cdot t_2 \cdot d = 0,5 \cdot 24,1 \cdot 90 \cdot 16$	17 352 N
(i)	$1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2\beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$ $1,05 \cdot \frac{19,4 \cdot 70 \cdot 16}{2 + 1,24} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot 1,24 \cdot (1 + 1,24) + \frac{4 \cdot 1,24 \cdot (2 + 1,24) \cdot 243212}{19,4 \cdot 16 \cdot 70^2}} - 1,24 \right] + 2835$ $= \mathbf{1340} + 2835$	14 175 N
(k)	$1,15 \cdot \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$ $1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1,24}{1 + 1,24}} \cdot \sqrt{2 \cdot 243212 \cdot 19,4 \cdot 16} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$ $= 14868 + 3204$	18 072 N

Tablo: Farklı Kayma Mukavemeti Değerlerinin Hesaplanması

2. Bulon Sayısı Hesabı

2.1 Tasarım Mukavemeti $F_{v,Rd}$

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} \frac{C_N \cdot C_Y \cdot C_B}{\Omega}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{14175 \times 0.95 \times 0.80 \times 1}{1,3}$$

$$F_{v,Rd} = 8286 \text{ N}$$

(A.B.T.H.Y.E, Denk.4.243)

$F_{v,Rd}$ = Karakteristik kayma dayanımı

C_N = Nem durumu katsayısı, KS2, 0.95

C_Y = Yük etki süresi katsayısı, Orta süreli etki, 0.80

C_B = Malzemenin dağılımını dikkate alan kısmi katsayı

2. Bulon Sayısı Hesabı

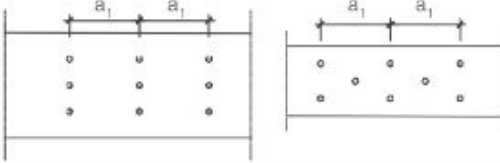
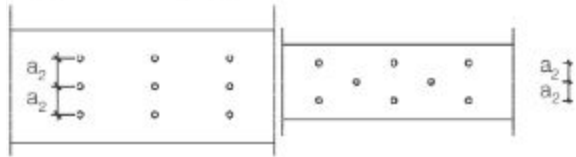
2.2 Bulon Sayısı

$$n = \frac{F_{v,Ed}}{2 \cdot F_{v,Rd}} \text{ (2 kesme düzlemi)}$$

$$n = \frac{74500}{2 \cdot 8286} = 4,49 \cong 5 \text{ adet}$$

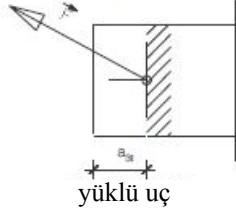
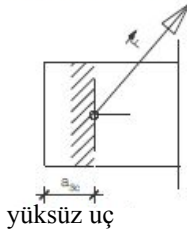
3. Mesafeler ve Aralıklar

Tablo 1: Eleman 1 için mesafeler. Lifler ile ilişkili olarak kuvvet açısı: 40°

Mesafe	Şema	İfade	Minimum Mesafe	Seçilen Mesafe
a_1	Liflere paralel sıra 	$(4 + \cos\alpha) \cdot d$	77	218
a_2	Liflere dik sıra 	$4d$	64	65

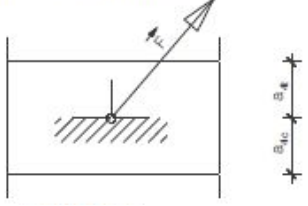
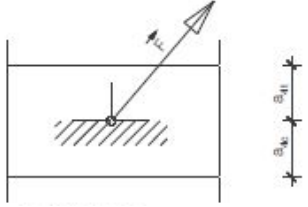
3. Mesafeler ve Aralıklar

Tablo 1: Eleman 1 için mesafeler. Lifler ile ilişkili olarak kuvvet açısı: 40°

Mesafe	Şema	İfade	Minimum Mesafe	Seçilen Mesafe
$a_{3,t}$	Ahşap elemanın yüklü ucu 	$\max(7d; 80 \text{ mm})$	77	218
$a_{3,c}$	Ahşap elemanın yüksüz ucu 	$\max [(1+ 6\sin\alpha)d; 4d]$		

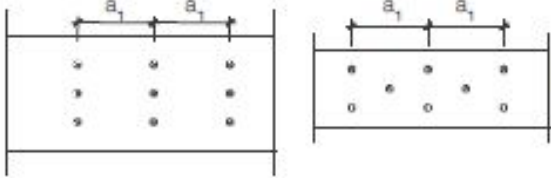
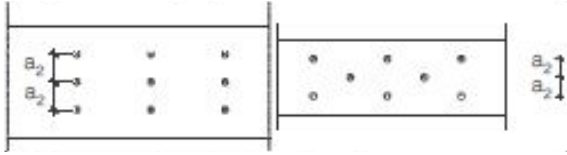
3. Mesafeler ve Aralıklar

Tablo 1: Eleman 1 için mesafeler. Lifler ile ilişkili olarak kuvvet açısı: 40°

Mesafe	Şema	İfade	Minimum Mesafe	Seçilen Mesafe
$a_{4,t}$	Ahşap elemanın yüklü kenarı 	$\max [(2+2\sin\alpha)d; 3d]$	53	60
$a_{4,c}$	Ahşap elemanın yüksüz kenarı 	$3d$	48	50

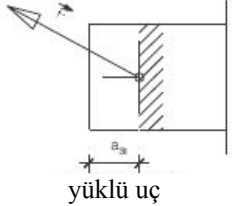
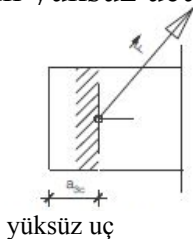
3. Mesafeler ve Aralıklar

Tablo 2: Eleman 2 için mesafeler. Lifler ile ilişkili olarak kuvvet açısı: 0°

Mesafe	Şema	İfade	Minimum Mesafe	Seçilen Mesafe
a_1	Liflere paralel sıra 	$(4 + \cos\alpha) \cdot d$	80	202
a_2	Liflere dik sıra 	$4d$	64	70

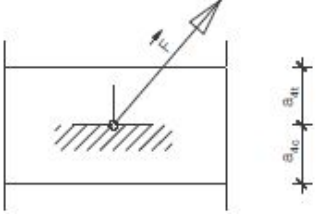
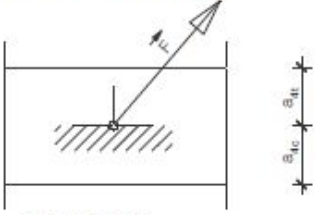
3. Mesafeler ve Aralıklar

Tablo 2: Eleman 2 için mesafeler. Lifler ile ilişkili olarak kuvvet açısı: 0°

Mesafe	Şema	İfade	Minimum Mesafe	Seçilen Mesafe
$a_{3,t}$	Ahşap elemanın yüklü ucu 	$\max(7d; 80 \text{ mm})$		
$a_{3,c}$	Ahşap elemanın yüksüz ucu 	$\max [(1+ 6\sin\alpha)d; 4d]$	64	93

3. Mesafeler ve Aralıklar

Tablo 2: Eleman 2 için mesafeler. Lifler ile ilişkili olarak kuvvet açısı: 0°

Mesafe	Şema	İfade	Minimum Mesafe	Seçilen Mesafe
$a_{4,t}$	Ahşap elemanın yüklü kenarı 	$\max [(2+2\sin\alpha)d; 3d]$		
$a_{4,c}$	Ahşap elemanın yüksüz kenarı 	$3d$	48	50

TEŞEKKÜRLER



İYİ SENELER