

Prof. Dr. Abdulkadir KAN

MİMARLIK VE TASARIM FAKÜLTESİ
MİMARLIK BÖLÜMÜ
AHSAP VE CELİK YAPI HESAPLARI DERS NOTLARI

AHŞAP YAPILAR

Kaydedilen tarihin ilk yıllarından itibaren, ağaçlar insanlara yiyecek, barınak, yakıt, araç gereç olarak kullanılma imkânı sağlamıştır. Ahşap doğru şekilde işlenir ve kullanılırsa birçok canlı organizma zarar veremez ve çok dayanıklı olabilir. Ahşap birçok nedenden dolayı değerli bir yapı malzemesidir. Düşük birim ağırlığına rağmen yapısal olarak yeterli dayanıma sahip olması, ona yük aktaran yapı elemanı tasarımında sıklıkla kullanılma şansı vermiştir. Yüksek özgül mukavemete sahiptir (mukavemet/özgül ağrılık). Bu oran yapı çeliğinde 5, ahşapta ise 15 civarındadır. Diğer yapı malzemeleri ile karşılaştırıldığında, işlenmesi, el ve makine ile şekillendirilmesi ve ek yapılması daha kolaydır. Uygun şartlar altında dayanıklıdır. Amaca uygun her şekil ve kesitte elde edilebilir. Dış görünümü yüzeysel işlemler sonucunda (finishing) daha güzel ve dekoratif yapılabilir.

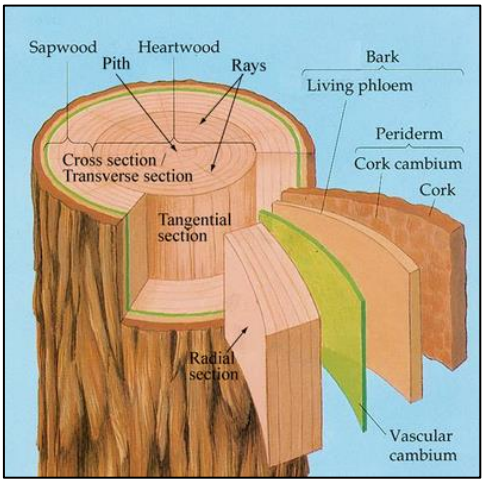
Ahşap doğal bir malzeme olup tasarımcılara sayısız çeşit ve seçenek sunar. Tasarımcıya amacına uygun ahşap cinsini seçmek ve yerinde doğru bir şekilde kullanmak kalıyor.

Ahşap olağanüstü özelliklere sahip olmasının yanında, elimizdeki kaynağı tükenmeyecek tek yapı malzemesidir. Bir metreküp ahşap kullanmak atmosferden iki ton karbondioksitin azalmasını sağlıyor.

İmalat ve montaj süresinin kısa oluşu maliyeti önemli ölçüde etkilemekte 1 haftada 2 katlı 400 m^2 lik bir binanın karkası bitmekte, 8 ila 10 haftada anahtar teslim hale gelebilmektedir.

Ahşap nedir?

Bileşiminde %60 selüloz (karbonhidrat),$(C_6H_{10}O_5)_n$, %18-38 lignin (odun özü), %12 hemiselüloz[1] bulunan, lifli, heterojen yapıya sahip canlı, organik esaslı doğal bir polimer yapı malzemesidir. Yapısal ahşap, lifleri sayesinde yük aktarır. Lifler selülozdan oluşmuş içi boş borucukladır. İnşaat sektöründe kullanılan ahşabın kaynağı ağacın gövdesidir. Ağacın gövdesi boyuna doğrultuda büyüyen ince uzun boru demetleri seklinde hücrelerden oluşur. Bir ağacın en kesitinde, yaşı, büyüme şartları, yapısı ve bazı özellikleri tespit edilebilir. Enine kesildiği zaman iç içe oluşmuş halkalar görülür. Her yıl ağaca yeni bir halka eklendiğinden bunlara yaş halkaları denir. Bir yaş halkasının iç kısmında gevşek ve açık renkli ilkbahar, dış kısmında ise sıkı yapılı ve koyu renkli yaz halkası bulunur. Daha geç ve yavaş büyüyen yaz halkalarının mukavemeti daha yüksektir. Yaş halkası genişledikçe ilkbahar halkası iğne yapraklılarda genişler, yapraklılarda değişmez. Bundan dolayı iğne yapraklılarda dar yaş halkalı ahşap, yapraklılarda geniş yaş halkalı ahşap daha mukavemetli ve daha kalitelidir.



Şekil 1

Ağaç çeşitleri

Yapısal ahşabın elde edildiği ağaçlar, botanik yönden iki sınıfa ayrılır.

1-İğne yapraklı ağaçlar softwoods; (çam, köknar, ardıç, ladin, sedir) *Coniferous species*

2-Geniş yapraklı ağaçlar hardwoods (meşe, kayın, gürgen, kestane, kızılağaç, kavak,dişbudak) *Deciduous species, poplar*

[1] Hemiselüloz, bitki hücrelerinin çeperlerinde selüloz ve pektinlerle birlikte bulunan bazı karmaşık karbonhidrat ya da polisakaritlerin ortak adı. Doğada sık olarak rastlanan bazı hemiselülozlar uronik asit, ksilan, arabinoz moleküllerinden oluşur. https://tr.wikipedia.org/wiki/Hemiselüloz

Bu ağaç çeşitlerinin elverişli olan gövdelerinden ve atıklarından doğramalık kereste, yapı kerestesi, mobilya dekorasyon kerestesi, yakacak, kâğıt, sunta, MDF, OSB[2], kontrplak, kontrtabla gibi birçok ahşap ürünü elde edilir. Ahşap yapılarda kullanılacak keresteler, TS EN 942-2008; Doğramalık kereste- Kereste kalitesinin genel olarak sınıflandırılması ve TS EN 975-1-2010; Biçilmiş yapacak odun (kereste)- Yapraklı (sert) ağaç odunlarının görünüş özelliklerine göre sınıflandırılması- Bölüm 1: Meşe ve kayın- standartlarını karşılamalıdır.

Karaçam, sarıçam, kızılçam; İnşaat işleri, marangozluk, çeşitli ev eşyaları, ambalaj sandıkları, köprü, gemi tekneleri, telefon, telgraf, maden ve gemi direkleri, travers, çit kazıkları,

Ladin ve Köknar; İnşaat işleri, marangozluk, telefon, telgraf, maden ve gemi direkleri, kâğıt, kibrit çöpü, yağ kalıpları, elek kasnakları, çalgı aletleri, kurşun kalem, muhtelif oyuncaklar, sandıklar ve yakacak odun.

Sedir; Her türlü inşaat işlerinde, ahşap ev eşyaları, elbise ve çamaşır sandıkları, travers yapımı ve katran üretiminde.

Ardıç; Her çeşit inşaat işleri, çeşitli ev eşyaları, baston, su kapları, kurşun kalem ve tornacılık işlerinde kullanılır.

Meşe; Her çeşit inşaat işleri, çeşitli ev eşyaları, ahşap kaplamacılık, fırça ve çekiç sapları, çit kazıkları, köprü, su değirmenleri, gemi eğrileri, ziraat aletlerinin ahşap kısımları, maden ve telefon direkleri, travers ve yakacak odun.

Kayın; Her türlü inşaat işleri, marangozluk aletleri, ev eşyaları, bükme mobilya, kundura kalıpları, tüfek parçaları, çocuk oyuncakları, mutfak aletleri, ambalaj sandıkları, sandal kürekleri, takunya, ziraat aletleri, elek kasnakları, alet sapları, travers, bayrak direği ve yakacak odun.

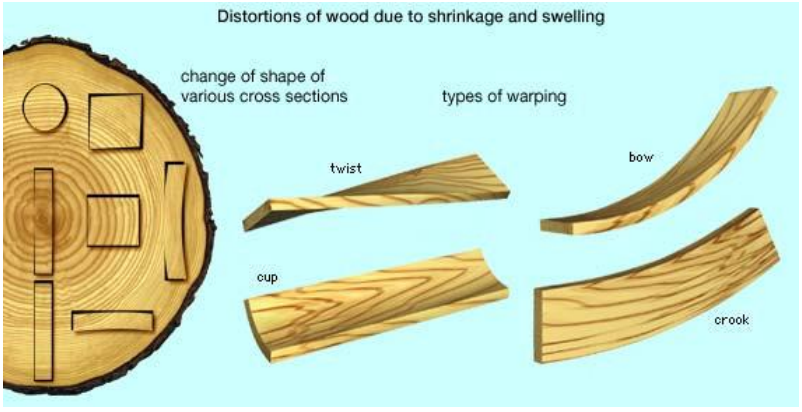
Gürgen; Her türlü inşaat işleri, marangozluk aletleri, ev eşyaları, bükme mobilya, kundura kalıpları, tüfek parçaları, çocuk oyuncakları, mutfak aletleri, ambalaj sandıkları, sandal kürekleri, takunya, ziraat aletleri, elek kasnakları, alet sapları, travers, bayrak direği ve yakacak odun

Emprenye Nedir?

Emprenye, birden fazla yöntem ile ahşap bünyesine değişik kimyasal maddelerin emdirilmesi olayıdır. Bu sürecin işlem amacı mantar, haşarat, termit, deniz kurdu vb. zararlı canlılardan koruyarak ahşabın hizmet ömrünü uzun vadeye taşımaktır. Emprenye işlemi kullanılan ahşabın türüne, kullanılacağı yere, beklenen hizmet süresine bağlıdır. Ahşabın toprak ve su ile temas edip etmediğine göre çeşitli emprenye yöntemleri vardır. Emprenye süreci her türlü inşaat uygulamasında, cephe kaplamasında, bahçe mobilyalarında, çitlerde, verandalarda, pergolelerde, iskelelerde, marinalarda, çocuk oyun parklarında, tarım alanlarında kullanılacak olan ahşaplar üzerinde uygulanmaktadır

Ahşabın çalışması ne demektir?

Yarı mamul ya da mamul ahşap imalatların yağmur, rüzgâr, güneş vs. dış etkenlerden etkilendiği süreç içerisinde şekil değiştirmesine ahşabın çalışması denilir. MDF, sunta gibi ürünlerde çalışma olmaz bozulma olur.



Şekil 2: Ahşabın kururken çalışması

[2] (oriented strand board)

Masif ahşap nedir?

Yapılarda taşıyıcı olarak kullanılmaya elverişli kerestelik tomrukların biçilmesinden elde edilen çeşitli ölçülerde kereste ve tabii yuvarlak ahşaptır.



Şekil 3

Standart Kereste İsim ve Kesit Ölçüleri

Mimari tasarımda ve mühendislikte kullanılan ahşabın %80'i kozalaklı ağaçlardan sağlanır. Ahşap yapılarda kullanılan kereste boyutları ve bunlara verilen isimler *TS EN 1315: 2010-Boyut sınıflandırılması-Yapacak odun-* standardında verilmiştir (Tablo 1)[3].

Tablo 1 Kereste isim ne boyutları

ELEMAN ADI	**BOYUTLAR**	
TAHTA (mm)	**Kalınlık**	**Genişlik**
	12, 18, 24, 28	80,100,120,150,170,190,220,250,280,300
KALAS (mm)	38	80,100,120,150,170,190,220,250,280,300
	48	120,150,170,190,220,250,280,300
	58	80,100,120,150,170,190,220,250,280,300
	78	100,120,150,170,190,220,250,280,300
	98	120,150,170,190,220,250,280,300
ÇITA (mm)	8/24,12/24,18/24 *dikdörtgen kesit*	
LATA (mm)	18/48,24/48,28/48,38/58 *dikdörtgen kesit*	
KADRON **(mm)**	28/28,28/58,38/38,38/78, 48/48,48/58,48/98,58/58, 78/78, 98/98	
KİRİŞ (mm)	120/120,120/150,120/170,120/190, 150/190,150/150,150/170,150/190, 170/170,170/190,190/190	
AZMAN (cm)	20/20, 20/22, 20/25,20/28,20/30, 22/22,22/25,22/28,22/30 25/25,25/28,25/30, 28/28,28/30 30/30	
Kalıp kerestesi (cm)	5/10,10/10	

Ayrıca ahşap yapıların, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018, Bölüm 12 de verilen – Deprem etkisi altında ahşap bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımı için özel kurallar- a göre tasarımı yapılmalıdır. (S. 279)

3 TS EN 1611-1: Biçilmiş yapacak odun (kereste)- İğne yapraklı (yumuşak) odunların görünüşlerine göre sınıflandırılması- Bölüm 1: Avrupa ladinleri, göknarları, çamları ve duglas göknarları
TS 1265:2012 –İğne yapraklı yapı keresteleri

Ahşap Kusurları

Türkiye'de, TS 647 "Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları" standardına göre ahşap malzeme, iğne yapraklı ağaç sınıfları, meşe ve kayın olmak üzere iki gruba ayrılır. Bünyesindeki kusurları göz önüne alarak iğne yapraklı ağaçlardan çam 3 sınıfa ayrılır. Sınıf numarası büyüdükçe budak, lif eğikliği, en kesit düzensizliği, çatlaklar gibi ahşap kusurlarının fazlalaştığı ve emniyet gerilmelerinin düştüğü kabul edilir (Yüncüler 2019). Bir ağaçta büyüme sırasında, kesildikten sonra veya kurutma sırasında bir takım kusurlar meydana gelir. Bu kusurların varlığı ahşabın yapısal kereste olarak kullanım alanını daraltır Ağaç büyürken oluşan başlıca ahşap kusurları şöyle özetlenebilir.

1-Yaş halkaları genişliklerinde farklılıklar.
2-Yaş halkalarının merkezden kaçık büyümeleri.
3-Reçine ve balsam cepleri.
4-Budaklar,
5-Yaş halkaları arasında dairesel çatlaklar
6-Boyuna istikametteki çatlaklar.
7-Öz odunda radyal çatlaklar.
8-Lif burukluğu
9-Gövdede burulma, kesme eksenine paralel olmayan lifler.

Budaklar; ağaç gövdesinden dışa doğru büyüyen dalların gövdede kalan en kesitleridir. Düşer budak ve kaynamış budak olmak üzere iki ana çeşidi vardır. Düşer budaklar ahşap kururken yârinden çıkar ve ahşabın yük aktaran kesitini azaltır. Yapı kerestelerinde düşer budak bulunmamalıdır. Beyaz budaklar zararsız, siyah ve çürük budaklar da zararlıdır. Kaynamış budakların birim ağırlığı ve dayanımı, ahşabın diğer kısımlarından fazladır. Mimari açıdan bakıldığında, kaynamış budakların görselliğinden dekoratif olarak faydalanılır (Şekil 5). Budak, çekme altında çalışan elamanlarda mukavemetin düşmesine neden olur.

Lif eğikliği: Ağaç liflerinin ağaç boy eksenine paralel olarak gelişmemesinden doğan bir kusurdur. Bu kusurun varlığında, ahşap düzgün biçilse dahi, ahşap zamanla kururken eğilir ve çatlar.

Ahşap Dayanımını Etkileyen Faktörler

Ahşabın bir yapı elemanı olarak yoğun bir şekilde kullanımının en büyük sebebi düşük birim ağırlığına oranla yüksek dayanımının olmasıdır. Ahşap yaşayan canlı bir organizma olduğundan, dayanımı başta nem muhtevası olmak üzere birim ağırlık, lif doğrultusu gibi birçok etmenlere göre değişiklik gösterir. Bu faktörler şunlardır.

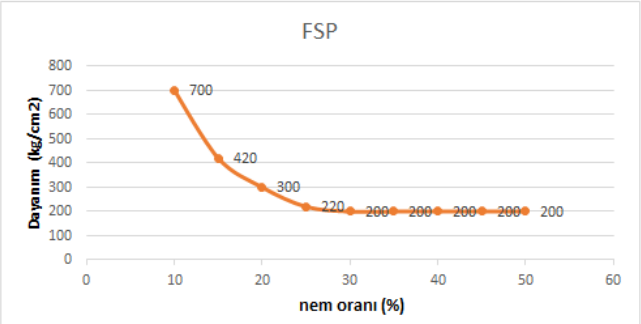
1-Yapısal bozukluklar ile dayanım arasındaki ilişki: Bu tür bozukluklar genelde ağaç büyürken meydana gelen kusurlardır. Lif kıvrıklığı, şekilsiz büyüme, budak vs. gibi kusurlar ahşabın mukavemet kaybına sebep oldukları gibi kullanım alanını da sınırlar. Bu tür bazı kusurlar güzel ve dekoratif görünüm verdiklerinden detay malzeme olarak mimarlar tarafından yeğlenir. Bunu yanında ahşabın kurtulması sırasında oluşan çatlaklar, yarılmalar, çaplanmalar da ahşabın mukavemetini önemli ölçüde etkiler.

2- Rutubet ile diğer özellikler arasındaki ilişki: Ahşap higroskopik bir cisimdir. %30 kadar su emebilir. Yoğunluğu ve dayanımı su muhtevasına göre değişir. Ahşap içerisinde bulunan nem, onun bütün dayanım değerlerini etkiler. Ahşabın nemi arttıkça özellikle liflere paralel basınç dayanımı düşer. Bir bakıma ahşapta liflere paralel basınç dayanımıyla, su muhtevası arasında ters bir oran vardır. Rutubetin %0-%10 arasında olması halinde dayanım 700 kg/cm^2 civarındadır. Ahşap rutubeti, birim ağırlıktaki suyun ağırlığının ahşabın kuru ağırlığına oranı olarak belirlenir.

$$\omega = \frac{W_n - W_k}{W_n} X100$$

Yeni kesilmiş ağaçta nem, %130 - %50, piyasada kuru kabul edilen ahşapta %22 - %18, yapay yöntemlerle fırında kurutulmuş olanlarda %8'in altında olabilir. Bu nedenle ahşabın özellikleri standart olarak, %12-15 arasında nem derecesinde bulunan örnekler üzerinde saptanır.

Lif Doyma Noktası (FSP) =Hücrelerde hiç serbest suyun olmadığı, bağlı suyun (hücre çeperindeki su) ise doygunluğa ulaştığı noktaya denir. Bu noktadan daha küçük nem oranlarında malzemede çalışma az olur ve dayanım yükselir. Bu noktadan sonra su içeriğinde çok az değişim gözlenir (Şekil 4).



Şekil 4

Mesela nem oranı %9 olan beyaz ağaçlarda liflere paralel basınç dayanımı 37 N/mm^2 iken, nem oranı %33 olması durumunda bu dayanım değeri 16,5 N/mm^2 ye düşmektedir.

Tablo 2: Ahşabın nem miktarına göre ortalama basınç dayanımları

Ahşabın kuruluk derecesi	***Rutubet miktarı (%)***	***Liflere paralel Basınç Dayanımı (kg/cm^2)***
Tamamen kurutulmuş ahşap	0	615
Kapalı yerde kurutulmuş ahşap	10	430
Açık havada kurutulmuş ahşap	15	340
Hava rutubetinde bekletilmiş	20	260
Suya doygun Ahşap	100	180

a) Mutlak Nem: *Birim hacim havada bulunan su buharı ağırlığıdır ve g/m^3 olarak ifade edilir.*

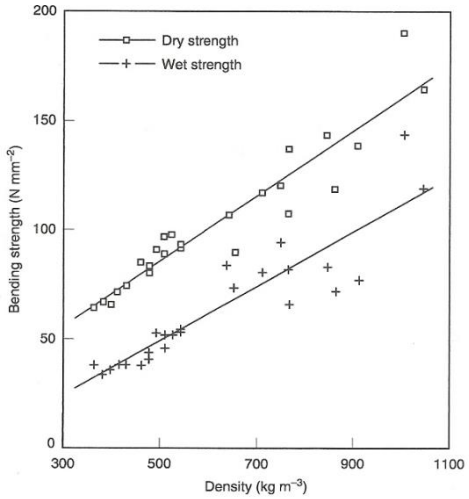
b) Bağıl Nem: *(Rölatif) Havadaki nemin, aynı sıcaklıkta havanın taşıyabileceği maksimum neme oranıdır ve % olarak ifade edilir.*

c) Özgül Nem: *Birim ağırlık havada bulunan su buharı ağırlığıdır ve g/kg olarak ifade edilir. Bir başka değişle 1 kg havadaki su buharının gr cinsinden miktarına denir.*

3- Birim ağırlık ile dayanım arasındaki ilişki: Ahşap birim ağırlığı arttıkça, yani ahşap sert ve kısa lifli oldukça mukavemeti artar. Bunun yanında hafifledikçe mukavemeti azalır. Yapılarda taşıyıcı eleman olarak kullanılan ağaçların birim hacim ağırlıkları 0,42 ile 1,00 gr/cm^3 arasında değişir. Gürgen, köknar, ladin gibi sert ağaçların (hardwood) dayanımları 800-1100 kg/cm^2 arasında değişir. Birim hacim ağırlıkları yüksek olan ahşapların mekanik özellikleri de yüksektir. Ancak bunların işlenmesi ve çalışılması zordur. Mantar, böcek gibi hayvanlara karşı dayanıklıdır. En hafif ağaç Balsa ağacıdır. Birim hacim ağırlığı 0,09-0,16 gr/cm^3 kadardır. Ekvator, Güney Amerika'da yetişir. Maket uçaklarda ve maket mimarisinde kullanılır. Bilinen en ağır ağaç Grenadil ağacı olup b.h.a sı 1,36 gr/cm^3 dir.

Tablo 3

AHŞAP VE AHŞAP MAMULLERİ,	**Yük hesaplarına esas Birim ağırlık (kg/m^3)**
İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar Yapı kerestesi, (çam vb.)	600
Kayın, Meşe, Dişbudak, Kontrplak (TS46), Kontrtabla (TS 1047)	800
Yatık ve dik ahşap yonga levhalar	700
Sert ve orta sert odun lifi levhalar (TS 64)	600 - 1000
Hafif odun lifi levhalar	200 – 300



Şekil 5[4]: Ahşap birim ağırlığı ile eğilme dayanımı arasındaki ilişki

Tablo 4 : Birim ağırlığa göre ağaç çeşitleri

Ağırlık Sınıfı	Birim Ağırlık (gr/ cm³)	Ağaç Türleri
Çok Hafif Ahşap	0.43 gr/ cm³ kadar olanlar	Ihlamur, köknar, ladin, ardıç çamı, kavak, balsa
Hafif Ahşap	0.44-0.72 gr/ cm³ olanlar	At Kestanesi, Kırmızı Çam, Kırmızı Gürgen, Akçaağaç,
Ağır Ahşap	0.73-0.99 gr/ cm³ olanlar	Huş, Kestane, Kızılağaç, Söğüt, Sedir, Melez Çamı, Çınar, Tik, Ceviz, Karaağaç, Dışbudak
Çok Ağır Ahşap	1 gr/ cm³'den fazla olanlar	Ak gürgen, Zeytin, Meşe, Akasya, Elma, Armut, Karaçam, Maun, Pelesenk, Kiraz, Erik, Porsuk Ağacı, Abanoz, Pock Ağacı, Şimşir, Gül ağacı

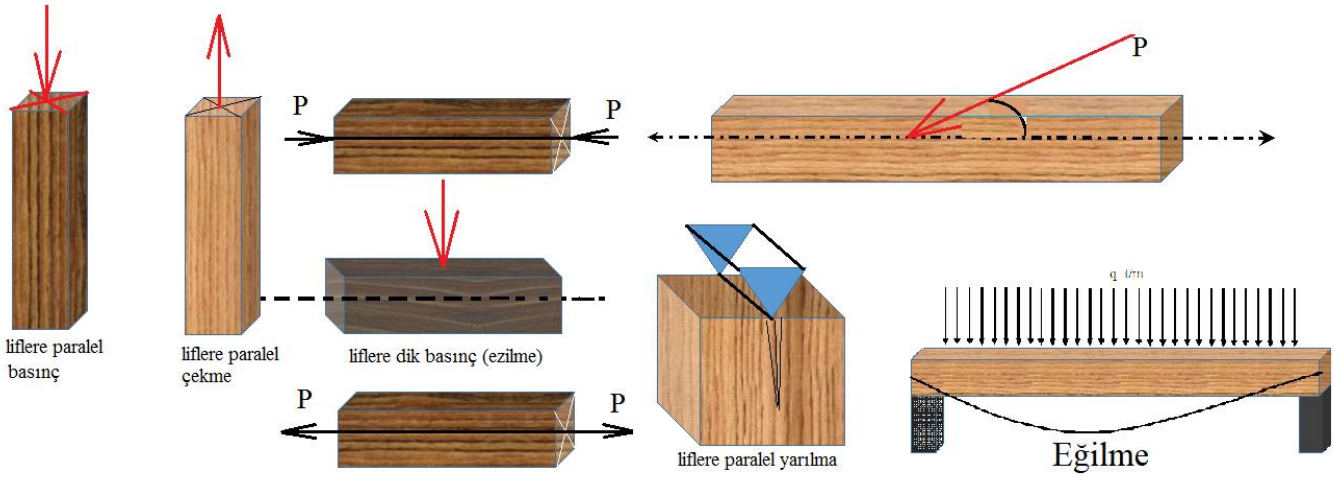
Ahşap birim ağırlığı arttıkça eğilme dayanımında da büyük artış olmaktadır. Sert ve ağır kereste, hafif ve yumuşak keresteye nazaran eğilme dayanımı fazladır.



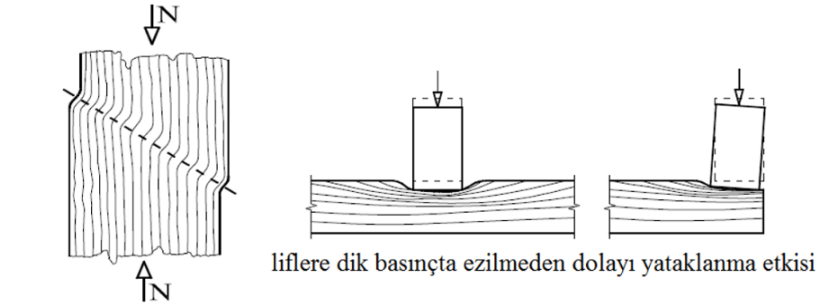
Şekil 6: *Ahşap kusurları (kaynamış budak, düşer budak)*

4- Lif doğrultusu ile kuvvet doğrultusu arasındaki ilişki: Ahşap malzeme çelik malzeme gibi değildir. Heterojen ve anizotroptur. Ahşap yapı hesapları yapılırken, ahşap kesitine etkiyen yük ile kullanılacak ahşabın lif doğrultusu arasındaki ilişkiye bakılmalıdır. Aksi halde yanlış yargıya varılmış olur. Lif doğrultusu özellikle basınç dayanımını etkiler. Ahşabın liflere paralel basınç dayanımı, liflere dik basınç dayanımından fazladır. Bu ilişki dayanım hesaplarında kullanılan Emniyet gerilmesi değerlerine de yansır. Ahşabın liflere paralel doğrultudaki makaslama-yarılma direnci de azdır.

$1\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \frac{1\text{ kg}}{9{,}81\text{N}} = \frac{10\text{x}10\text{ mm}}{1\text{ cm}^2} = \frac{100}{9{,}81} = 10{,}19\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ ... ***olur*** ……



Şekil 7



Şekil 8

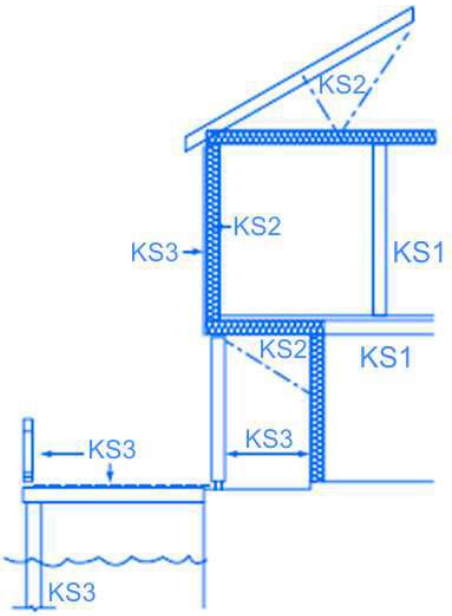


Şekil 9: Liflere dik ezilme etkisinin dağıtılması



Şekil 10:Sinop Hacı Ömer camii ahşap dikme ve başlığı

Ahşap Kullanım Sınıfları



Kullanım sınıfı 1: Bu sınıf 20 °C sıcaklık ve yalnızca yılda bir kaç hafta içinde % 65'i aşan çevredeki havanın (rölatif) bağıl nemi ile karşılık gelen malzeme nem içeriği ile karakterize edilir. Bu sınıfta ortalama nem içeriği çoğu yumuşak ahşapta %12'yi aşmayacaktır.

Kullanım sınıfı 2: Bu sınıf 20 °C sıcaklık ve yalnızca yılda bir kaç hafta içinde % 85'i aşan çevredeki havanın rölatif nemi ile karşılık gelen malzeme nem içeriği ile karakterize edilir. Bu sınıfta ortalama nem içeriği çoğu yumuşak ahşapta %20'yi aşmayacaktır.

Kullanım sınıfı 3: Kullanım sınıfı 2'den daha fazla nem içeriğine neden olan iklim koşulları ile karakterize edilir.

Kullanım Sınıfı	Ortalama Nem İçeriği	İklim Koşulları
KS1	ω ≤ %12	20 °C ve %65 rölatif nem
KS2	ω≤ %20	20 °C ve %85 rölatif nem
KS3	ω > %20	Kullanım sınıfı 2'den fazla

Termik genleşme: Her cisimde olduğu gibi ahşabın da boyutlarında sıcaklık etkisi ile değişiklikler olur. %0 nem ve 0°C'de saptanan ısıl genleşme katsayısı lifler doğrultusunda 0.5 x 10^{-4}, liflere dik doğrultuda 0.05 x 10^{-4} değerindedir.

AHŞAP YAPI ELEMALARI HESAPLARI

Yapısal ahşabın deneylerle tespit edilmiş çekme basınç, eğilme, makaslama ve dinamik tesirlere karşı mekanik dayanımı vardır. Ahşap kesit hesaplarında dayanım yerine emniyet gerilmesi değeri kullanılır. Emniyet gerilmesi, malzeme dayanımının (ahşap veya çelik) bir güvenlik katsayısına bölünmesiyle elde edilen değer olup, kesit ve gerçekleme hesaplarında kullanılır. Hesap veya tasarım dayanımı olarak ta adlandırılır. Emniyet gerilmesi kavramını güvenli bölge koşulu kavramı ile açıklayabiliriz. Özellikle ahşap yapısal eleman hesaplarında çekme, basınç ve eğilme dayanımları ön plana çıkar.

Ahşap mukavemet ve kesit hesaplarında Güvenli Bölge Koşulu:

Taşıyıcı bir elemanın en kesitinde oluşan gerilmeler, o elemanın yapıldığı malzemenin hesap dayanımını (emniyet gerilmesi) aşmamalıdır.

$\sigma \leq \sigma_{em}$

$\sigma = \frac{P}{F_n} \leq \sigma_{em}$

$\sigma = \sigma_{em}$, Limit durum, en ekonomik kesit seçilmiş olur.

$\sigma < \sigma_{em}$, Güvenli bölge, σ_{em}'den uzaklaştıkça ekonomiklik azalır.

$\sigma > \sigma_{em}$, Güvensiz bölge

Eurocode 5'e Göre Ahşabın Sınıflandırılması.

Eurocode 5'e göre ahşap malzeme, mekanik değerleri göz önüne alınarak "Yapı Kerestesi-Mukavemet Sınıfları" (Structural Timber-Strength Classes, EN 338) Standardı'nda belirtildiği şekilde sınıflandırılır. EN 338'e göre ahşap malzeme mekanik değerlerine göre 2 grup ve 20 sınıfa ayrılır. Ahşap mekanik özelliklerine göre sınıflandırılırken ölçülen kriterler; eğilme, liflere paralel çekme, liflere dik çekme, liflere paralel basınç, liflere dik basınç, makaslama, liflere paralel elastisite modülü, liflere dik elastisite modülü, makaslama modülü ve yoğunluktur. Bu kriterler ahşabın elastisite modülü, kopma modülü ve özgül ağırlığına bağlıdır. Ahşap sınıfları belirlenirken, ahşaba fiziksel zarar vermeyen akustikultrasonik uygulamalar, lokal yoğunluk ölçümü ve nem ölçümü gibi yöntemler kullanılır (Esen, 2010). EN 338'de belirtilen iki grup C ve D olarak adlandırılır. C grubu, sıkça kullanılan çam, köknar, ladin, sedir gibi ağaçların bulunduğu yumuşak ağaç grubudur. İsimlendirme yapılırken C'den sonra gelen rakam, ahşabın karakteristik eğilme gerilimini ifade eder. D grubu içerisinde merbau, balau, teak gibi sert ağaçları içeren Güneydoğu Asya, Afrika, Avustralya gibi ülkelerde yetişen tropikal ağaçları barındırır (Yüncüler,2019).

Ahşap yapı hesaplarında ahşap kesit ve kontrolü için kullanılacak olan emniyet gerilmeleri Tablo 4 ve 5 de verilmiştir.

Tablo 5:*TS EN 338, 2016,Yapı kerestesi – Dayanım sınıfları*

YUMUŞAK AHŞAP	Ahşap Sınıfı	Dayanım Özellikleri (N/mm²)						Rijitlik Özellikleri (kg/cm²)				Karakteristik Yoğunluk (kg/m³)	Ortalama Yoğunluk (kg/m³)
		EĞİLME	ÇEKME (Liflere Paralel)	ÇEKME (Liflere Dik)	BASINÇ (Liflere Paralel)	BASINÇ (Liflere Dik)	KAYMA	Ortalama Elastisite Modülü (Liflere Paralel)	%5 Elastisite Modülü (Liflere Paralel)	Ortalama Elastisite Modülü (Liflere Dik)	Ortalama Kayma Modülü		
		$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$E_{0,mean}$	$E_{0,05}$	$E_{90,mean}$	G_{mean}	ρ	ρ_{mean}
	C14	14	8	0,4	16	2	3	70000	47000	2300	4400	290	350
LADİN KÖKNAR	C16	16	10	0,4	17	2,2	3,2	80000	54000	2700	5000	310	370
	C18	18	11	0,4	18	2	3,4	90000	60000	3000	5600	320	380
	C20	20	12	0,4	19	22,3	3,6	95000	64000	3200	5900	330	390
	C22	22	13	0,4	20	2,4	3,8	100000	67000	3300	6300	340	410
ÇAM, KARAÇAM	C24	24	14	0,4	21	2,5	4	110000	74000	3700	6900	350	420
	C27	27	16	0,4	22	2,6	4	115000	77000	3800	7200	370	450
DUGLAS	C30	30	18	0,4	23	2,7	4	120000	80000	4000	7500	380	460
	C35	35	21	0,4	25	2,8	4	130000	87000	4300	8100	400	480
	C40	40	24	0,4	26	2,9	4	140000	94000	4700	8800	420	500
	C45	45	27	0,4	27	3,1	4	150000	100000	5000	9400	440	520
	C50	50	30	0,4	29	3,2	4	160000	107000	5300	10000	460	550
SERT AHŞAP MEŞE, KAYIN, AKÇAAĞAÇ	D18	18	11	0,6	18	7,5	3,4	95000	80000	6300	5900	475	570
	D24	24	14	0,6	21	7,8	4	100000	85000	6700	620	485	580
	D30	30	18	0,6	23	8	4	110000	92000	7300	6900	530	640
	D35	35	21	0,6	25	8,1	4	120000	101000	8000	7500	540	650
	D40	40	24	0,6	26	8,3	4	130000	109000	8600	8100	550	660
	D50	50	30	0,6	29	9,3	4	140000	118000	9300	8800	620	750
	D60	60	36	0,6	32	10,5	4,5	170000	143000	11300	10600	700	840
	D70	70	42	0,6	34	13,5	5	200000	168000	13300	12500	900	1080

Tablo 6: Ahşap yapı elemanı için hesap dayanımları (emniyet gerilmeleri) (kg/cm²) (TS 647)

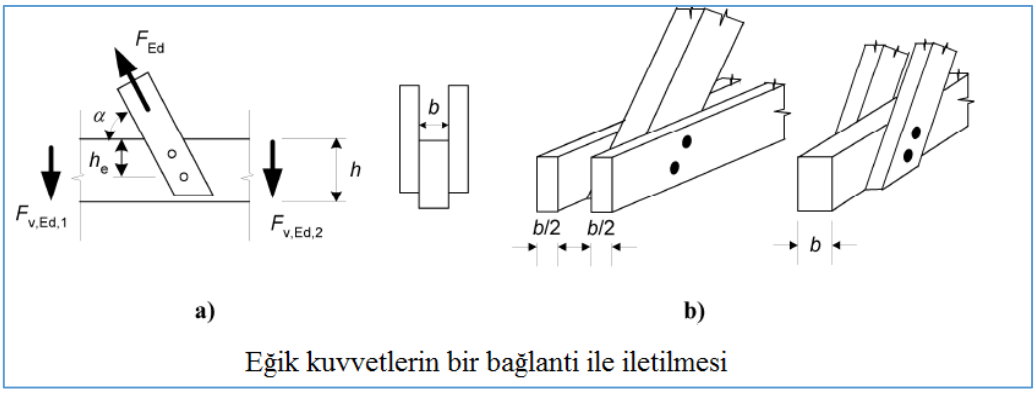
	Çalışma Şekli	III.Sınıf Ahşap		II.Sınıf Ahşap		I.Sınıf Ahşap		DÜŞÜNCELER
		Çam	Meşe Kayın	Çam	Meşe Kayın	Çam	Meşe Kayın	
1	Eğilme σ_e=	70	75	100(1)	110	130(1)	140	
2	Mafsalsız Sürekli Kirişlerde Eğilme σ_e=	75	80	110(2)	120	140(2)	155	
3	Lifler Doğrultusunda Çekme $\sigma_ç$=	0	0	85	100	105	110	
4	Lifler Doğrultusunda Basınç $\sigma_{//}$=	60	70	85(2)	100	110(2)	120	
5	Liflere Dik Doğrultuda Basınç $\sigma_{\perp}$=	20	30	20	30	20	20	Altlıkların basınç yüzeyinden her iki tarafa doğru uzama miktarları, en az altlık yüksekliğinin 1,5 katı kadar olmalıdır. Aksi halde basınç gerilmeleri 1/5 oranında azaltılır.
6	Hafif ezilmelerin fazla bir tesiri olmadığı inşaat kısımlarında liflere dik eğilme $\sigma_{e\perp}$=	25	40	25	40	25	40	
7	Lifler doğrultusunda makaslama (3) τ_{em}=	9	10	9	10	9	10	

(1) Kara çam için 10 kg/cm² lik bir artma kabul edilir.
(2) Kara çam için 5 kg/cm² lik bir artma kabul edilir.
(3) Liflere dik doğrultudaki makaslama emniyet gerilmeleri, Lifler doğrultusundaki emniyet gerilmelerinin üç mislidir.

Tablodaki emniyet gerilmeleri göz önüne alındığında kuvvet ile lif doğrultusu arasında bir dayanım ilişkisi görülür. Bu tablodaki değerler kuvvetin liflere dik (α=90º) ve liflere paralel (α=0º) etkimesi halinde kullanılabilir.

Kuvvetin ahşap liflerine bir açı altında etkimesi halinde ahşap emniyet gerilmeleri aşağıdaki bağıntı ile hesaplanması gerekir.

$$\sigma_{\alpha,bem} = \sigma_{\parallel bem} - (\sigma_{\parallel bem} - \sigma_{\perp bem}).sin\alpha \ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$



Eğik kuvvetlerin bir bağlanti ile iletilmesi

Şekil 11

Deprem etkisi altında yapılacak tüm ahşap binaların taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılması ve birleşimlerinin düzenlenmesi, bu konuda yürürlükte olan ilgili standart ve yönetmeliklerle birlikte, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde ***Bölüm 12*** *de belirtilen kurallara göre yapılacaktır.*

Ahşap Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması

Türkiye bina deprem yönetmeliği 2018' de Ahşap binalarda yatay yük taşıyıcı sistemleri depreme karşı davranışları bakımından iki sınıfa ayrılmıştır.

1 – Kaplamalı Panel Sistemler:

(a) Deprem etkisinin tamamının çivili veya vidalı OSB, kontrplak (plywood) paneller ile karşılandığı ahşap binalar. Bu tür ahşap binaların süneklik düzeyi yüksektir.

Bu tür yapılar şu koşulları sağlamalıdır.

-Çelik pim, bulon ve çivili birleşimli, ahşap-ahşap ve ahşap-çelik birleşimlerde birleşen ahşap elemanların kalınlığı en az 10d olmalı ve birleşim elemanı çapı (bulon) 12 mm'yi aşmamalı.

-Döşeme ve perde panel elemanlarında ahşap esaslı kaplama kalınlığı en az 4d olmalı ve çivi çapı 3.1 mm'yi aşmamalı Duvar ve döşeme ahşap kaplamalarında aşağıda verilen koşulların yerine getirilmesi durumunda sünek davranışa izin verilebilir.

- Yonga levha panellerde yoğunluğun 650 kg/m^3 olması,

- Kontrplak, OSB ahşap kaplamaların kalınlığının en az 9 mm olması,

- Yonga levha ve lifli levha kalınlığının en az 13 mm olması.

(b) Deprem etkisinin tamamının çivi, vida ve bulon ile birleştirilen tutkallı, perde ve döşeme panel elemanları ile karşılandığı ahşap binalar. Bu tür binalar Süneklik Düzeyi Sınırlı Sistemler olarak alınacaktır.

2 – Çaprazlı Panel Sistemler*: Deprem etkisinin tamamının çapraz elemanlar ile karşılandığı ahşap binalar. Bu tür binalar Süneklik Düzeyi Sınırlı Sistemler olarak alınacaktır.*

Ahşap binaların taşıyıcı perde panelleri, planda olabildiğince düzenli ve ana eksenlere göre simetrik veya simetriğe yakın biçimde yerleştirilecektir. Tüm katlarda taşıyıcı perde panelleri üstüste gelecek şekilde düzenlenecektir.

Panelleri Oluşturan Elemanlar

Panellerin ahşap iskeleti aşağıda (a) ila (f)'de belirtilen elemanlardan oluşturulacaktır:

(a) Ana dikmeler,

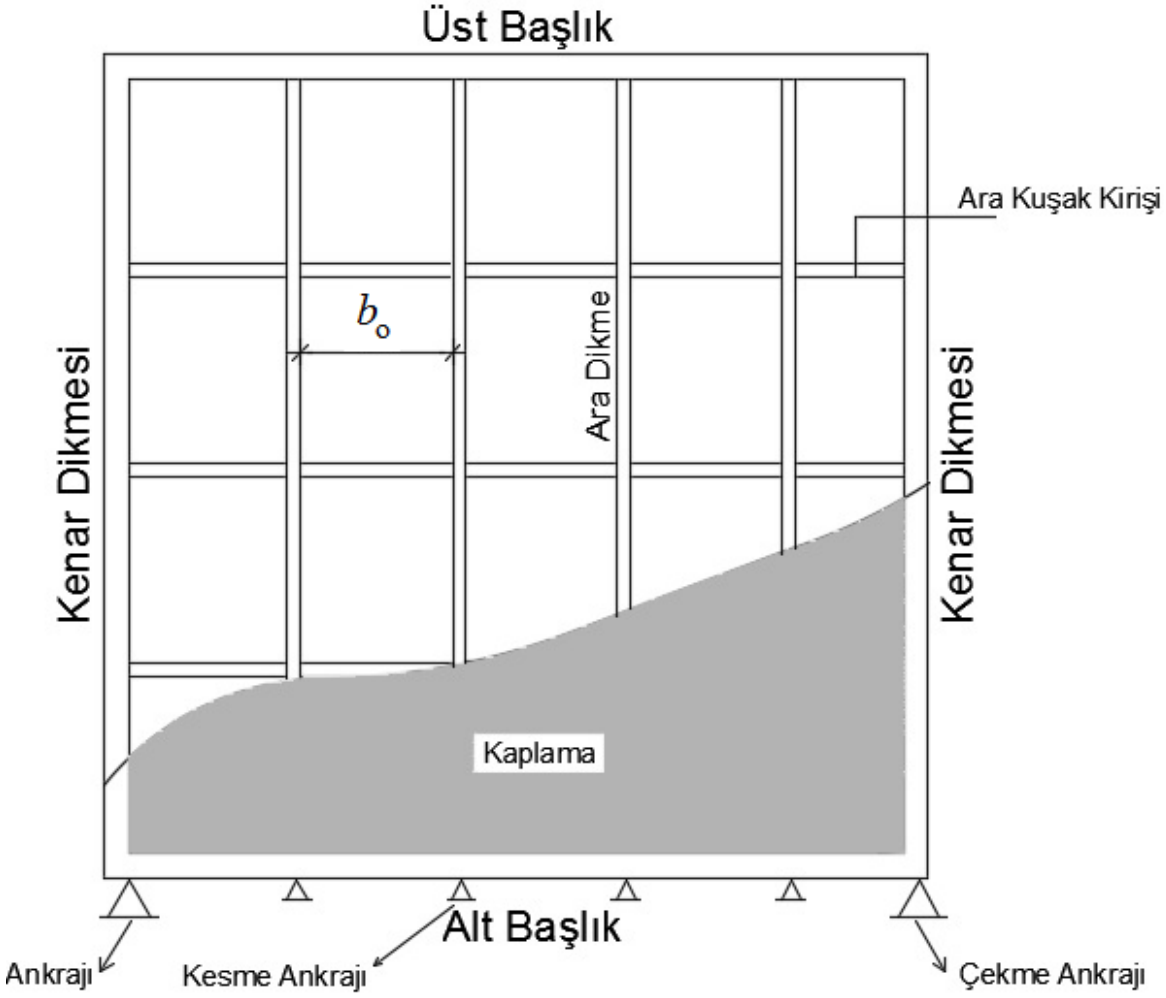
(b) Ara dikmeler,

(c) Dikmelerin altına konulacak taban kirişleri,

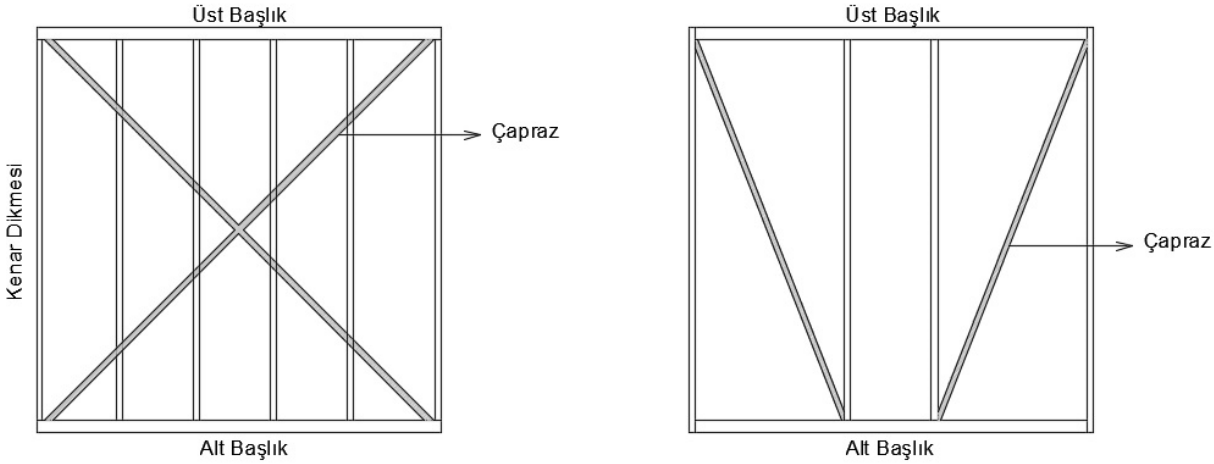
(d) Dikmelerin üstüne konulacak başlık kirişleri,

(e) Taban ve başlık kirişleri arasında duvarda dikdörtgen gözler oluşturan ve dikmeleri duvar boyunca birbirine bağlayan yatay kuşak kirişleri,

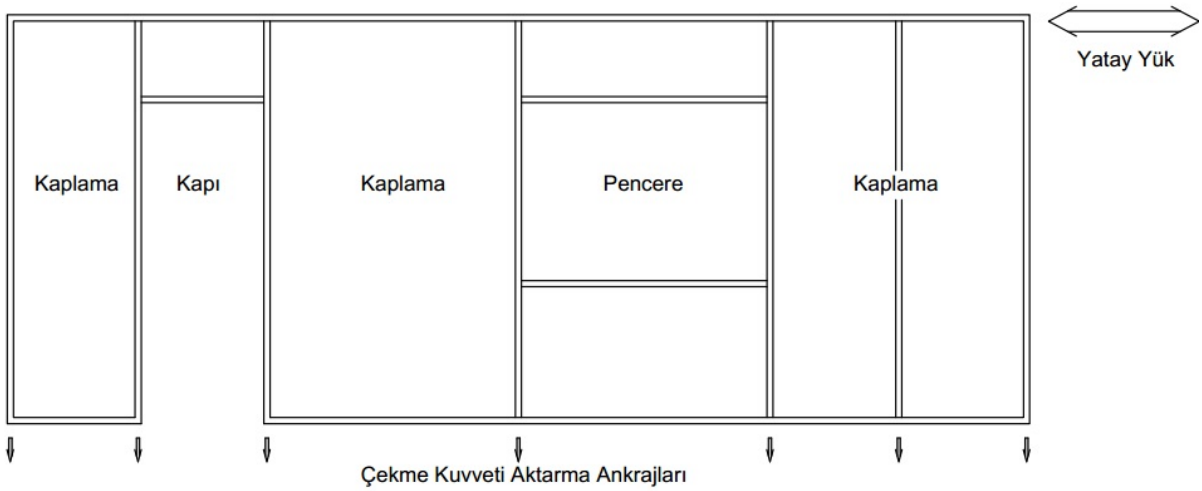
(f) Oluşturulan dikdörtgen gözleri üçgen gözlere bölen çaprazlar veya yatay yük taşıyan kaplama panelleri.



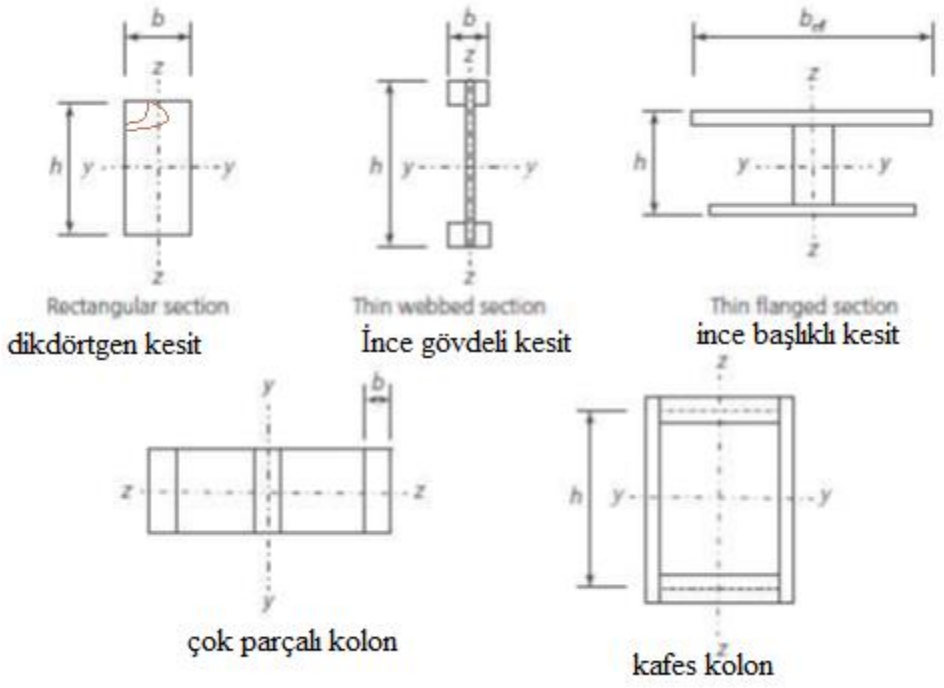
Şekil 12: Kaplamalı tipik bir panel iskeleti



Şekil 13: çaprazlı tipik bir panel iskeleti



Şekil 14: Tam kat yüksekliğindeki taşıyıcı panel



Şekil 15: Ahşap taşıyıcı eleman tasarımı

Yük etki süresi arttıkça ahşap ve ahşap esaslı yapısal elemanların dayanımında azalma olur. Bu etkiyi ahşap yapı tasarımında dikkate almak için yük etki sınıfları tanımlanmıştır.

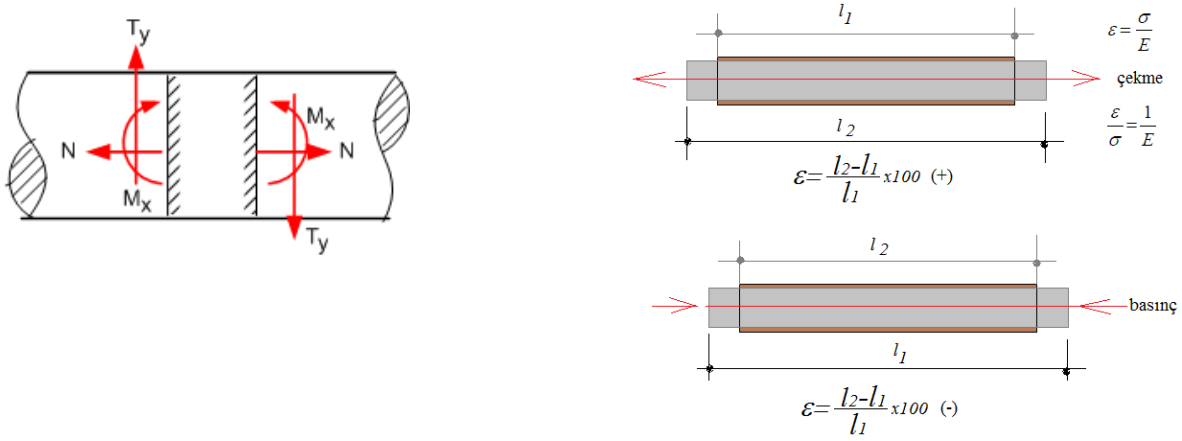
Yük Etki Süresi Sınıfı	Süre	Yük Etki Süresi Sınıfı	Yük etkisi örneği
Sürekli	10 yıldan fazla	Sürekli	öz ağırlık
Uzun	6 ay - 10 yıl	Uzun	depolama
Orta	1 hafta – 6 ay	Orta	hareketli yük, kar
Kısa	1 haftadan az	Kısa	kar, rüzgar
Çok kısa		Çok kısa	rüzgar, kazara etkiyen yükler

Şekil 16: ahşap yapısal elemanlar için yük etki süresi sınıfları.

Ahşap Yapı Elemanlarının Hesabı

Eksenel Kuvvet Etkisi Altındaki Elemanlar

Dış kuvvetlerin etkisi altındaki bir çubuğun en kesitinde kesit tesirleri doğar. Kesit tesirleri normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momentinden oluşur. Dış kuvvetlerin etkisi altındaki rijit bir çubuğun boy eksenine paralel etkiyen kuvvetler normal kuvvetleri oluştururlar. Normal kuvvetler ÇEKME (+), ya da BASINÇ (-) şeklinde etki edebilir. Çekme kuvveti olarak etkimesi durumunda çubuk boyu uzamaya zorlanırken, basınç kuvveti olarak etkimesi durumunda çubuk boyu kısalmaya zorlanır (Hooke denklemleri). Birinci durumda çekme kopması, ikinci durumda ise ezilme kırılması deformasyonu oluşur.



Şekil 17

Ahşap Çekme Çubuklarının hesapları

Boy ekseni doğrultusunda çekme kuvvetleri etkisi altındaki yapısal elemanlara çekme çubuğu denilir. Bu çubukların bütün kesitinin (F=cm^2) çekme gerilmeleri aktardığı varsayılır.

Ahşap çekme çubukları, yük taşıtmak amacıyla ya da konstrüktif amaçla yapılmış çatı, köprü, konut gibi bütün tasarımlarda rastlanır.

Çubuk kesitine etkiyen çekme kuvvetinden dolayı (P=kN, N, Ton) çubuk kesitinde çekme gerilmeleri oluşur. Bu gerilmeler genel bir ifade ile

$$\boldsymbol{\sigma_ç = \frac{P}{F} \leq \sigma_{em}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots şeklinde\ gösterilir.$$

Şartnamelere göre, çubuğun faydalı enkesitinde oluşan gerilmeler, çubuğun yapıldığı malzemenin emniyet gerilmesini aşmaması gerekir. Buna göre ahşap çekme çubuklarında kesitte oluşan gerilme Tablo 4 de verilen emniyet gerilmelerini aşmamalıdır. Bu durumda ifade basit düzlem gerilme hali için

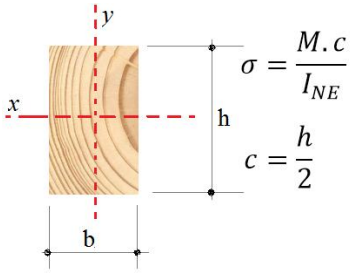
$$\boldsymbol{\sigma_ç = \frac{P_{max}}{F_n} \leq \sigma_{em}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots şekline\ dönüşür$$

Fn= çekme çubuğunun faydalı enkesit alanıdır (cm^2)

Çubuğa etkiyen yük belirli bir eksantrisite (e), (dış merkezlik) ile etki ediyorsa P kuvvetinin yanında bir de M=P.e şeklinde bir eğilme momenti etkimiş olur. Bu durumda gerilme kontrolü,

$$\sigma_ç = \frac{P_{max}}{F_n} + 0{,}85.\frac{M}{W} \leq \sigma_{ç,em} \quad \text{ifadesi ile yapılır}$$

W= Ahşap kesitin mukavemet momenti (cm^3)



Faydalı en kesit kavramı (F_n)

Çekmeye ve eğilmeye çalışarak yük aktaran yapı elemanlarında çekme bölgelerinde bulunan, bulon için delik açma veya birleşim için kesme gibi her türlü sebeple oluşturulan kesit azalmaları ve kesit zayıflamaları hesaplarda göz önünde bulundurulmalıdır. Bu yüzden ahşap çekme çubuğu kesiti hesaplanırken elde edilen kesit %40-70 civarında artırılmalıdır.

Bir başka ifade ile açıklanacak olursa, ahşap elemanlar çivi, bulon gibi birleştirme araçlarıyla birbirlerine eklenirler ve bu sayede güvenli bir şekilde yük aktarabilir hale getirilirler. Çubuğun etkiyen "P" yükünden dolayı hesaplanan "F" en kesiti bu çivi ve bulon delikleri yüzünden azalacaktır (ΔF). Şu halde çekme çubuğunun faydalı en kesit alanı hesaplanan alandan zayiat alanının çıkarılmasıyla bulunur.

$$F_1 = \frac{P}{\sigma_{ç,em}} \dots\dots\dots cm^2$$

$$\Delta F = n.d.t_{min} \qquad F_n = F_1 - \Delta F$$

t_{min}; birleşimi oluşturan ahşap kesitlerin en küçüğüdür.

d, bulon deliği yada çivi çapı (cm), bulon deliği, bulon çapından 1 mm fazla alınır.

Çivili birleşimlerde çivi çapı d ≥ 4,2 mm ise, ΔF=0,20 F ve d<4,2 mm ise ΔF=0 alınır

$$F_n = \frac{P_{max}}{\sigma_{ç,em}} \dots\dots\dots F_{ger} = 1{,}70 \cdot F_n \dots cm^2 \dots\dots Bu\ kesitin\ aktif\ olarak\ \%70\ kadarı\ yük\ taşıyabilir.$$

Ahşap Birleştirme Araçları

Ahşap yapıların, hizmet verebilirliği ve dayanıklılığı yük aktaran çubukların birbiriyle yapılan birleşimlerinin çeşidine bağlıdır. Ahşap veya çelik yapısal elemanlar arasındaki kuvvet aktarımı birleşim aracılığıyla sağlanır. Birleşimler genellikle ahşap yapı tasarımında kritik bir rol oynarlar.

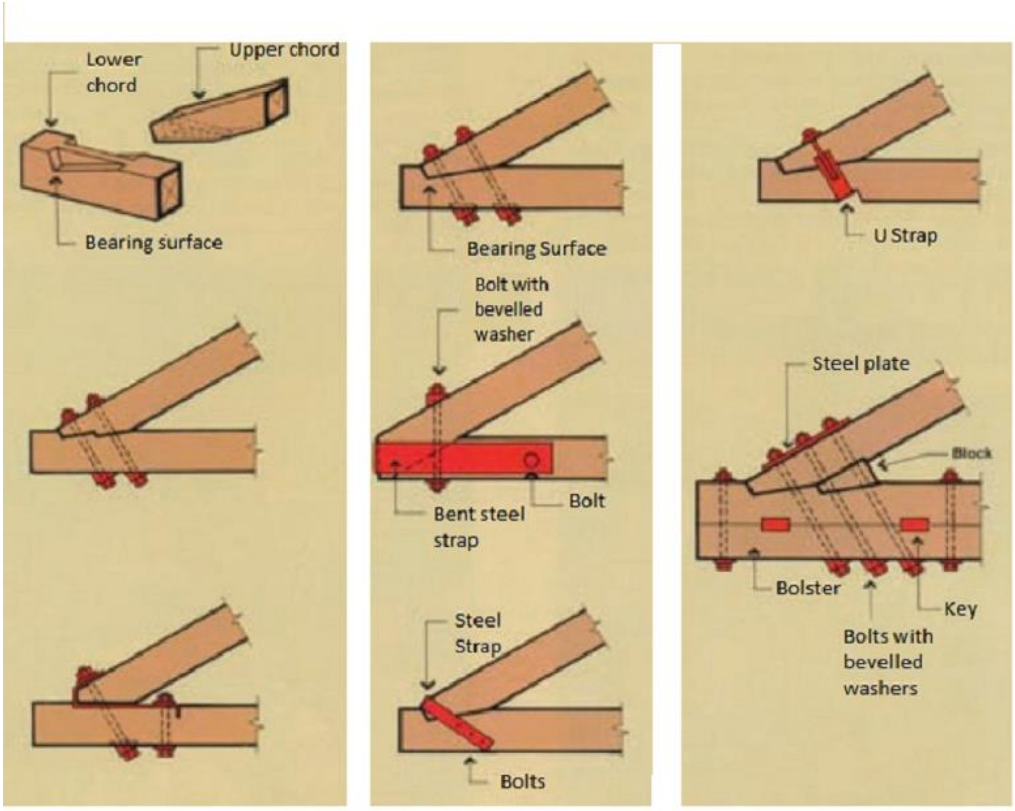
Bu birleşimler,

1-Kuvvet, elemanların temas halindeki yüzeylerinden basınç gerilmeleri yoluyla aktarılır. Bunun gerçekleştirilebilmesi için temas yüzeylerinin iyi bir marangozluk işçiliği sonucu uygun bir şekilde hazırlanması gerekir. Bu nedenle bu tür birleştirme yöntemine "*marangozluk birleşimleri*" denilir. *Tek dişli birleşim* ya da *çift dişli birleşim* olarak çeşitleri vardır.

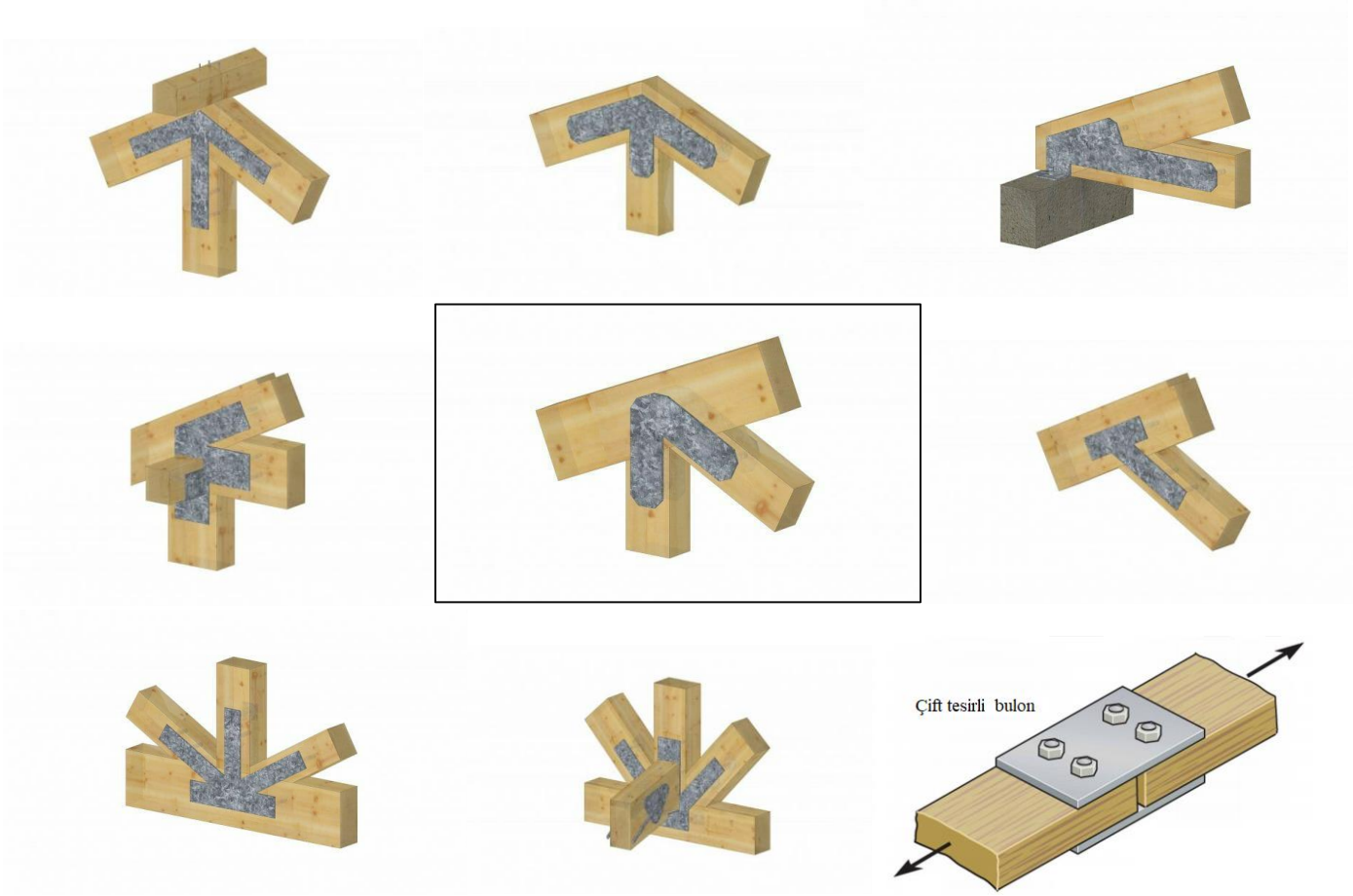
2-Kuvvetin aktarılmasında Çivi, vida, bulon, kama, tutkal, metal levha gibi bir *birleştirme aracından* faydalanılır.

. Birleşim araçlarının dayanımı ile ahşap yapının dayanımı doğrudan ilişkilidir.

. Birleşimlerin rijitliği yapının genel davranışını ve eleman boyutlarını etkileyecek kadar önemli olabilir.


Lower chord
Upper chord
Bearing surface
Bearing Surface
Bolt with bevelled washer
Bent steel strap
Bolt
Steel Strap
Bolts
U Strap
Steel plate
Block
Bolster
Key
Bolts with bevelled washers

Şekil 18


Çift tesirli bulon

Çiviler:

Çiviler çoğunlukla gövdesi ve kafası yuvarlak, çekme dayanımı 600 N/mm^2 'den fazla olan çelik malzemeden yapılmış birleştirme aracıdır.

TS 155 ürün standardına göre Çapları 1,5-8 mm, boyları 20-260 mm arasında olabilir.

Çiviler çap/boy olarak gösterilir. Örneğin (55/140) bir çivinin çapı 5,5mm boyu 140 mm'dir.

Bir çivinin güvenli taşıma kapasitesi

Çivi eksenine dik doğrultudaki kuvvetler söz konusu olduğunda,

$$N_ç = \frac{500.d_ç^2}{1+d_ç} \ldots . kg. \quad burada\ dç, çivi\ çapı\ olup\ cm\ olarak\ alınır \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

Bir çivinin emniyetle taşıyabileceği en büyük yük değeri $P_{em} = n \cdot N_ç \ldots . . (kg)$ n: çivinin etki katsayısı

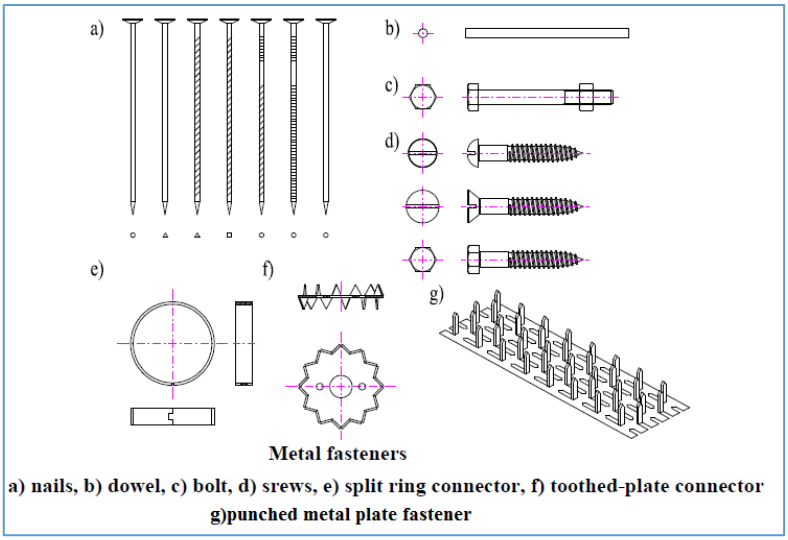
Çivi çapına göre kullanılabilecek en küçük ahşap eleman kalınlığı ise,

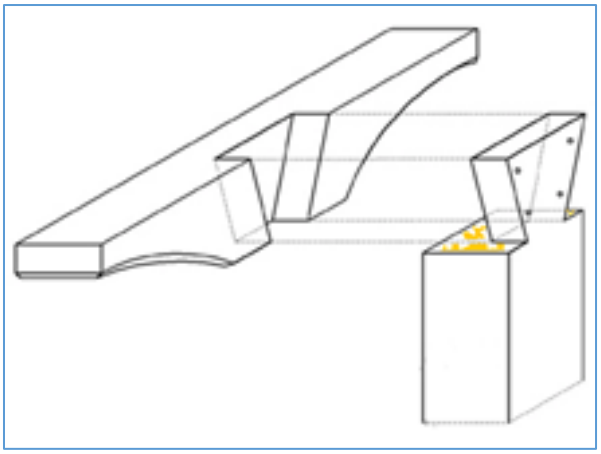
$a=t_{min}=d_ç.(3+8.d_ç)$ …. cm formülü ile bulunur.

Ahşabın karakteristik yoğunluğu (ɣk) 500 kg/m^3'ten fazla ve/veya çivinin çapı 8 mm'yi geçiyorsa çivi çakılacak yerler belirlendikten sonra çivi çapının %80d kadarı çapta matkapla delik açılmalıdır. İğne yapraklı ağaçlarda lif doğrultusu dikkate alınmaksızın, TS 155 standardına uygun karfiçe çivileri kullanılır

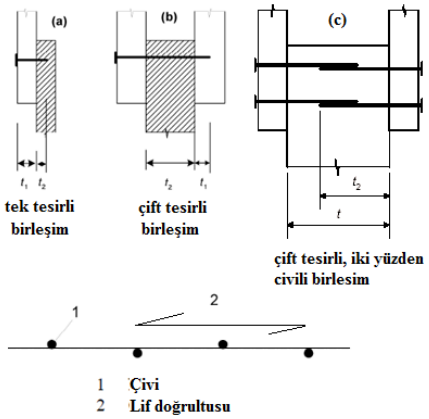
Tablo 7. *Ahşap kalınlığına göre çivi çap/uzunluk tablosu*

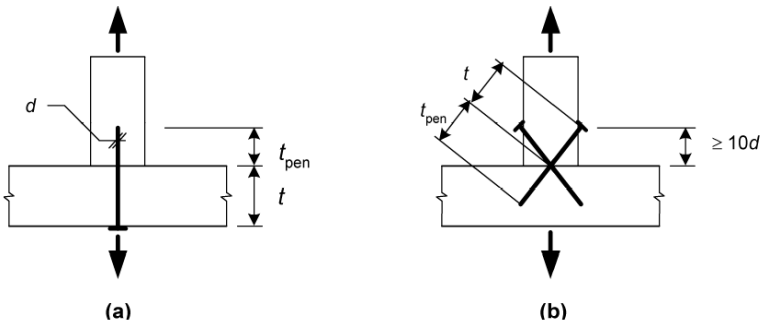
Ahşap kalınlığına bağlı çivi seçimi	
En küçük ahşap Kalınlığı (mm)	**Kullanılabilen çivi**
24	31/70 34/90 38/100
26	34/90 38/100 42/110
30	38/100 42/110 46/130
40	42/110 46/130 55/140
50	46/130 55/140 55/160
60	55/160 60/180 70/210
70	60/180 70/210 75/230
80	70/210 75/230 80/260





Şekil 19: *Metal birleştirme araçları ve ahşap dikme başlık detayı (marangozluk birleşimi)*





Nailing perpendicular to grain and (b) slant nailing

Şekil 20 *:perpendecular: dikey*

Ahşap çekme çubuklarına ait standart sınırlamaları

1-Çekme çubukları tek parçalı olarak kullanılacakları zaman en kesit alanı F≥40 cm^2 şartını sağlamalıdır.

2-Tek parçalı çekme çubuğunun en küçük boyutu 4 cm olmalıdır (b/h).

3-Çok parçalı çekme çubuklarından küçük kesitli çubuğun en küçük kalınlığı 2,4 cm, kesit alanı ise F≥15 cm^2 olmalıdır.

4- III. Sınıf ahşap malzemeler taşıyıcı eleman yapımında kullanılamaz.

5-EN14592'ye göre ahşap birleşimlerde 4.6, 4.8, 5.6 ve 8.8 kalitesinde bulonlar kullanılabilir.

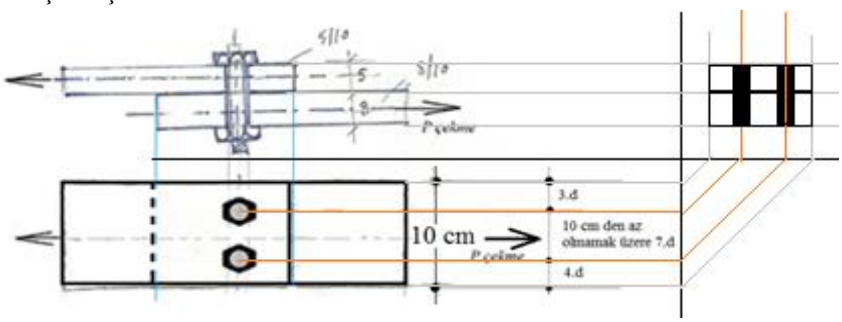


ÖRNEK 1: Bulonlar 2M16, Ahşap malzeme sınıfı II. Sınıf Çam, Verilen bulonlu ahşap çekme çubuğu birleşiminde

a-Faydalı en kesiti hesaplayınız

b- Ekin ahşap açısından taşıyabileceği güvenli çekme kuvveti hesaplayınız

c-Eki 1/5 ölçekle çiziniz



F_1=5x10=50 cm^2 (en zayıf alan) d_1= (d+1) delik çapı mm

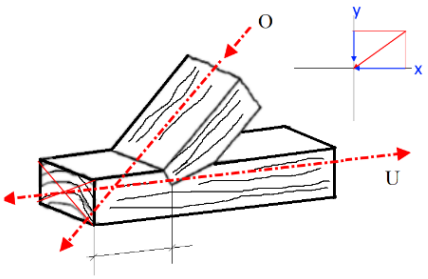
ΔF=2x(1,7x5)=17 cm^2 (Bulon delillerinin zayıflattığı alan)

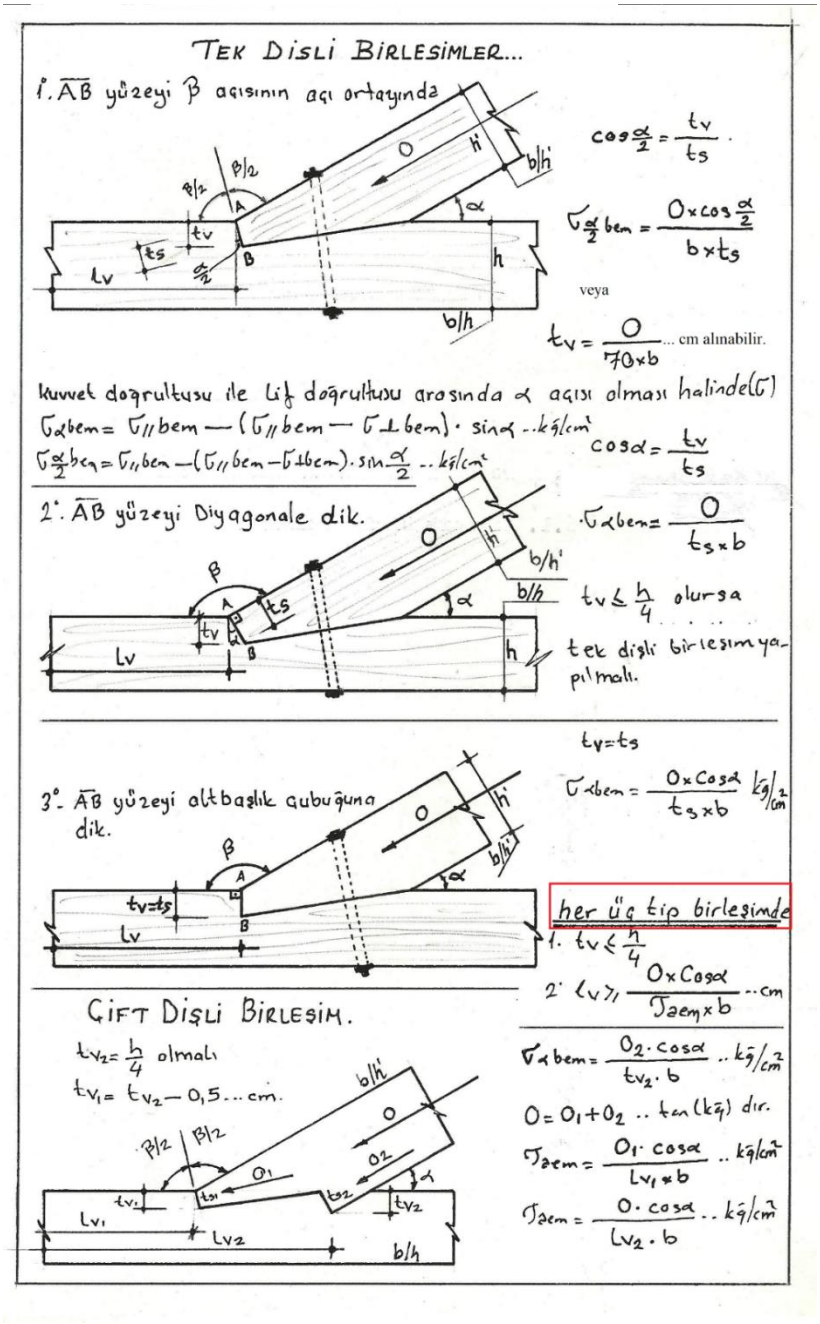
F_n= F_1- ΔF=50-17=33 cm^2

P_{em}= $F_n.\sigma_{ç,em}$=33x85=2085 kg sadece ahşap açısından

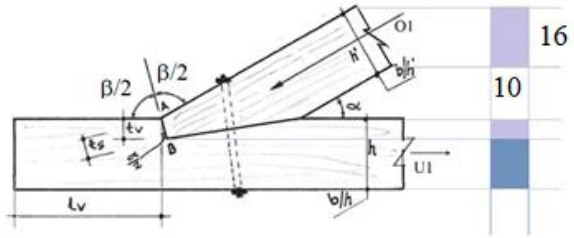
Tek ve çift dişli Birleşimler:

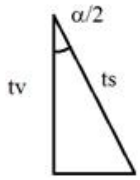
Bu tür dişli birleşimler, iki yapısal ahşap çubuk arasındaki açı 90°den daha küçük olması durumunda özellikle basınç kuvvetinin önceden hazırlanan temas yüzeyleri vasıtasıyla aktarılan birleşimlerdir. Basınç kuvvetinin niceliğine göre tek veya çift dişli yapılabilirler. Bu tür birleşimde eğik çubuk kuvvetinin yatay bileşeni, alttaki çubuğun liflerine paralel etkiyeceğinden makaslama (yarılma) direncine bağlı yarılma uzunluğu da hesaplanmalıdır. Özellikle diş açılan alttaki ahşanın kesitinin azalacağı göz önünde tutulmalıdır.





ÖRNEK II-Bir ahşap çatı makasının mesnet düğüm noktasında, Üst başlık çubuğuna etkiyen eksenel yük basınç olup 8000 kg dır. Malzeme II. Sınıf çam, α=18,00°, üst başlık kesiti 10/16 olduğuna göre,



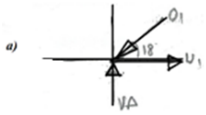


a-U1, alt başlık çubuğuna etkiyen eksenel kuvveti hesaplayınız

b- U1 alt başlık çubuğunun kesitini belirleyiniz.

c-Tek dişli birleşimi güvenli ölçüler dahilinde oluşturunuz (*lv, tv*)

d- Birleşimi 1/10 ölçekle çiziniz.



$\Sigma Fx=0$

$U1-O1.Cos18=0$

$U1=8000.Cos18=7608\ \ kg.$

$$\sigma=\frac{P}{F}\leq\sigma_{ç,emn} \qquad F=\frac{7608}{85}=89{,}51\ cm^2$$

Tablo 1

Ahşap çubukların hesaplanan kesitleri %70 civarı artırılır.

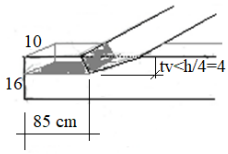
$F_{lüz}=1{,}70x89{,}51=152{,}16\ cm^2$... Tablo 3 den bu enkesit alanını sağlayan bir kesit seçilir. 10/16 seçildi.

Seçilen Kesitin Kontrolü

$Fn=Flüz-AF \qquad Fn=160-(160x0{,}30)=112\ cm^2$

$$\sigma=\frac{P}{F_n}\leq\sigma_{ç,emn} \qquad \sigma=\frac{7608}{112}=67{,}92\ kg/cm^2 < 85\ kg/cm^2$$

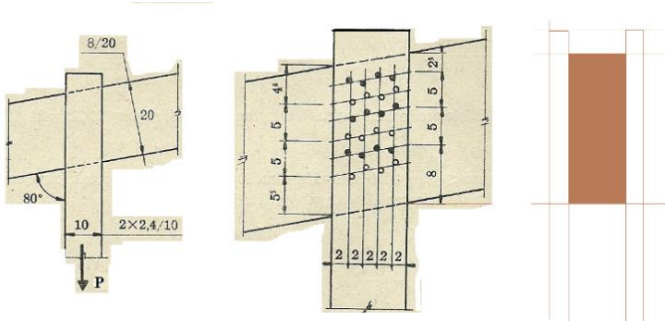
Seçilen kesit yeterlidir.



$$\tau_{kay}=\frac{U1}{b.lv}<\tau_{kay\,em}$$

$$lv>\frac{U1}{b.\tau_{kay\,em}}=\frac{7608}{10x9}=85\ cm.$$

ÖRNEK III: Şekilde ahşap çatı makası çivili birleşimi verilmiştir.



a)Bu çivili ekin (Çiviler ve 2x2,4x10 luk ahşap askılar bakımından) güvenle taşıyabileceği "P" çekme kuvvetini hesaplayınız.

b) P=1200 kg olarak verildiğine göre, ahşap elemanların kesit kontrolünü yapınız.

c) eki 1/10 ölçekle çiziniz.

Çiviler 38/100, II sınıf çam

Herhangi bir ekin güvenli taşıma kapasitesini hesaplamak için birleştirme aracının ve esas çubuğun aktarabilecekleri yük hesaplanmalı ve bunlardan en küçüğü (zayıf olanı) ekin güvenli taşıma kapasitesini verir.

-Çivilerin güvenli taşıma kapasitesi;

Bu çivili ekte 24 adet tek tesirli çivi kullanılmıştır. Bir çivini güvenli taşma kapasitesi

$$N_ç=\frac{500\cdot dç^2}{1+dç}=\frac{500\cdot 0{,}38^2}{1+0{,}38}=52{,}3\ kg.$$

$$P_{çivi}=n\cdot N_ç=24\cdot 52{,}3=\mathbf{1255{,}6\ kg}.$$

-2x2,4x10 kesitindeki ahşap askıların aktarabileceği yük,

$F_n=F-\Delta F$ *çivi çapı 3,8<4,2 mm olduğundan çivi zaiyatı yok kabul edilir. Aksi takdirde kesitin %30 u zaiyata düşülecekti.*

$F_n = F = 2 \cdot 2{,}4 \cdot 10 = 48\ cm^2$ $\sigma = \frac{P}{F_n} \leq \sigma_{em}$ *Tablo 1 den emniyet gerilmesi alınır. 85 kg/cm²*

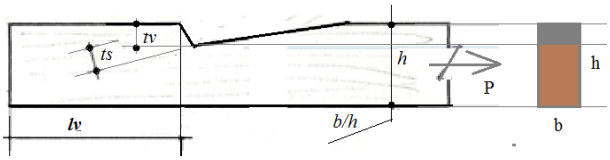
$P_{em} = F_n \cdot \sigma_{em}$ $P_{em} = 48 \cdot 85 =$ **4080 kg.**

Bu ek güvenli olarak en zayıf olan birleşim aracının aktardığı **P=1255,6** kg yük aktarabilir.

Ahşap kesitlerin kontrolü

P=1200 kg verilmiş olsun. Bu ek bu yükü taşır mı?, Taşımaz mı?

ÖRNEK IV- Verilenlerden faydalanarak ahşap çekme çubuğunun (alt başlık çubuğu) en kesitinin alabileceği en küçük boyutları hesaplayınız. II çam, P=15 ton (+), tek parçalı (ahşap için büyük bir değerdir)



Tek dişli birleşimden sonra 1-1 kesiti en zayıf kesit olacağı aşikârdır. (Ahşap emniyet gerilmesi Tablo 1 den)

$\sigma_ç = \frac{P}{F_n} \leq \sigma_{çem} \rightarrow\rightarrow F = \frac{P}{\sigma_{ç,em}} = \frac{15000}{85} = 176{,}47\ cm^2$

Yapım aşamasında ahşap kesiti marangozluk birleşimi için, çivi bulon vb. birleştirme araçları için açılan deliklerden dolayı kesit azalması olacağı öngörüldüğünden hesaplanan bu ilk kesit %70 civarında artırılır. (Çelik yapılarda %25) Bu öngörüyle güvenli bir iş yapılmış olur.

$F_n = 1{,}70 \cdot F \rightarrow\rightarrow F_n = 1{,}70 \cdot 176{,}47 = 300 cm^2$

Ahşap tablo 3' den standart kereste ölçüsü (azman) F=300 cm² için **14/22** (F=308 cm²>300cm²) seçilir.

Seçilen kesitin kontrolü gerekir.

Hesaplanan **14/22** (F=308 cm2) kesitin oluşacak kesit kaybından dolayı yaklaşık %70 i aktif yük aktarır. (%30 kesit kaybı)

$F_n = 0{,}70 \cdot F = F - (F \cdot 0{,}30) = 0{,}70 \cdot 308 = 215{,}6\ cm^2$

$\sigma_ç = \frac{P}{F_n} \leq \sigma_{çem} \rightarrow\rightarrow \sigma = \frac{15000}{215{,}6} = 69{,}57\ kg/cm^2 < 85\ \frac{kg}{cm^2}$ kesit yeterlidir.

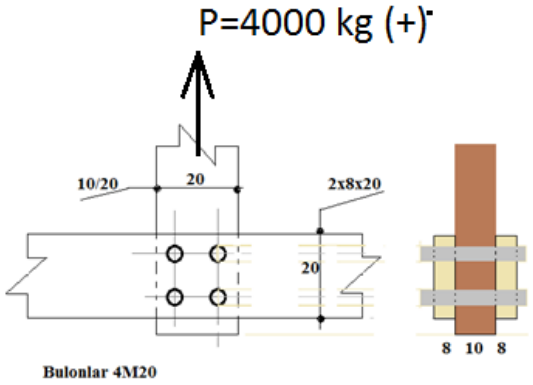
Bu konu ile alakalı bir başka soruda sorulabilir.

14/22 kesitinin güvenle aktarabileceği çekme kuvveti ne kadardır.(alt başlık çubuğu olduğunu unutmayınız)

$P_{em} = \sigma_{çem} \cdot F_n = 85 \cdot 215{,}6$=18326 kg>15000 kg.

ÖRNEK V-Verilen bulonlu ahşap detayında ahşap kesitini ve bulonları kontrol ediniz.

Cıvatalar, ahşap gövdesine önceden açılmış deliklere yerleştirilerek sıkılır)



Delik çapı ile bulon çapı arasında 1.00 mm fark vardır.

a-Ahşap çekme çubuklarının kontrolü

F=20x10=200 cm2

Fn=F-ΔF=200-(200x0,30)=140 cm2 veya

Fn=200x0,70=140 cm²

$\sigma_ç = \frac{P}{Fn} \leq \sigma_{Çem}$ $\sigma_ç = \frac{4000}{140} = 28{,}57\ \frac{kg}{cm2} <$ $85\ kg/cm2$

AHŞAP BASINÇ ÇUBUKLARI

Bir çubuğa uzunluk ekseni doğrultusunda etkiyen kuvvet çubuk liflerini kısalmaya ve burkulmaya zorluyorsa, bu kuvvete basınç kuvveti, bu yükü aktaran çubuğa ise basınç çubuğu denilir. Düşey taşıyıcı kolonlar ve kafes kirişlerin basınca çalışan elemanları örnek olarak verilebilir.

Basınç çubuğunun kesitinde kuvvete eşit fakat zıt yönde basınç gerilmeleri oluşur. Bu basınç gerilmeleri, çubuğun burkulma moduna geçmemesi için, çubuğun yapıldığı malzemenin emniyet gerilmesini (malzeme dayanımını) geçmemesi gerekir.

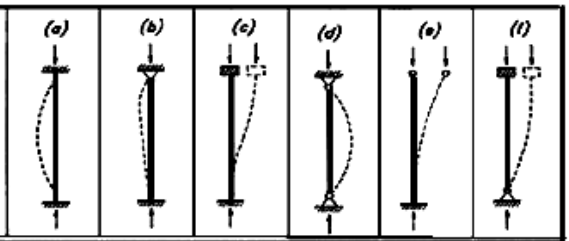
Basınç çubuklarında eğer çubuk uçlarının sağa sola ötelenmesi engellenmiş se teorik olarak boyunda bir miktar kısalma olur. Gerilmenin (σ) her değeri için ε=-ΔL/L şekil değiştirme oranı (-) ile ifade edilir.

Çekme çubuklarında faydalı enkesit ön plana çıkarken, basınç çubuklarında mesnetleniş şekli ve çubuğun uzunluğu ön plana çıkar.

BURKULMA BOYU :(l_k), (Ahşap ve çelik çubuklar için geçerlidir)

Burkulma, çubuk boyu ile kesitin bir fonksiyonudur. *"F"* kesitindeki ve "*l"* boyundaki bir çubuğa boy eksenine paralel basınç kuvveti etkimesi halinde, bu basınç kuvvetinin bir düzeye erişmesi sonucunda çubukta denge bozulur ve çubuk doğru formdan ayrılarak kesit eksenlerinden birine göre ötelenir. Çubuğun bu çalışma şekline **burkulma** denilir. Genel olarak kare ve daire kesitlerde bu ötelenme her iki eksene de dik olabilirken, dikdörtgen kesitlerde kısa kenara paralel olur.

Burkulmada çubuğa dışarıdan bir moment etki etmez, çubuk eksenel basınç kuvveti etkisiyle dengesini kaybeder ve burkulur. Hesaplarda çubuğun mesnetleniş şekline göre burkulma boyu esas alınır. Ayrıca çubuğun mesnetleniş şekli de burkulma boyunu etkiler. Çubuğun mesnetleniş şekline göre burkulma boyları basit EULER halleri için şunlardır.

Kolonun çalışma şekli. (Elastik eğri kesik çizgilerle gösterilmiştir.)						
Teorik 'k' değeri	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
ideal kosullarda önerilen Yaklaşık tasarım değerleri.	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0

Şekil 21

KL=lk

$$\frac{KL}{r} = \frac{l_k}{i_{x,y}} \qquad slendernes\ ratio$$

Kritik Burkulma Yükü:

Çubuğu burkulma durumuna getiren yük, kritik burkulma yüküdür (Pkr). Basınç çubuklarında burkulmaya sebep olan veya burkulma anındaki kritik yük EULER ifadesi ile bulunur.

$P_{kr} = \frac{\pi^2 EI}{l_k^2}$ İfadesi ile hesaplanır.

ATALET YARIÇAPI (i),

$i = \sqrt{\frac{I}{F}}$ cm ile ifade edilir. i^2

NARİNLİK: (λ) (kırılganlık) oranı slenderness ratio)

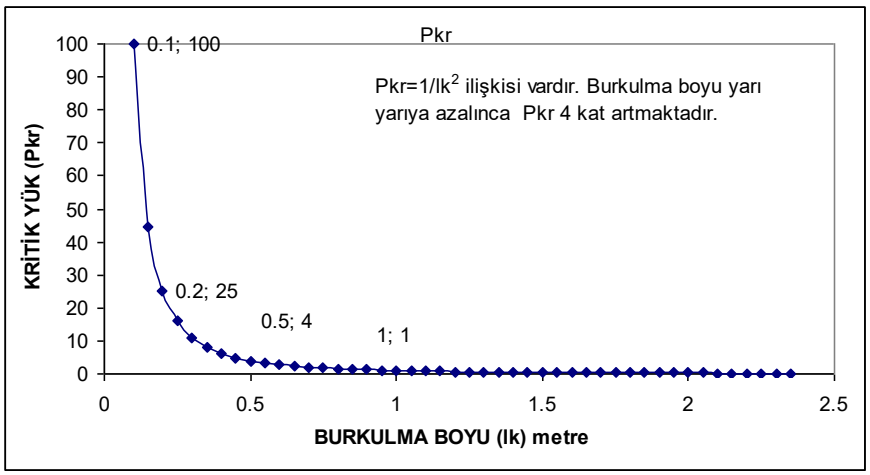
KL/r= $\lambda = \frac{lk}{i}$

Basınç çubuğunun yapıldığı malzeme ile bir alakası olmayıp tamamen bir boyut özelliğidir. *Mesela; aynı malzemeden yapılmış, aynı kesite sahip, aynı basınç yükü etkisindeki biri uzun diğeri kısa iki çubuktan uzun olanı daha narindir diyebiliriz.* Genel manada çubuk boyunun, kesitinin kısa kenarına oranı olarak ifade edilir. Çelik profillerde ise atalet yarıçapı **(*i*)** kısa kenarı karakterize ettiği için narinlik (kırılganlık oranı),

$\lambda = \frac{lk}{i}$ Eşitliğiyle hesaplanır. Birimsizdir. Burada l_k, çubuğun burkulma boyunu, *i*, ise x veya y eksenine göre atalet yarıçapını gösterir. Çubuklarda narinlik (kırılganlık oranı) arttıkça yük taşıma kapasitesi azalır.

Örneğin; E=1, I=1 lk_1=0,1 den 2,35 m ye kadar, π^2 =1 olsun.

$\boldsymbol{P_{kr} = \frac{\pi^2 EI}{l_k^2}} = \frac{1}{lk^2}$ olur. Bu ilişki şekildeki grafikte görülmektedir.



Şekil 22

Tek parçalı ahşap basınç çubuklarında narinliğin λ=150 olmasına izin verilmemelidir. Çok parçalı ahşap basınç çubuklarında narinliğin 175 e kadar çıkmasına müsaade edilebilir (TS 647).

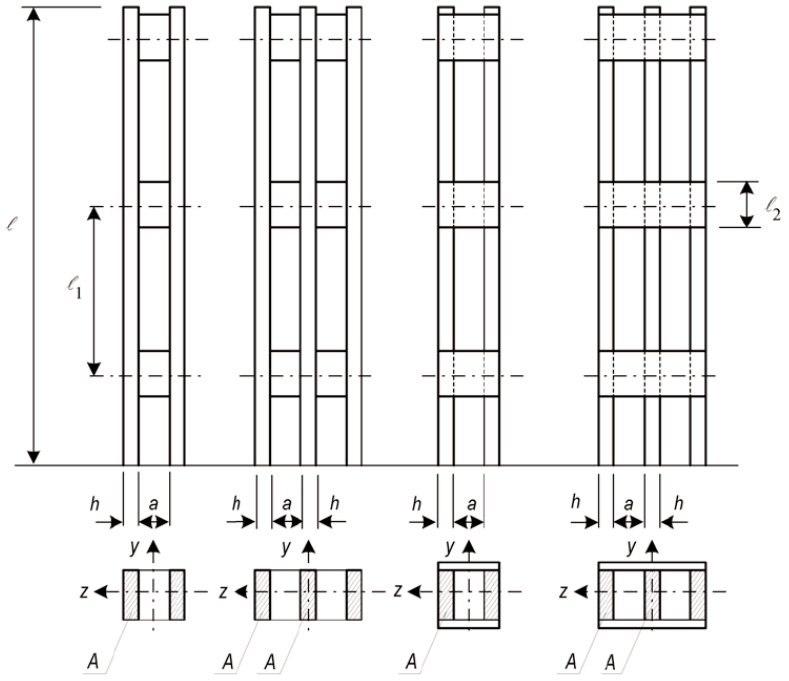


Figure C.1 – Spaced columns

BURKULMA KATSAYISI (ω),

ω sayıları, basınç çubuklarının burkulmaya göre hesabında kullanılan tablo haline getirilmiş değeridir (Tablo . Pratikte zor olduğundan dolayı, değişken emniyet gerilmeleri ile hesap yapmamak için burkulma katsayısı hesaplanmalıdır. Bu katsayı çubuk narinliğine göre elde edilir. Malzeme çekme emniyet gerilmesinin, malzeme basınç emniyet gerilmesine oranı olarak ifade edilir.

$\omega = \frac{\sigma_{em}}{\sigma_{bem}}$ olarak ω burkulma sayıları tanımlanmıştır. Böylelikle basınç çubuklarındaki gerilme tahkiki;

$\sigma_w = \frac{\omega \cdot P}{F} \leq \sigma_{b,em}$ olarak tarif edilir.

λ değerine göre ω sayıları şartnamelerde ve yönetmeliklerde belirlenmiştir. **λ ≤ 10** olan çubuklar için burkulma hesabı yapılmaz. Yani **ω= 1** alınır.

Burkulmaya Çalışan Ahşap Basınç Çubuklarının Hesap Tarzı

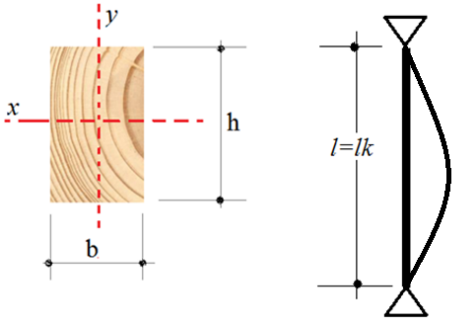
Bu tarz yüklenen çubuklardan söz edildiğinde kolonlar akla gelmelidir. Basınç çubuklarının kesiti sabit kalıp, boyları uzadıkça yük taşıma kapasitelerinin azaldığı biliniyor. Bu yüzden basınç çubuklarının hesabında narinlik (kırılganlık oranı) (λ) dikkate alınır. Çubuk narinliğine bağlı olarak seçilen "ω" katsayısı yardımıyla burkulma gerilmesi hesaplanır. Bu şekilde yapılan kesit hesaplarına burkulma "ω" metodu denilir. Ahşap için burkulma katsayıları TS 647 de verilmiştir.

Tek parçalı ahşap basınç çubuklarında burkulma gerilmesi;

$\sigma_w = \frac{\omega \cdot P}{F} \leq \sigma_{b,em}$ II. sını çam için 85 kg/cm2

ifadesi ile hesaplanır.

$\lambda = \frac{lk}{i}$ değeri çubuk kesitinin her iki tarafsız ekseni için hesaplanır. İki ucu mafsallı çubuğa basınç kuvvetinin etkimesi halinde, çubuğun y-y ve x-x eksenlerinden biri doğrultusunda ötelenecektir. Bu genellikle narinliğin büyük olduğu eksendir. Kare ve daire kesitli çubuklarda fark etmez.



$\lambda x = \frac{lkx}{ix}$ ... ...

$\lambda y = \frac{lky}{iy}$ ... ...

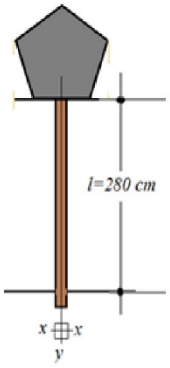
$\lambda_{max} \rightarrow \omega \rightarrow \quad \sigma_\omega = \frac{\omega.P}{F} \leq \sigma_{bem}$ .....

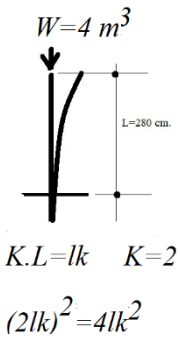
Bu ifadede, ahşap kesitinde oluşan basınç gerilmeleri (σω), Ahşap için izin verilen Emniyet gerilmelerini aşmamalıdır (TS 647 sayfa 5). Ahşap basınç çubuklarının ön boyutlandırmasında kesit tayini ***F=14.P+9lk²*** formülü ile güvenli bölgede kalacak şekilde yapılabilir.

ÖRNEK: I. tip problemler: (Kesit kontrolü, tahkik, gerçekleme)

Şekilde, *kare kesitli* meşe ağacından yapılmış bir kolon üzerine W=4 m^3 kapasiteli su tankı görülmektedir. Meşe ağacının elastikiyet modülü E=125000 kg/cm^2 dir. Meşe ağacından tasarlanmış bu kolon, üzerindeki su tankını, burkulma olmadan taşıyabilmesi için kesit boyutları kaç cm olmalıdır?

ÇÖZÜM:





Su tankını taşıyan ahşap elemanda burkulma olmaması için P_{kr} Burkulma yükü depo ağırlığına eşitlenmelidir.

Depo içindeki su ve kendi ağırlığını da hesaba katmak için 1,4 olan yük katsayısı ile çarpılmıştır.

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot lk^2} \rightarrow 4000 = \frac{\pi^2 \cdot 125000 \cdot I}{4 \cdot (280)^2} \Rightarrow I = 1017 cm^4 \ hesaplanır.$$

Ahşap tablosundan Atalet momentine en yakın ve büyük olan kare kesitli değer bulunur. Bu değer 12/12 dir.

F=144 cm^2

$I_x=I_y$=1728 cm^4

$i_x=i_y=3{,}46\ cm$

Seçilen kesitin burkulmaya göre kontrölü gerekir.

$$\lambda = \frac{lk}{ix} = \frac{2.80}{3.46} \cong 81 \rightarrow \omega = 2.17$$

$$\sigma_{wx} = \frac{\omega \cdot P}{F} = \frac{2.17 \cdot 4000}{144} = 60.27 \frac{kg}{cm^2} < 120 \frac{kg}{cm^2}$$

Kesitin kritik burkulma yükü ise,

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot lk^2} \rightarrow P_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot 125000 \cdot 1728}{4 \cdot (280)^2} = 6798 \cong 6800 kg > 4000\ kg$$

Yaklaşık bir yöntemlede kesit hesabı yapılabilir. $F=14.P+9(lk)^2$ (Bu ifadede P=ton, lk=metre alınırsa F=cm^2 çıkar

Misal: Euler yöntemi ile ön hesap

İki ucu mafsallı ahşap bir kolonun en kesiti 14/14, Elastikiyet modülü E=100000 kg/cm^2 , ve kullanılacak ahşabın basınç emniyet gerilmesi 100 kg/cm^2 dir. Euler eşitliğine göre ahşap kolonun en güvenli uzunluğunu hesaplayınız.

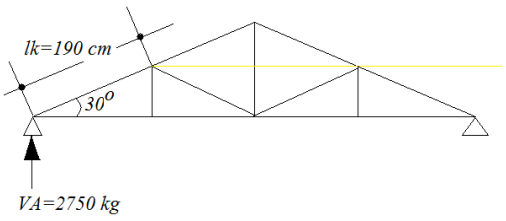
$I_x=I_y$=3201 cm^4

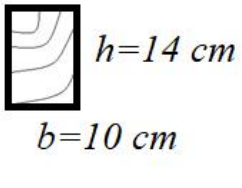
$$P_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{lk^2} \qquad \sigma_{kr} = \frac{P_{kr}}{F} \quad \rightarrow \sigma_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{F \cdot lk^2} olur$$

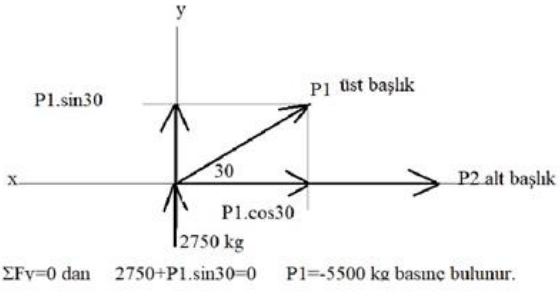
$$100 = \frac{\pi^2 \cdot 100{,}000 \cdot 3201}{196 \cdot lk^2} \rightarrow lk = 401\ cm \ \ 400\ cm\ en\ güvenli\ kolon\ uzunluğu\ olur.$$

ÖRNEK:

Şekilde verilen ahşap çatı makasına ait üst başlık çubuğu 10/14 kesitinde tek parçalı olarak tasarlanmaktadır. Bu ahşap basınç çubuğunun kesitini kontrol ediniz. Malzeme II. Sınıf çam







10/14 ölçülerindeki ahşap kesitin kesit özellikleri Tablodan alınabileceği gibi hesaplayabiliriz de.

i_x=4.04 cm i_y=2.89 cm

$$\lambda x = \frac{lkx}{ix} = \frac{190}{4.04} = 47$$

$$\lambda y = \frac{lky}{iy} = \frac{190}{2.89} = 66$$

Narinliğin büyük olduğu eksene göre burkulma gerçekleşir. Yani y-y ekseni ötelenir.

$$\lambda max = \lambda y = 66 \rightarrow \omega = 1.79$$

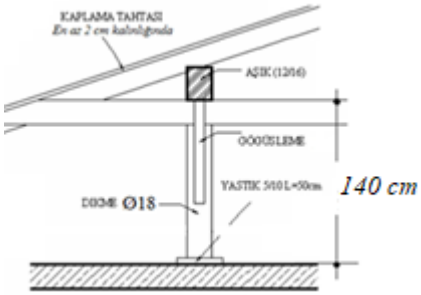
$$\sigma_w = \frac{\omega \cdot P}{F} \leq \sigma_{b,em} \qquad \sigma_{wy} = \frac{1.79 \cdot 5500}{140} = 70{,}32 \frac{kg}{cm^2} < 85 \frac{kg}{cm^2}$$

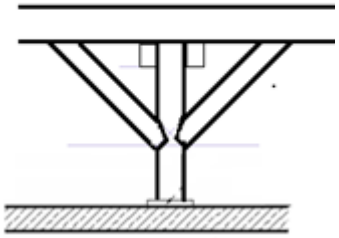
Hesaplanan ahşap eleman kesiti yeterlidir. Basınç çubuğunu burkulma durumuna getiren kritik burkulma yükü de hesaplanabilir.

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{lk^2} \rightarrow P_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot 100000 \cdot 1167}{(190)^2} = 31905kg$$

ÖRNEK:

Bir oturtma çatı elemanı olan 18 cm çapındaki daire kesitli ahşap dikmenin kesit kontrolünü yapınız.
P=9000 kg, Dikme çapı Ø18 Malzeme **I. Sınıf Meşe,**





ÇÖZÜM:

Dikmenin enkesit alanı,

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 18^2}{4} = 254.46cm^2$$

Daire kesitin atalet momenti,

$$I_x = I_y = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot (18)^4}{64} = 5153\ cm^4$$

Daire kesitin atalet yarıçapı (i)

$$i_x = i_y = \sqrt{\frac{I}{F}} = \sqrt{\frac{d^2}{16}} = \frac{d}{4} = 4{,}5\ cm.$$

$$\lambda x = \lambda y = \frac{lk}{ix} = \frac{140}{4{,}5} = 31 \rightarrow \omega = 1.26$$

$$\sigma_w = \frac{\omega \cdot P}{F} \leq \sigma_{b,em} \qquad \sigma_{wy} = \frac{1.26 \cdot 9000}{254{,}46} = 44.56 \frac{kg}{cm^2} < 120 \frac{kg}{cm^2}$$

Bu dikmenin bu yük ve uzunluğa göre alabileceği en küçük çap ne kadar olur?

$F=14.P+9(lk)^2$

$$F = 14 \cdot 9 + 9 \cdot (1{,}4)^2 = 143.64\ cm^2$$

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \rightarrow\rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 143.64}{\pi}} = 13.50\ cm$$

II. Tip problemler

Çubuk kesiti bilinir, Çubuğun taşıyabileceği Güvenli basınç kuvveti araştırılır. Bu tür problemlerde çubuk kesiti basınç emniyet gerilmesine çalıştırılır. Genel burkulma gerilmesi denklemi şu şekilde düzenlenir.

$$P_{em} = \frac{F.\sigma_{bem}}{\omega} \dots\dots\dots\dots kg, ton, kN, N$$

ÖRNEK:

İki ucu mafsallı tek parçalı bir ahşap kolonda

Verilenler	*İstenenler*
Kesit 14/14	a-Çubuğun güvenle taşıyabileceği basınç yükü, P_{em}=?
lk=360 cm	b-P_{kr}=?
II.sınıf Çam	
E=100 000 kg/cm^2	

ÇÖZÜM:

F=14x14=196 cm^2

Tablodan *Ix=Iy=3200 cm^4*

İx=iy=4,04 cm

$$\lambda x = \lambda y = \frac{lk}{i; xy} = \frac{360}{4.04} = 89$$

$$\lambda max = \lambda = 89 \rightarrow \omega = 2.46$$

$$\sigma_w = \frac{\omega \cdot P}{F} \leq \sigma_{b,em} \quad P_{em} = \frac{F \cdot \sigma_{b,em}}{\omega} = \frac{196 \cdot 85}{2.46} = 6772\ kg$$

Çubuğu burkulma durumuna getiren kritik yük;

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{lk^2} \rightarrow P_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot 100000 \cdot 3200}{(360)^2} = 24369kg$$

Kritik gerilme;(kırılma durumundaki gerilme)

$$\sigma_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2} = \frac{P_{kr}}{F} = \frac{24369}{196} = 124 > 85\ kg/cm^2$$

III. Tip problemler

Bu tür problemler tasarım problemi olarak bilinir. Statik hesap sonucu ahşap elemana etkiyen yük ve kuvvetler bulunmuş ve bu etkilere karşı koyabilecek çubuk kesiti istenir. Her bir malzemenin farklı taşıma gücü ilkesi ve farklı güvenlik ilkesi olduğundan, ahşap, çelik ve betonarme yapı elemanlarının hesabında bu süreç farklı işler. Ahşabın heterojen yapısından dolayı yaklaşık yöntemler kullanılarak kesit hesabı yapılabilir. Bunun yerine geliştirilmiş ve geçerliliği deneylerle ispatlanmış amprik formüller kullanılabilir.

Ahşap basınç çubuğuna eksenel etkiyen basınç kuvveti "P (ton)" ve çubuğun mesnetle şekline göre burkulma boyu bilindiğine göre lüzumlu en kesit alanı:

$F_{lüz}$=14.P+9l_k^2 ifadesi ile hesaplanabilir.

P= eksenel basınç kuvveti (ton)

l_k= Çubuğun burkulma boyu (metre)

$F_{lüz}$= basınç çubuğu için gerekli enkesit alanı (cm^2)

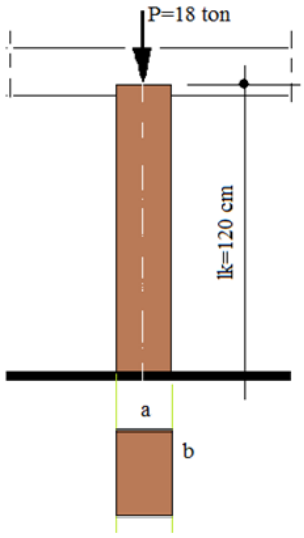
Tek parçalı ahşap basınç çubuklarında narinliğin $\lambda \leq 150$ olmasını sağlamak önemlidir (TS 647 1.6.2). Seçilen kesitin tahkikinin yapılması gerekir.

Kare ve daire kesitli ahşap basınç çubuklarında ön boyutlandırma için aşağıdaki ifadelerin kullanılması güvenli bölgede sonuç verir.

$kare\ kesitlerde, \qquad b = b_0 + 1{,}5\frac{l_k}{100}\ cm$

$daire\ kesitlerde \qquad D = D_0 + 1{,}7\frac{l_k}{100}\ cm$

ÖRNEK: Şekilde verilen ahşap dikmenin kesitini dikdörtgen kesit olarak hesaplayınız. Gerekli güvenlik kontrolünü yapınız. Eki 1/10 ölçekte çiziniz.



P=18 ton
lk=120 cm
II. sınıf çam

$F = 14P + 9lk^2$ eksenel yük <u>ton,</u> burkulma boyu <u>metre</u> alınır.

$F_{ger} = 14 \cdot 18 + 9 \cdot (1.2)^2 = 264.96\ cm^2$

Tablodan bu enkesit alanına en yakın büyük olan kesit seçilir**. 14/20** seçildi.

F=280 cm² i_x=5,77 cm i_y=4,04 cm

$\lambda x = \frac{lkx}{ix} = \frac{120}{5.37} = 21$

$\lambda y = \frac{lky}{iy} = \frac{120}{4.04} = 30$

Narinliğin büyük olduğu eksene göre burkulma gerçekleşir. Yani y-y ekseni ötelenir.

$\lambda max = \lambda y = 30 \rightarrow \omega = 1.25 < \lambda max = 150\ uygun$

$\sigma_w = \frac{\omega \cdot P}{F} \leq \sigma_{b,em} \qquad \sigma_{wy} = \frac{1.25 \cdot 18000}{280} = 80.35\frac{kg}{cm^2} < 85\frac{kg}{cm^2}$

Seçilen ahşap kolon kesiti yeterlidir.

ÖRNEK:

Verilenlerden faydalanarak iki ucu mafsallı ahşap basınç çubuğunun **kesitinin kare olarak** seçilmesi ve gerekli kontrollerin yapılması isteniyor.

P=7,5 ton lkx=lky=310 cm II. Sınıf çam.

$= 14P + 9lk^2$

$F_{ger} = 14 \cdot 7.5 + 9 \cdot (3.10)^2 = 191.49\ cm^2$

Tablodan bu enkesit alanına en yakın büyük olan kesit seçilir**. Kare kesit istendiği için 14/14** seçildi.

F=196 cm² ix= iy=4.04 cm

$\lambda x = \lambda y = \frac{lk}{ix,y} = \frac{310}{4.04} = 77 < \lambda max = 150\ uygun$

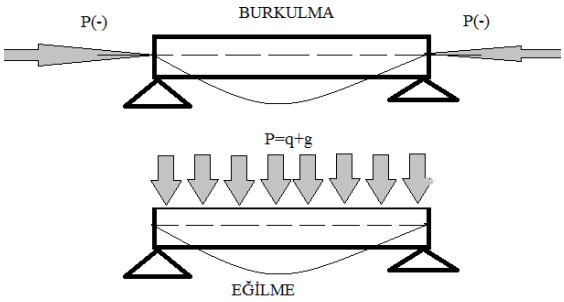
Her iki eksende ötelenebilir.
$\lambda = 77 \rightarrow \omega = 2.05$

$$\sigma_w = \frac{\omega \cdot P}{F} \leq \sigma_{b,em} \qquad \sigma_{wy} = \frac{2.05 \cdot 7500}{196} = 78.44\,\frac{kg}{cm^2} < 85\,\frac{kg}{cm^2}$$

Seçilen ahşap kolon kesiti yeterlidir.

Tablo kullanmadan da hesap yapılır.
ix= iy=0.289 x*h=0.289*x*14=4.04 cm*

EĞİLMEYE ÇALIŞAN AHŞAP ELEMANLAR (KİRİŞLER)



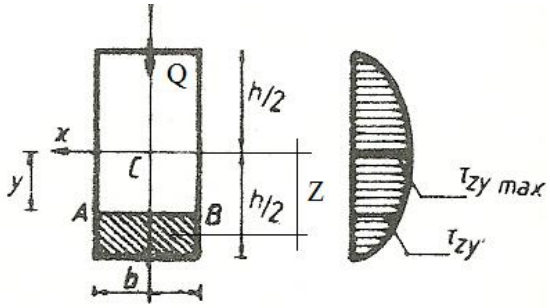
Şekil 23

Boy eksenine dik doğrultuda yüklenmiş yapısal elemanlara eğilmeye çalışan eleman denilir. Ahşap inşaatta çatı aşıkları, mertekler, döşeme kirişleri bu şekilde yüklere maruz kalırlar ve eğilmeye çalışarak yükleri mesnetlere aktarırlar. Eğilmeye sebep olan etki çoğu zaman eğilme momentidir. Kirişin yükleme şekline göre kesit tesirlerinin hesabı yapıldıktan sonra kesit kontrolü ve birleşim hesabı yapılır.

Eğilmeye çalışan elemanların boyutlandırılması ve genel kurallar
-hesaplarda kullanılan açıklık*"l"* kiriş mesnetlerinin orta noktaları arası açıklıktır.
-kargir mesnetlere oturan kirişlerde hesap açıklığı serbest açıklığın 1,05 katı alınır. Serbest açıklık mesnet iç yüzeyleri arası mesafedir.
-dikdörtgen kesitli ahşap kirişlerde **b/h=1/$\frac{1}{\sqrt{2}}$** oranı sağlanmalıdır.
-Eğilmeye çalışan elemanların kesitlerinde oluşan gerilmeler, eğilme emniyet gerilmesini aşmamalıdır.

$$\sigma_e = \frac{max\ M}{W_x} \leq \sigma_{e,em} \quad veya \quad \sigma_e = \frac{M.c}{I_{NE}} \leq \sigma_{e,em}$$

c=h/2 dir.
W= kesitin mukavemet momentidir. (cm^3) **I=** atalet momenti (cm^3)
-Kirişin eğilme emniyeti ile birlikte mesnete yakın yerlerde makaslama (kayma gerilmesi) emniyeti de araştırılmalıdır. Kiriş kesitimde oluşan en büyük kesme kuvveti (V_a veya Q_{max}) hesaplandıktan sonra kirişin makaslama gerilmesi şu ifade ile hesaplanır ve gerilme kontrolü yapılır. Kiriş kesitinde oluşan makaslama gerilmesi, kirişin yapıldığı malzemenin kayma (makaslama) emniyet gerilmesini aşmamalıdır.



Şekil 24

Dikdörtgen kesitlerde kayma gerilmesinin yayılışı:

$$T_{ZY} = \frac{S_x . Q}{b . I_{NE}} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

$$I_{NE} = \frac{bh^3}{12} \; cm^3$$

Taralı alanın x-x eksenine göre statik momenti alınırsa,

$$S_x = F . Z$$

$$S_x = b.\left(\frac{h}{2} - y\right).\left(y + \frac{1}{2}\left(\frac{h}{2} - y\right)\right) = \frac{b}{2}\left(\frac{h^2}{4} - y^2\right)$$

en büyük kayma gerilmesi y=0 (tarafsız eksen üzerinde)

oluşur. 1. Denklemde yerine koyalım

kesit	daire	dikdörtgen	kare	eşkenar üçgen	ince halka	putrel NP 240
k	1.33	1.50	1.59	1.73	2.00	2.60

$$T_{ZY} = \frac{\frac{b}{2}\left(\frac{h^2}{4} - y^2\right)}{b.\frac{bh^3}{12}} . Q \dots\dots\dots \rightarrow \; T_{ZY} = \frac{6}{b.h^3} . \left(\frac{h^2}{4} - y^2\right) . Q \;\; olur.$$

$$y = \mp\frac{h}{2} \quad T = 0 \; ise \max kayma \; gerilmesi \; y = 0 \; da \; olur.$$

$$Q = \tau = \frac{3}{2} . \frac{maxQ}{F} \leq \tau_{emn}$$ elde edilir. Genel olarak $\tau = k . \frac{Q}{F} \;\; \frac{kg}{cm^2}$ şeklinde ifade edilir.

Çeşitli kesitler için k katsayıları tabloda verilmiştir.

-Ahşap kirişlerde sehim şu sınırlar içerisinde olmalıdır.

$$\frac{M}{EI} = \frac{d^2y}{d.x^2} = f$$

-döşeme kirişleri için $\mathbf{f_{max} \leq l/300}$

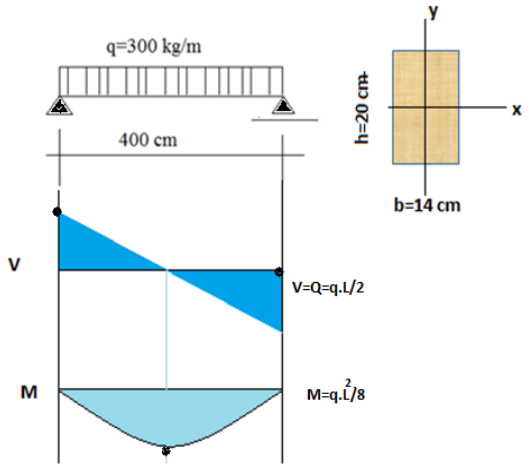
-aşık ve mertekler için $\mathbf{f_{max} \leq l/200}$ -Konsollarda $\mathbf{f_{max} \leq l/150}$

Eğilmeye çalışan elemanların (kiriş-mertek vb.) malzeme, kesit özelliği ve yüklenme şekline göre yapabileceği sehim miktarı şu şekilde hesaplanabilir.

$$f = \frac{5}{384}\frac{q.l^4}{EI} = \cdots \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \text{düzgün yayılı yük etkimesi durumunda}$$

$$f = \frac{5}{48}\frac{M.l^2}{EI} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \dots\dots \text{etkiyen } M_{\max}{}' \text{a göre}$$

ÖRNEK 1: Verilen ahşap döşeme kirişin kesitini kontrol ediniz. (verilen kesit q=300 kg/m lik yayılı yükü taşıyabilir mi?) II. Sınıf çam. b/h=14/20



$$M = \frac{q.l^2}{8} = \frac{300 \cdot 4^2}{8} = 600\ kgm = 60000\ kgcm$$

I_x=9333 cm^4 (tablodan veya

$$I_{xx} = \frac{bh^3}{12}\ cm^3$$

Wx=933 cm^3 (Tablodan veya $W_{xx}=bh^2/6$)

$$\sigma_e = \frac{max\ M}{W_x} \leq \sigma_{e,em}\ \ veya\ \sigma_e = \frac{M.c}{I_{NE}} \leq \sigma_{e,em}$$

1-Eğilme momentinin kontrolü

$$\sigma_e = \frac{60000}{933} = 64{,}30\ kg/cm^2 \leq 100\ kg/cm^2$$

Eğilme momenti açısından kesit yeterlidir.

2- Makaslama gerilmesinin kontrolü:

$Q = \tau = \frac{3}{2}.\frac{maxQ}{F} \leq \tau_{emn} Q = \tau = \frac{3}{2}.\frac{600}{14 \cdot 20} = 3{,}21 kg/cm^2 \leq 9 kg/cm^2$

Makaslama gerilmesi bakımından da kesit yeterlidir.

3-Sehim denetimi 300 kg/m=3 kg/cm

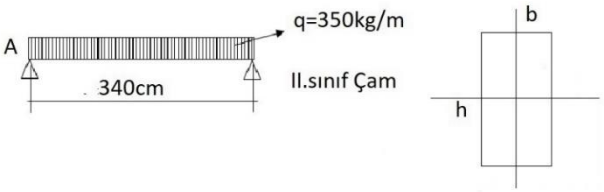
-döşeme kirişleri için $\mathbf{f_{max} \leq l/300}$….. $f_{max} \leq 400/300$=1,33 cm müsaade edilebilir sehim olmalı

$$f = \frac{5}{384}\frac{q.l^4}{EI} = \qquad f = \frac{5}{384} \cdot \frac{3 \cdot 400^4}{100000 \cdot 9333} = \ 1{,}07\ cm < 1{,}33\ cm$$

Kirişin sehimi müsaade edilen sınırlar içerisindedir.

döşeme kirişleri için $\mathbf{f_{max} \leq l/300}$

MİSAL: Verilenlerden faydalanarak ahşap kirişin kesitini hesap edip gerekli kontrolleri yapınız.



2

Önce kirişin verilen yüke göre kesit tesirleri hesaplanır. (eğilme momenti ve kesme kuvveti)

$$Mmax = \frac{q.L^2}{8} = \frac{350x3,4^2}{8} = 505,75 \text{ kg.m} = 50575 \text{ kgcm.}$$

$$maxQ = \frac{q.L}{2} = \frac{350x3,4}{2} = 595 \text{ kg.}$$

Sonra eğilme gerilmesi eşitliğnden mukavemet momenti (Wx) hesaplanır.

$$\sigma_e = \frac{Mmax}{Wx} \leqq \sigma_{e,emn} \qquad Wx = \frac{Mmax}{\sigma_e} = \frac{50575}{100} = 505,75 \text{ cm}^3 \quad \text{.....1}$$

Tablo 1 den

Kesme kuvvetini karşılayacak şekilde bir kesit hesaplanır

Makaslama gerilmesi)

$$Q = \tau = \frac{3}{2}.\frac{maxQ}{F} \leq \tau_{emn} \text{ eşitliğinden } F = \frac{3}{2}.\frac{maxQ}{\tau_{emn}} = \frac{3}{2}.\frac{595}{9} = 99,16 \text{ cm2} \quad \text{.....2}$$

Tablo 1 den

En fazla müsade edilen sehimi yapan kesitin, Atalet momenti hesaplanır (Ix).

q=350 kg/m=3,5 kg/cm

$$f = \frac{5}{384}\frac{q.l^4}{EI} \leqq \frac{L}{300} \Longrightarrow Ix \geqslant \frac{5}{384}\frac{q.l^3}{E}.300 = \frac{5 \text{ x}3,5\text{x}(340)^3 \text{ x}300}{384 \text{ x}100\,000} = 5373 \text{ cm}^4 \text{ .....3}$$

E; ahşabın liflere paralel elastikiyet modülüdür. (100.000 kg/cm2)

Ahşap tabloları Tablo 3 den, yukarıda hesaplanan 3 şartıda sağlayabilen bir kesit seçilir. Şeçilen kesitin kontrolleri bir önceki problem de verildiği gibi yapılır.

Wx>505,75 cm3
F>99,16 cm2
Ix> 5373 cm4

seçilen en uygun kesit 10/20 dir

Wx=667>505,75 cm3
F=200>99,16 cm2
Ix=6667>5373 cm4



Şekil 25

ÇELİK YAPI HESAPLARI

1-GİRİŞ

Demirin[5] ilk kez M.Ö. 1500 yıllarında Kuzeydoğu Anadolu ve Kafkasya'da üretilip kullanıldığının bilinmesine karşın, günümüzde yapısal taşıyıcı olarak çeliğin ülkemizde yeterince kullanılamadığı üzücü bir gerçektir. Diğer yapı malzemelerine göre daha esnek ve güçlü olan çelik; geniş açıklıkların oluşturulmasında getirdiği fayda ile mimari tasarımların çeşitlenmesini ve fonksiyonelliğin öne çıkmasını sağlamıştır. Günümüzde sanayi yapıları, spor tesisleri, ulaşım yapıları ve sahneler gibi geniş açıklıklara gereksinim duyan yapılar çelik yapı sistemleri özgürce tasarlanabilmektedir.

ÇELİK NEDİR:

Ham demirin çelik üretim fırınlarında ikinci bir işlemden geçirilmesinden sonra elde edilen üründür. Çelik içerisinde %1.7-2 ye kadar karbon, %1'e kadar mangan, %0.5'e kadar silisyum, %0.05 den az kükürt ve fosfor bulunan *demir – karbon* alaşımıdır. Karbon oranı %2 den fazla olan demir karbon alaşımına da dökme demir denir.

Ham demir veya dökme demirler sert ve kırılgan olduklarından haddelenmeye ve biçimlendirilmeye uygun değillerdir. Her maksada cevap verebilecek daha elverişli bir alaşım elde edebilmek için ham demirin içerisindeki Karbon (C), Manganez (Mn), Silisyum (Si), Fosfor (P) ve Kükürt'ün (S) yakılması ve krom, nikel molibden gibi bazı ilave maddelerin katılması gerekir. Bu işlem sonunda elde dilen birçok özelliğe sahip malzemeye çelik denir. Çelik, su verilerek veya başka madenlerle birleştirilerek çok sert bir hale sokulabilir. Çelik, demirden çok daha sert ve daha hafif olup, daha iyi işlenebilir.

ÇELİĞİN TARİHÇESİ

19. YY başlarına kadar çelik üretimi teknoloji açısından pek gelişmemişti. Demir filizi odun kömürü ile ergitilmeye çalışılıyordu. Fırınlar ise maden yataklarına yakın orman kenarına kuruluyordu. Çelik üretiminde maden kömürüyle birlikte kok kömürünün kullanılmasına ilk defa İngiltere'de başlandı. Ancak yüksek fırınların gelişimi 19. YY ilk yarısında olmuştur.

[5] **Demir**, atom numarası 26 olan kimyasal element. Simgesi Fe dir. 1538 °C de erir, 2861 °C kaynar.



Coalbrookdale Köprüsü, Severn Nehri- İngiltere

Şekil 26

Çelik, sağlamlığı, özellikle esneklik ve uzama nitelikleri sayesinde dökme demirin ve demirin yerini aldı. Bessemer (1855), Martin (1856), Thomas (1878) yöntemleri çeliğin endüstrileşmesini sağladılar. 1889 Uluslararası Paris Sergisi demirin doruğa ulaşmasını kutlarken, kısa bir süre sonra 1900 Evrensel Sergisi çeliğin zaferini ortaya koydu. Modern mimarlığa damgasını vuran yeni kuşak 20. yy.'ın başlarında çeliği daha yaygın olarak kullanmaya başladı. Gropius (Fagus fabrikaları, 1929), Pierre Chareau (Paris'te Dr. d'Alsace'ın evi, 1928), Mies Van der Rohe (Barcelona Sergisi'ndeki Alman Pavyonu, 1929) bu dönemin önemli uygulayıcılarıdır. Çelik, yeni mimarinin geliştirilmesindeki önemli rolünü günümüzde de sürdürmektedir.

Demir cevherinden demir elde eden ilk topluluğun M.Ö. 2000 yıllarında Hititler olduğu kabul edilmektedir. Gerçekte ise değişik zaman ve yerlerde farklı topluluklar demiri keşfetmiş, onun üstün özelliklerinden yararlanarak kendilerine çeşitli araç ve gereçler yapmışlardır. 1700-1800' lerde izabe[6] teknolojisinin gelişmesi ile demirden çok daha üstün özelliklere sahip olan çelikler üretilmeye başlanmıştır.

ÇELİĞİN ELDE EDİLMESİ

Elde edilmesi ve içinde bulunan maddelerin oranları bakımından çeşitli adlar alır. Çelikler, elde edilişleri bakımından; Siemens-Martin çeliği, Bessemer çeliği, Thomas çeliği ve Elektro çeliği olarak dörde ayrılırlar. Bunların dışında; Krom çeliği, Manganez çeliği, Tungsten çeliği, Molibden çeliği, Silisyum çeliği gibi alaşımlı çelikler vardır. Paslanmaz çelik, içerisinde %10-11 arası krom bulunan çelik-krom alaşımıdır. Bu sayede korozyon direnci artırılmıştır. Yüksek fırınlara üretimlerinin artması için doğurganlık özelliği nedeniyle kadın isimleri verilmiştir. İskenderun Demir-Çelik Fabrikası'nda Cemile, Ayfer, Gönül isimlerinde 3 adet, Ereğli Demir Çelik Fabrikası'nda Ayşe ve Zübeyde olmak üzere iki adet, Karabük Demir-Çelik Fabrikası'nda ise Fatma (1939-Türkiye'nin ilk Yüksek Fırını), Zeynep (1950) ve Ülkü (1962) olmak üzere 3 adet ve toplam 8 adet yüksek fırın mevcuttur.

ÇELİĞİN ÜSTÜN ÖZELLİKLERİ

Yapı çeliği, homojen, izotrop[7] ve sürekli denetlenerek üretildiğinden güvenli bir malzemedir. Yüksek dayanımı nedeniyle öz ağırlığının taşıdığı yararlı yüke oranı küçüktür ve montajı tamamlandığı anda tam yükle çalışabilme özelliği vardır. Çelik, haddehanelerde işlenerek çelik yapı konstrüksiyonunda kullanılan profil ve yassı hadde mamulü olarak elde edilir. Çelik yapılar bu profillerin kesilmesi ve birbirleriyle birleştirilmesiyle oluşturulur. Malzeme olarak Çeliğin betonarme ve ahşaba nazaran şu üstünlükleri vardır.

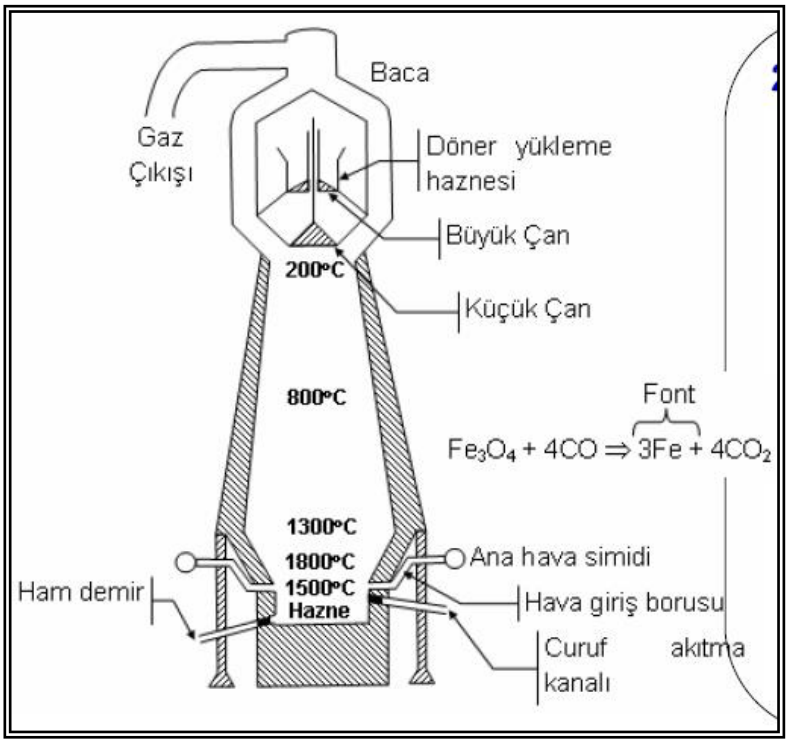
1- *Çelik homojen ve izotrop bir malzemedir.* Mekanik özellikleri herhangi doğrultu boyunca değişmez.

2 - *Çeliğin elastiklik modülü diğer malzemelere oranla çok yüksektir*. Ec=210 000 kg/cm^2, Et=100 000 kg/cm^2, Es=2 100 000 kg/cm^2 dir. Dolayısıyla mukavemeti ahşap ve betonarmeye nazaran yüksek olduğundan yapıda kullanılan çelik hacmi küçülür. Çelik yapılar göreceli olarak hafiftir.

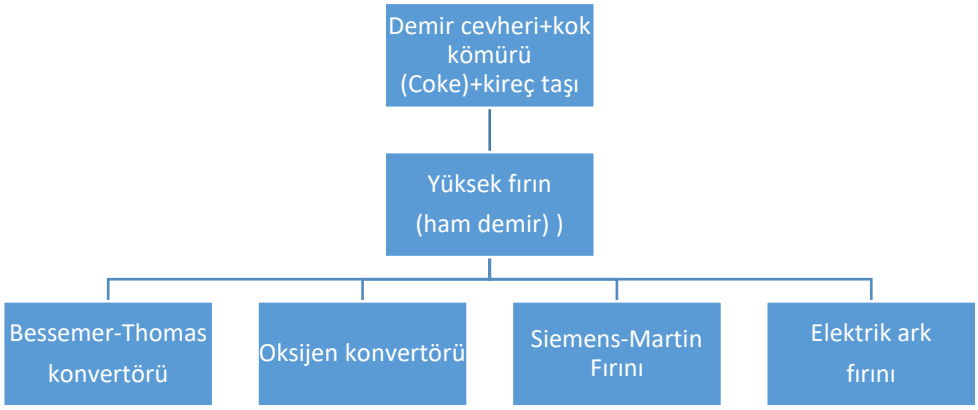
6 izabe; madenleri ergitme, sıvı durumuna getirme. melting, smelting

[7] Isı veya mekanik yüklemelere karşı her doğrultu ve yönde aynı tepkiyi veren malzemelere izotrop malzeme denir.

3 - *Burkulmasız durumda çeliğin çekme mukavemeti, basınç mukavemetine eşittir.* Sünek bir malzemedir. Büyük şekil değiştirme yapabilir, plastik hesaba[8] uygundur, deprem yükleri ve zemin oturmalarını karşılamak açısından optimum çözümler sunar.



Şekil 27



Şekil 28

Çeşitli çelik profil ve birleştirme aracı kullanılarak oluşturulan çelik Yapıların (çelik konstrüksiyon) avantajları ise şöyle özetlenebilir.

1 - Yüksek derecede endüstriyel ön üretim*:* Çelik taşıyıcı elemanlar, büyük ölçüde atölyelerde hazırlanır. Şantiyede yalnız montaj işleri yapılır. Bu bakımdan inşa süresi kısadır, ayrıca hava koşullarından neredeyse bağımsızdır.

2 - Çelik yapılarda takviye ve taşıyıcı elemanların değiştirilmesi nispeten kolaydır.

3 - Çelik yapılar sökülüp yeniden kullanılabilir.

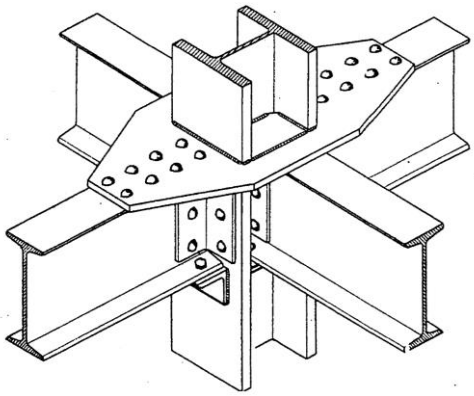
4 - Montaj tamamlandığı anda tam yükle çalışırlar, beklemek gerekmemektedir.

5 - Uygun planlama ile az iskeleli inşaat mümkündür.

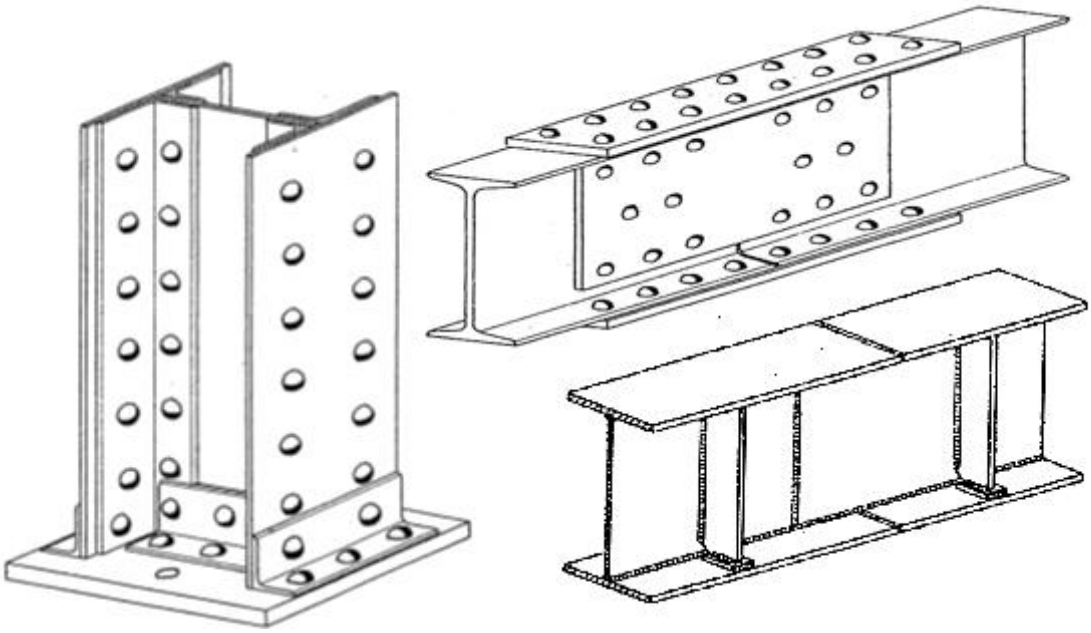
6- Düşük eleman kesit boyutları ile geniş açıklıklar geçme imkânı: Malzemenin özelliğinden dolayı büyük açıklıkları geçmede betonarmeye kıyasla avantajlıdır.

7- Çelik profil üretiminin zor olmasına karşı, birbirine eklenerek çelik konstrüksiyon imal edilmesi kolaydır. Yüksek hassasiyette boyutlama imkanı ve enstalasyon özgürlüğü vardır.

[8] TS 4561/1985: Çelik Yapıların Plastik Teoriye Göre Hesap Kuralları



8-Çelik profiller çeşitli birleştirme araçlarıyla birbirlerine eklenerek daha mukavemetli profiller elde edilebilir.



Şekil 29

9- Bunların yanında, Mimari Özgürlük, Narinlik, Hafiflik, süneklik, Çok Katlı Bina Yapımı, Depreme Dayanım, Prefabrikasyon, Kolay Denetim, Hızlı Yapı Üretimi, Ekonomi, Değişim, Dönüşüm, Güçlendirme gibi sayısız avantajı vardır.





ÇELİĞİN SAKINCALI ÖZELLİKLERİ

1 - Yanıcı bir malzeme olmamakla birlikte, yüksek sıcaklık derecelerinde mukavemetinde hızlı bir düşüş olur. Ayrıca ısıyı iyi ilettiğinden mukavemet düşüşü hızlı gerçekleşir. 600 C' dan sonra (kararlı denge halinde plastik) kullanılamaz hale gelir[9]. Yangına karşı tedbirler alınması gereklidir. (Yüzeyi iletken olmayan bir elemanla kaplanırsa veya yanmaz boyalarla boyanırsa dayanıklılığı artar, vb.)

2- Paslanmaya karşı dayanıksızdır. Sürekli bakım gerektirir. Boyama, betona gömme, korozyona dayanıklı özel alaşımlı çelik kullanma, vb. alınacak tedbirlerdendir.

3- Asit, baz ve tuza karşı dayanıksızdır.

4 - Ses ve ısıyı iyi iletir, dolayısıyla yalıtım gerektirebilir.

5 - Çelik yüksek mukavemetli bir malzeme olduğundan seçilen kesitler narindir. Burkulma yerel burkulma gibi olası stabilite problemleri hesaplar sırasında dikkate alınır. Ayrıca narinliğin derecesine bağlı olarak elemanların basınç taşıma gücü çekmeye oranla bir miktar daha küçüktür.

Yukarıda anılan tüm sakıncalı özelliklere karşı alınan tedbirler maliyeti arttırır.

Çelik profillerin kullanım yerleri

Çelik çerçeveli yapı sistemleri, çok önemli olan bu üstünlükleri nedeniyle; büyük açıklıklı köprüler, endüstri yapıları ve spor salonları ile portatif ve prefabrik, taşıyıcı sistemleri özel, hızla yapılması gereken, temel zemini zayıf nitelikli, yatay yüklere dayanıklı, çok katlı veya yüksek yapılarda, geniş kullanım alanı bulmaktadır.

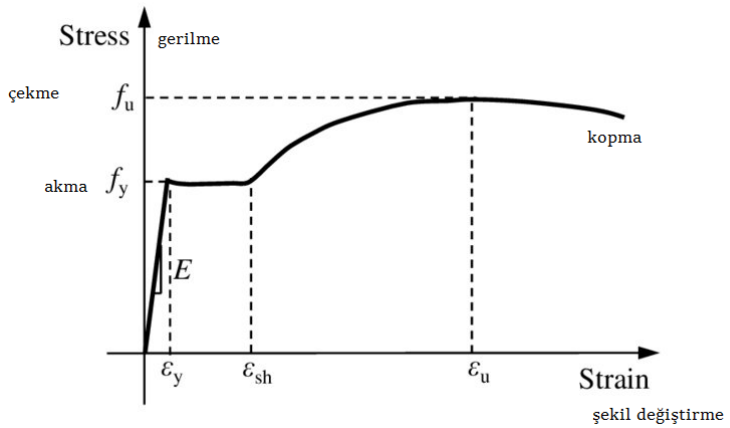


ÇELİK YAPILARDA KULLANILAN ÇELİK SINIFLARI (TS 2162,TS 648)

[9] 11 Eylül 2001 ABD deki ikiz kuleler neden göçtü?

Yapısal çeliklerin sınıflandırılması "**Çekme Dayanımları**na göre yapılır. TS 648[10] standardının kapsamına giren ve TS 2162[11] standardında tanımlanan genel yapı çelikleri, en küçük çekme dayanımına göre: Ç 33,Ç 34,Ç 37,Ç 42, Ç46, Ç50, Ç52, Ç60, Ç70 olmak üzere dokuz ayrı grupta toplanmıştır. Bu rumuzlandırma da ki Ç…ifadesi, kg/mm^2 cinsinden çeliğin sahip olması gereken minimum çekme dayanımını gösterir (Ç, St veya Fe). Yapı çeliklerinin mekanik özellikleri tablo 1'de verildiği gibidir.

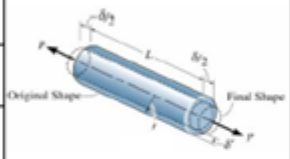
Çelik yapı tasarım ve yapım kurallarına (2018) göre çelik sınıfını tanımlamak için karakteristik akma gerilmesi kullanılır (Fy). Bir başka deyişle çelikler karakteristik akma gerilmelerine göre sınıflandırılırlar. Çelik yapı tasarımında kullanılan Sıcak haddelenmiş yapısal çeliklerin karakteristik akma gerilmesi, (F_y) ve çekme dayanımı, (F_u) Çelik yapı tasarım ve yapım kuralları Madde 2.1.1 de verilmiştir (Tablo 3).



Mesela akma dayanımı *"235 MPa=235x10,19=2395 ~2400 kg/cm^2"* olan çelik sınıfı yaklaşık olarak Ç37 çeliğinin akma dayanımına denk gelmektedir. Çekme dayanımını da siz hesap ediniz.

TS 648 / Aralık 1980 Bu Standard, kalınlığı en az 4 mm olan bütün taşıyıcı çelik yapı eleman ve bileşenleri ile portatif yapılar ve kalıp iskeleleri gibi her türlü geçici çelik yapıları kapsar. Yüksek gerilim hatlarının pilonları, kreyn demiryolu, karayollarında kullanılan köprüler ve benzeri özel çelik yapıları kapsamaz.

Tablo 1. Yapı çeliklerinin mekanik özellikleri

Çelik Sınıfı (Çekme Dayanımına göre sınıflandırma)	Çekme Dayanımı σ_d kg/cm^2 (N/mm^2)	Akma Sınırı σ_F (σa) kgf/cm^2 (N/mm^2)	Elastisite Modülü (E) kg/cm^2 (N/mm^2)	Kayma Modülü (G) kg/cm^2 (N/mm^2)	Isı Genleşme Katsayısı $\alpha 1$
Ç 33	3300 - 5000 (324 - 490)	1900 (186)			0,000012
Ç 34	3400 - 4200 (333 - 412)	2100 (206)			
Ç 37	**3700 - 4500 (363 - 491)**	**2400 (235)**			
Ç 42	4200 - 5000 (412 - 490)	2600 (255)	2 100 000 (206 182)		
Ç 46	4400 - 5400 (431 - 530)	2900 (284)			
Ç 50	5000 - 6000 (490 - 588)	3000 (294)		**810 000 (79 434)**	
Ç 52	5200 - 6200 (510 - 608)	3600 (353)	$(E=\frac{\sigma}{\varepsilon})$	$(G=\frac{\tau}{\gamma})$ ve $G=\frac{E}{2(1+\nu)}$	
Ç 60	6000 - 7200 (588 - 706)	3400 (333)			
Ç 70	7000 - 8500 (686 - 834)	3700 (363)			

[10] TS 648/1980. Çelik yapıların hesap ve yapım kuralları.
[11] TS2162/1990. Genel Yapı Çelikleri.(yerine geçen yeni standart TS 2162 EN 10025 :1996)

2.1 YAPISAL ÇELİK

2.1.1 – Malzeme Özellikleri

Bu standart, TS EN 10025 e uygun şekilde sıcak haddelenerek üretilmiş çelik profiller ve levhalar ile EN 10210 ve EN 10219 a uygun olarak üretilen yapısal boru ve kutu enkesitli elemanların oluşturduğu çelik ve kompozit yapıların tasarım esaslarını içerir. Bu standarttaki kurallar **Tablo 2.1A** ve **Tablo 2.1B** de verilen çelik sınıfları için geçerlidir. **Tablo 2.1A** ve **Tablo 2.1B** deki değerler, tasarım hesaplarında kullanılacak karakteristik değerlerdir.

TABLO 2.1A – SICAK HADDELENMİŞ YAPISAL ÇELİKLERDE KARAKTERİSTİK AKMA GERİLMESİ, F_y VE ÇEKME DAYANIMI, F_u

Standart ve Çelik Sınıfı	Karakteristik Kalınlık, t (mm)			
	$t \leq 40$mm		40mm $< t \leq$ 80mm	
	F_y (N/mm²)	F_u (N/mm²)	F_y (N/mm²)	F_u (N/mm²)
EN 10025-2				
S235	235	360	215	360
S275	275	430	255	410
S355	355	510	335	470
S450	440	550	410	550
EN 10025-3				
S275 N/NL	275	390	255	370
S355 N/NL	355	490	335	470
S420 N/NL	420	520	390	520
S460 N/NL	460	540	430	540
EN 10025-4				
S275 M/ML	275	370	255	360
S355 M/ML	355	470	335	450
S420 M/ML	420	520	390	500
S460 M/ML	460	540	430	530
EN 10025-5				
S235 W	235	360	215	340
S355 W	355	510	335	490
EN 10025-6				
S460 Q/QL/QL1	460	570	440	550

Tablo 8 : Çelik yapıların tasarım, hesap ve yapım kuralları" na göre çelik sınıf ve standartları (yeni)

Ç33 Çeliği: Düşük kaliteli bir çeliktir. Kaynakla biçimlendirilmeye uygun değildir. Ancak, kaynak yapma ve çalışma şartlarına bağlı olarak ark ve gaz kaynağı ile birleştirilmeye kısmen uygundur. Dinamik tesirlerin olmadığı veya geçici yapıların inşasında kullanılırlar. Çekme dayanımı/Akma sınırı:3300-5000/1900 kg/cm^2 dir.

Ç37 Çeliği: (S235) Normal kalitedeki yapı çeliğidir. Çelik yapılarda en sık kullanılan çelik sınıfıdır. Normal yapılarda kullanılan çelik hadde mamulleri bu çelikten yapılır. Çekme dayanımı/Akma sınırı:3700-4500/2400 kg/cm^2 dir.

Ç52 Çeliği: (S355)yüksek dayanımlı çeliktir. Yüksek gerilim hatlarının pilonları, kreyn, demiryolu, karayollarında kullanılan köprüler ve benzeri özel çelik yapıların inşasında kullanılması emniyetli olur. Çekme dayanımı/Akma sınırı:5200-6200/3600 kg/cm^2 dir.

Ayrıca; dayanım ve stabilite tahkikleri için yükler, TS 498'den alınmalıdır. Bu konuda yeter bilgi olmayan hallerde, yükler yetkili proje kontrolü ile ortaklaşa tayin edilir[12].

Çelik emniyet gerilmeleri:

Yapı çeliklerinin "Emniyet Gerilmeleri" hesaplanırken **"akma sınırı"** dikkate alınır. Akma sınırının bir katsayıya bölünmesiyle çelik emniyet gerilmeleri hesaplanır.

Akma sınırına kadar yüklenmiş çelikte büyük plastik deformasyonlar oluştuğundan yapıların bu sınıra kadar yüklenmesi düşünülemez. Bu yüzden çelik birleştirme araçları ve profil hesaplarında **emniyet gerilmesi** kavramı geçerlidir. Yapı çeliği, sünek-düktil bir malzeme olduğu için emniyet gerilmesi tespitinde sınır değer olarak AKMA SINIRI esas alınır. Bu değer belirli bir katsayıya bölünerek emniyet gerilmesi elde edilir ve boyutlandırma hesabı yapılır. Böylece yapı, yıkılma olasılığından belli bir uzaklıkta inşa edilmiş olur.

$$\sigma emn = \frac{\sigma ak}{\nu}$$

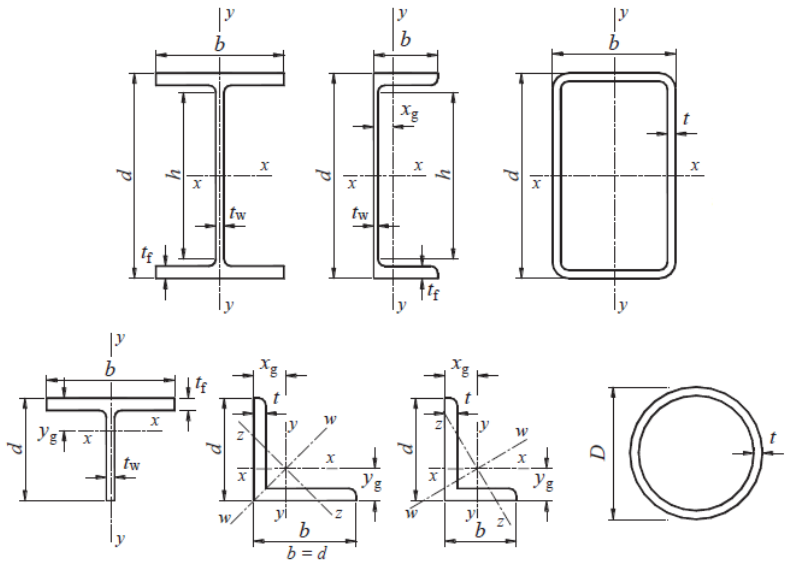
YÜKLER VE YÜK BİRLEŞİMLERİ

[12] Çelik Yapılar Ders Notları. Y. Doç. Dr. Cenk Üstündağ. İTÜ Mimarlık Fakültesi - Mimarlık Bölümü Yapı ve Deprem Mühendisliği Çalışma Grubu

Yapı sistemlerinin tasarımında esas alınan karakteristik yük değerleri, rüzgâr, kar ve deprem etkileri hariç, TS 498 e uygun olarak belirlenecektir. Kar yükleri için TS EN 1991 – 1 – 3 te ve rüzgâr yükleri için TS EN 1991 – 1 – 4 te verilen koşullar gözönüne alınacaktır. Deprem etkisi, *E* nin ayrıntılı tanımı için yürürlükteki Türk Deprem Yönetmeliği koşulları esas alınacaktır.
Gerekli dayanımı belirlemek için karakteristik yüklere uygulanacak yük birleşimleri, seçilen tasarım yöntemine bağlı olarak
Bu yük birleşimlerinde yer alan yükler aşağıda tanımlanmıştır.
G: sabit yük
Q: hareketli yük
*Q*r: çatı hareketli yükü
S: kar yükü
R: yağmur yükü
W: rüzgar yükü
E: deprem etkisi
F: akışkan madde basınç yükü
T: sıcaklık değişmesi, mesnet çökmesi etkileri
H: yatay zemin basıncı, zemin suyu basıncı veya yığılı madde basıncı
Güvenlik katsayıları ile tasarım yönteminde yükler,
G (YD I), G+Q (YDII) şeklinde alınacak olup daha detaylı bilgiye Çelik yapı tasarım ve yapım kuralları 2018 madde 5.3.den ulaşılabilir.

Çelik konstrüksiyonunda kullanılan çelik ürünleri

Yönetmelik, TS EN 10025 e uygun şekilde sıcak haddelenerek üretilmiş çelik profiller ve levhalar ile EN 10210 ve EN 10219 a uygun olarak üretilen yapısal boru ve kutu enkesitli elemanların oluşturduğu çelik ve çelik-betonarme kompozit yapıların tasarım esaslarını içerir. Çelik yapılarda kullanılan hadde ürünleri ve döküm ürünleri çok çeşitlidir. Bunlardan standart olarak üretilenler şunlardır.



A) Hadde Ürünleri

1) Profiller




profilleri TS 910/1

(NPI, IPE, IPB, IPBv, IPEo, HE, HL, HD, HP, W, UB, UC) (NPI 200, IPB 240, IPE 300)

_ [profilleri TS 912 ([20, [24)

_ L, L profilleri (korniyerler), TS 908 ve 909, Eşit kollu ve çeşit kollu olarak imal edilirler (L100.100.10 , L120.80.5)

_ T profilleri

_ Z profilleri

_ O □ Boru profilleri (Dikdörtgen ve daire en kesitli)

_ Ray profilleri

_ Özel profiller

2) Lamalar (dikdörtgen enkesitli çubuklar)

_ Dar lamalar (b=10-150mm, t=5-60mm)

_ Genis lamalar (b=151-1250mm, t=5-60mm)

_ ince lamalar (b=12-360mm, t=0.1-5mm) (Örnek gösterim: 140.10)

3) Levhalar

_ İnce levhalar (t < 2.75 mm)

_ Orta levhalar (3 < t < 4.75 mm)

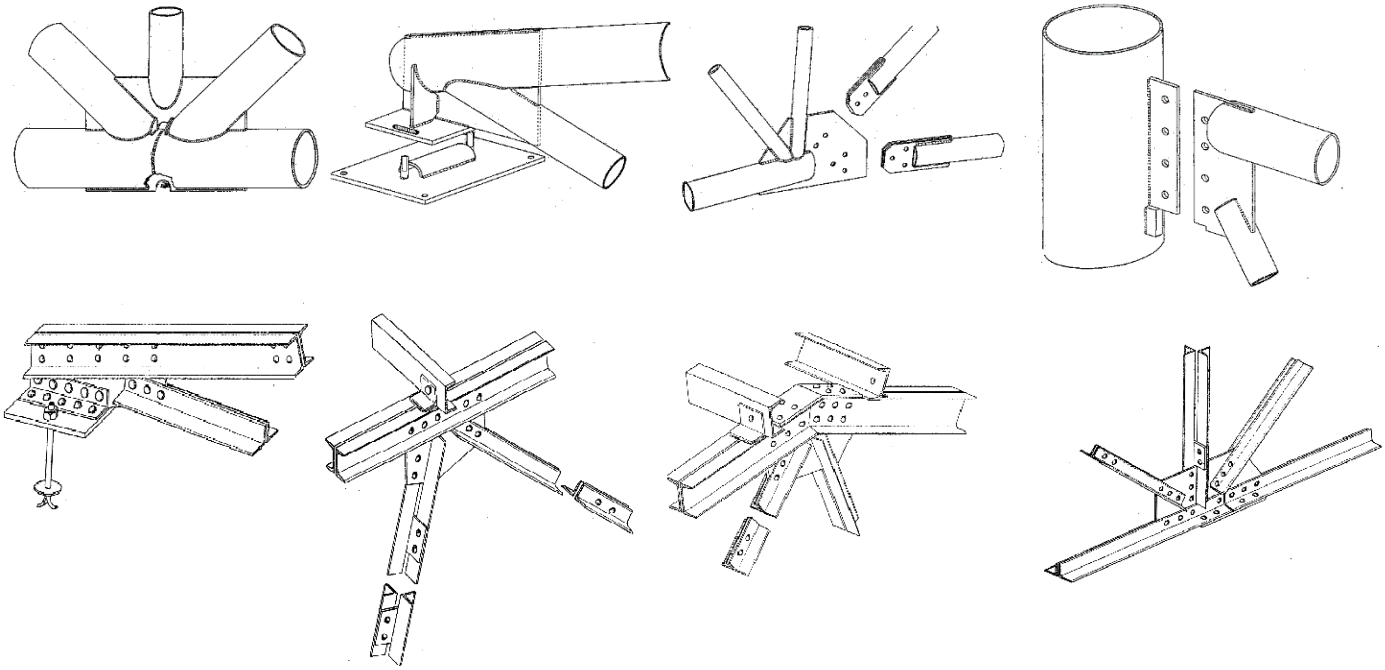
_ Kaba levhalar (t >5 mm) (Levha. 4.1500.5000, veya Lev. 4)

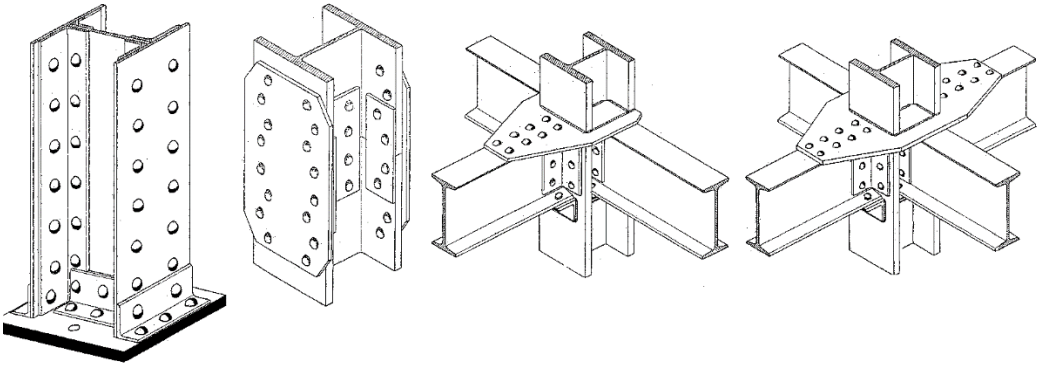
B) Döküm Ürünleri

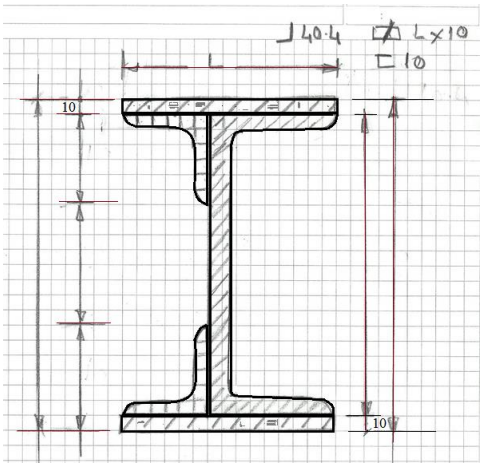
_ Çelik font (Mesnet parçaları vb.)

_ Su Çeliği (Mesnet ruloları, mafsal parçaları vb.)

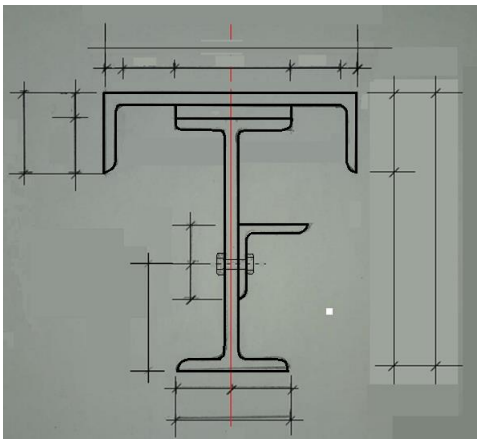
_ Gri font (Mesnet parçaları)



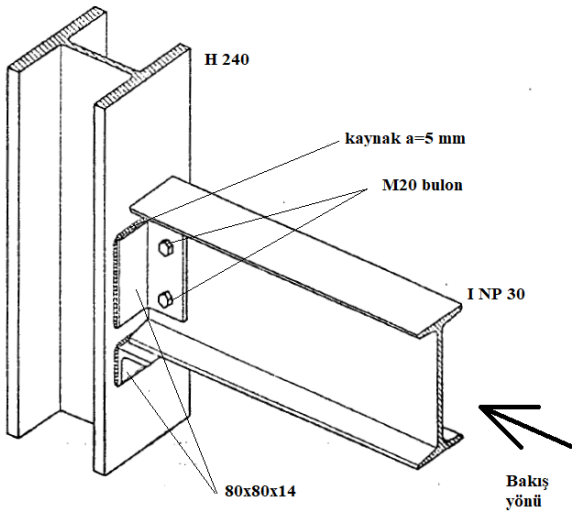




Uygulama: Şekilde verilen kombine kesiti ölçülendiriniz. 1/2 ölçekle çiziniz.



Uygulama: Şekilde verilen kombine kesiti ölçülendiriniz. 1/2 ölçekle çiziniz.



Uygulama: kolon-kiriş detayının ok yönündeki görünüşünü çiziniz.

ÇELİK YAPILARDA BİRLEŞİMLER

Çelik hadde ürünleri kullanılarak taşıyıcı veya detay sistem oluşturmak için çeşitli boy ve kesitteki profillerin birbirlerine yük aktaracak bir teknikle birleştirilmesi gerekir. Bu işlemin genel amacı şunlardır.

1-Farklı taşıyıcı elemanların (kolon-kiriş, kiriş-kiriş, alt baslık-üst baslık, dikme-alt baslık vb.) birbirine bağlanması
2-Eleman boyunun uzatılması
3-Eleman en kesitinin arttırılması

Yapıyı oluşturacak olan çelik çubukları ve yardımcı malzemeleri statik bakımından beraber çalışan yapı kısımları halinde birleştiren araçlara "Çelik birleşim araçları" denir. Bu birleştirme araçları üç çeşittir.

1-Perçin
2-Bulon
3-Kaynak
iki kısımda incelenirler.
Sökülebilen birleştirme araçları: Bulonlar (civatalar)
Sökülemeyen birleştirme araçları: Perçin ve kaynak

1- Perçinler

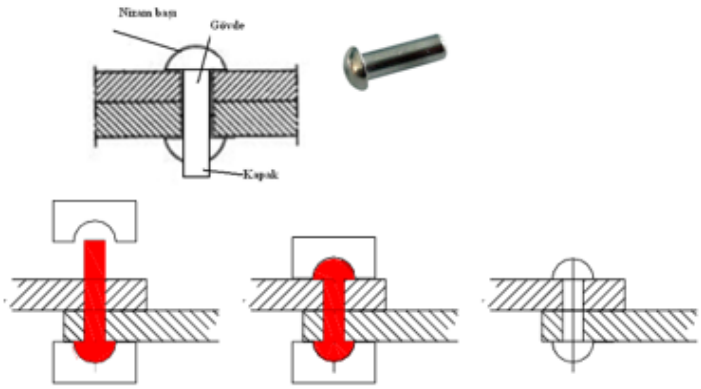
Perçinli birleşimler günümüz modern çelik yapılarında kullanılmamaktadır. Ancak eski çelik yapıların onarılması aşamasında aslına sadık kalmak için uygulanmaktadır.

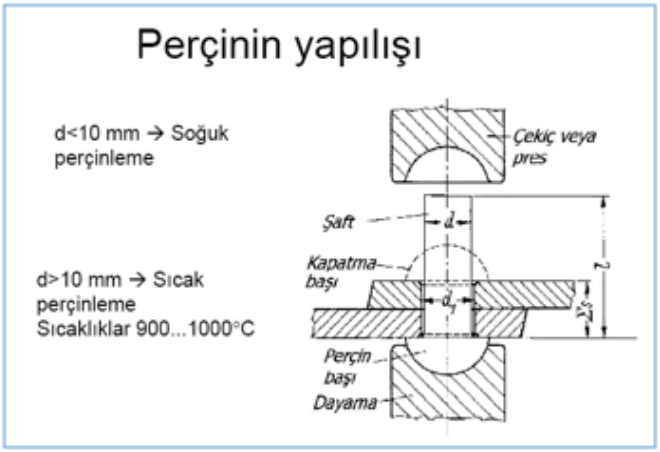
Yuvarlak çelikten preslenerek elde edilen, önceden açılmış deliklere yerleştirildikten sonra dövülerek şişirilen, gövde enkesitinde makaslamaya, delik çevresinde ezilmeye çalışarak kuvvetleri aktaran ve çelik profilleri birbirlerine birleştiren elemanlardır. Perçinler, çelik elemanların kalıcı olarak birleştirilmesinde kullanılırlar.

Parçalardaki delikler atölyede matkapla açılır. Son zamanlarda bilgisayar kontrollü matkaplarda kullanılmaktadır. Parçalardaki deliklerin tam olarak karşılıklı gelebilmesi için delikler önce 2 - 3 mm kadar küçük çaplı açılıp, montaj sırasında parçalar önce cıvatalarla birbirine bağlandıktan sonra, karşılıklı gelen delikler matkapla gerekli çaplarına getirilerek tam uyum sağlanabilir. Perçinler akkor halde kızdırıldıktan sonra delik içerisinde dövülerek başlık yapılır.

Bir perçin üç kısımdan oluşur.

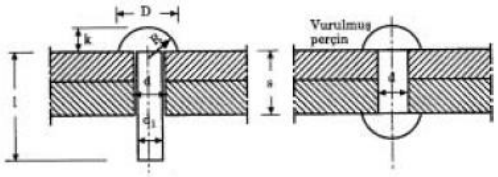
1- Fabrikada basınçla oluşturulmuş Nizam başı
2- Gövde
3- Kızdırılıp dövülmek suretiyle oluşturulan kapak veya kapatma başı.



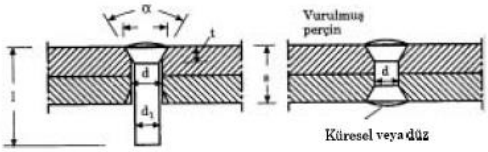


Perçinler, nizam başlarının şekline göre ise, yuvarlak başlı perçin ve gömme başlı perçin olmak üzere iki şekilde üretilirler. Yuvarlak başlı perçinler pratikte en fazla kullanılan perçin tipidir.

a) Yuvarlak başlı perçin (TS 9412) (DIN 124)



b) Gömme başlı perçin (TS 9413) (DIN 302)



d=ham perçin çapı. (Normal bulon çapı)
d_1=delik çapı veya dövülmüş perçin çapı.(uygun bulon çapı)

Perçinli (Bulonlu) birleşimlerde uyulacak kurallar

1-Perçin uzunlukları: Bir perçinin uzunluğu şu kurala bağlı olarak hesaplanır. l=Σt+s
(birleştirilecek parçaların toplam kalınlığı + kapatma başı uzunluğu.)
1-Perçin makine ile dövülecekse l=Σt+1.3d
2-Perçin el ile dövülecekse l=Σt+1.75d
Birleştirilecek parçaların toplam kalınlığı perçin çapının **6.5** katını geçmemelidir. Σt≤6.5d. Gelişmiş teknoloji kullanılıyorsa bu değer en fazla **9d** kadar olabilir.

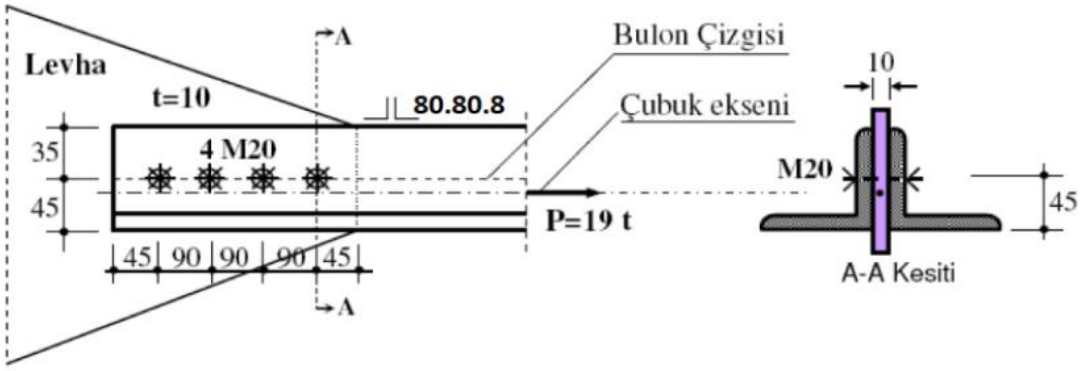
2-Perçin çapı (d): Yerine vurulmamış perçine ham perçin denir. Perçinler deliklerine konulduktan sonra kapak başı dövülerek oluşturulur. Bu arada perçin şişerek deliği doldurur. Böylece **dövülmüş perçin çapı** delik çapına eşit olur (d_1). Hesaplarda dövülmüş perçin çapı kullanılır.
Perçin çapı genelde birleştirilecek parçaların en küçüğünün kalınlığına göre de (t_{min}) hesaplanır. Kullanılan en ince levha kalınlığına göre delik çapları **Tablo 4'** de verilmiştir. Ham perçin çapı delik çapından 1 mm daha azdır.
d_1= d+1 mm. (dövülmüş perçin çapı veya delik çapı)
$d = \sqrt{5t} - 0{,}2$ (cm) ifadesi ile de hesaplanabilir.
Çelik profillerin gövdelerine açılacak olan delik çapı sınırlı olduğundan, her profil için açılabilecek delik çapı Profil tablosundan, birleşimde kullanılacak profil numarasına göre seçilir. Kuvvet aktaran perçinlerin en küçük çapı 13 mm dir.

3-Perçin ve bulon delik aralıkları: Çelik yapılarda perçinler e bulonlar, kuvvet aktaran ve yapısal olmak üzere iki şekilde iş görürler. Her ne amaçla kullanılırlarsa kullanılsın, perçin ve bulonların daha yararlı olabilmeleri için belirlenen aralıklarda yerleştirilmesi gerekir.

	Perçin Aralığı		**Bulon Aralığı**	
	Yüksek Yapılar ve Krenler	Köprüler	Yüksek Yapılar ve Krenler	Köprüler
min e	$3d_1$		$4d_1$	
min e_1	$2d_1$			
min e_2	1,5d1			
max e	$8d_1$, 15t	$6\ d_1$, 12t	$8\ d_1$, 15t	$6\ d_1$, 12t
max e_1	$3d_1$, 6t		(d_1=delik çapı)	
max e_2				

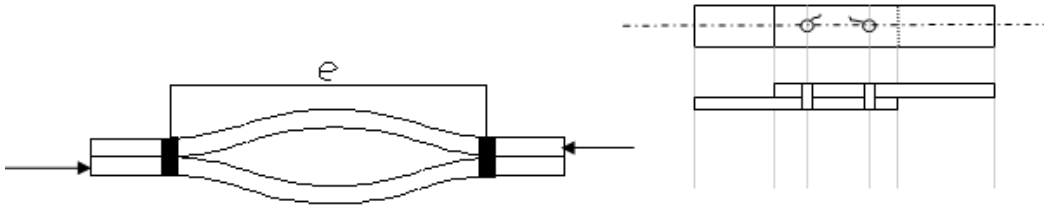
***Standart dairesel, büyük dairesel ve oval deliklerin merkezleri arasındaki uzaklık, *s (e)*, karakteristik bulon çapı *d* nin 3 katından az olamaz.

ÖRNEK UYGULAMA: Bir birleşimde 80.80.8 köşebenti 4 adet bulon ile t=10 mm kalınlığındaki bağ levhasına bağlanmıştır. Bulon ara mesafelerini hesaplayıp detayı çiziniz.
Delik çapı d1=21 mm
e=4.d1=4x21=88 mm (90 mm); e1=2xd1=2x21=42 mm (45 mm)



Delik aralıkları şu bakımlardan önemlidir.

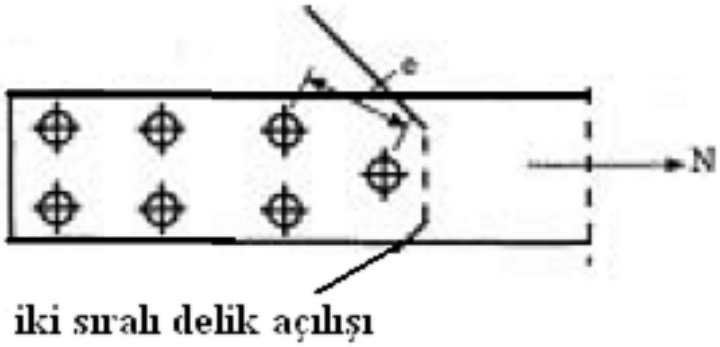
- Perçinlerin kolay dövülebilmesi ve bulon somunlarının kolay sıkılabilmesi için,
- Delik zayiatından dolayı asıl profildeki dayanımın daha fazla azalmaması için,
- Perçin dövüldükten sonra, yakın konulmuş delikler arası levhada, delik çevresindeki gerilme birikimlerinden dolayı oluşan mikro çatlakların bir diğerine kavuşmaması için,
- Delikler arasında tutulan suyun, ek içerisine sızarak paslanmaya sebep olmaması için,
- Basınç kuvveti etkimesi halinde, uzak konulmuş delikler arası levhanın burulmaması için,
- Çubuk ile bağ levhasının bindirme boyunun hesabı için (e),



Bu şartlar göz önüne alınarak, profillerin gövdelerinde açılacak deliklerin aralıkları ve profil kenarından mesafeleri TS 684 'de verilmiştir. Bu aralıklar ders notu Tablo 5, Şekil 3 ve 4. de verilmiştir. Profillerin kesitlerinde açılacak delik aralıklarının, çaplarının ve deliklerin nerede olacağı ilgili profil tablolarında verilmiştir.

Not: perçinler eksenel çekmeye çalıştırılamazlar ;)





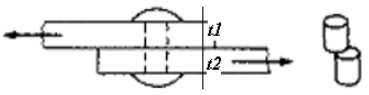
4-Bir birleşimde en az iki adet 13 mm çapında perçin kullanılmalıdır.

5-Bir sırada arka arkaya 5 adetten fazla perçin kullanılmamalı. Yük aktaracak perçin sayısı fazla ise iki yada çok sıralı dizilmeli.

6-Tek tesirli ve Çift tesirli birleşimler ve t_{min} kavramı: Perçin ve bulonlar iki veya daha fazla profili birleştirmek amacıyla kullanıldıklarından hesapları da buna göre yapılır. İki parçayı birleştiren perçin veya bulonlar tek tesirli, üç parçayı birleştiren bulon veya perçinler ise çift tesirli olarak hesaplanırlar. Ayrıca, perçin ve bulon hesaplarında en zayıf levhanın kalınlığı esas alındığından t_{min} hesabı ve belirlenmesi gerekir. Bir ekte bulunan parçaları, birleştiren ve birleştirilen olmak üzere ikiye ayırırız. Bu amaçla ekteki, **birleştiren** ve **birleştirilen** parçaların toplam (profillerin) kalınlıkları kıyaslanır ve en ince olan t_{min} olarak belirlenir.

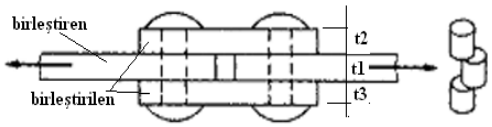
$t_1>t_2$ ise $t_{min} = t_2$ $t_1>t_2+t_3$ ise $t_{min} = t_2+t_3$

$t_1<t_2$ ise $t_{min} = t_1$ $t_1< t_2+t_3$ ise $t_{min} = t_1$



Tek tesirli birleşim

$t_1>t_2$ ise $t_{min} = t_2$
$t_1<t_2$ ise $t_{min} = t_1$



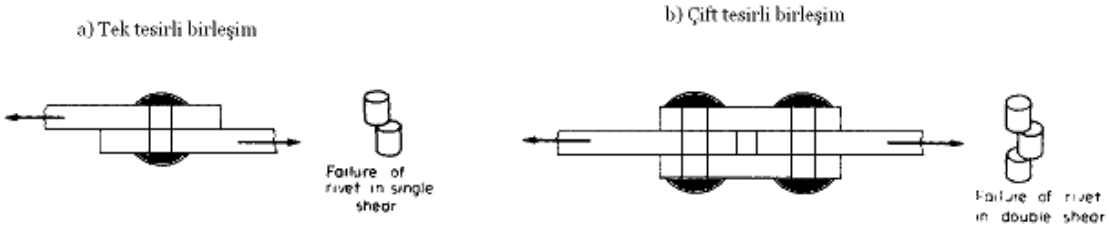
Çift tesirli birleşim

$t_1>t_2+t_3$ ise $t_{min} = t_2+t_3$
$t_1< t_2+t_3$ ise $t_{min} = t_1$

7-Perçin ve bulon emniyet gerilmeleri: Perçin hesaplarında kullanılacak olan emniyet gerilmeleri Tablo 3 de verilmiştir.

PERÇİNLERİN VE BULONLARIN HESAP ŞEKLİ

Perçinler (Bulonlar), gövde enkesitinde makaslamaya, gövde çevresinde ise ezilmeye çalışarak yükleri aktarırlar. Perçinler mecbur kalmadıkça boy eksenlerine paralel çekmeye çalıştırılmamalıdırlar. Perçinler daha çok Makaslamaya çalıştırılarak kuvvetleri aktarırlar. Gövde kesitlerinde oluşan makaslama alanlarının sayısına göre tek yada çift tesirli yük aktarırlar.

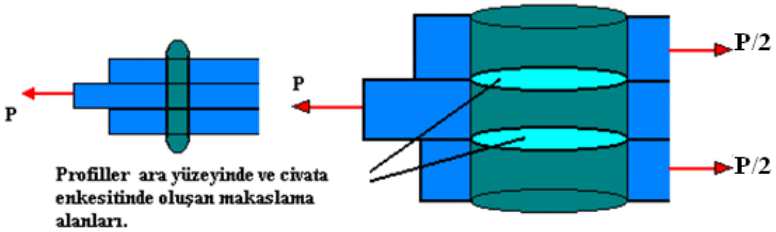


Bir Bulonun (perçin) MAKASLAMA gerilmelerine göre güvenli taşıma gücü (Ba): Birleştirilen levhaların arayüzeylerinde perçin kesiti makaslamaya zorlanarak kesilmek ister.

$$\tau_a = \frac{N_a}{\frac{\pi . d^2}{4}} \leq \tau_{a,em}$$

$Na = \frac{\pi d_1^{\,2}}{4} \tau a,em$ (tek tesirli), $Na = 2.\frac{\pi d_1^{\,2}}{4} \tau a,em$ çift tesirli d1=dövülmüş perçin yada uygun bulon çapı.

Bulonlarda makaslama gerilmesi Ba ile gösterilir.



Çift tesirli civatalı (perçinli) birleşim

Bir Bulonun (perçin) EZİLME gerilmelerine göre güvenli taşıma gücü (B_l)

Tek veye öçift tesirli perçinlerde, eksenel kuvvetten dolayı perçin delik çevresine yaslanarak yük aktaracağından, bu kısımlarda ezilme gerilmeleri oluşur. Ezilme alanı, birleştirme aracının kullanılan çapı ile, minimum levha kalınlığının çarpımından oluşur.

$$\sigma l = \frac{Nl}{d.t} \leq \sigma_{l,em}$$

$Nl = d.t_{\min}\sigma_{lem}$ d=normal bulon çapı.

Bir Bulonun (perçin) güvenli taşıma kapasitesi (Nem; Bem)

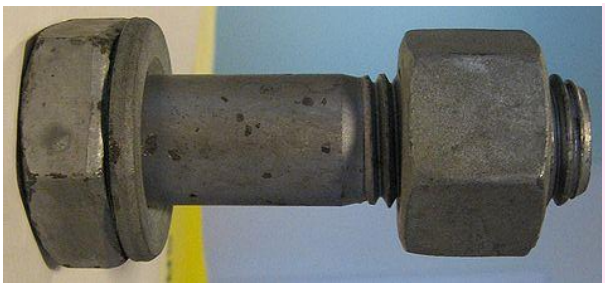
Bir perçinin veya bulonun güvenli taşıma kapasitesi, bu birleştiricilerin makaslama yada ezilme gerilmesine göre taşıma gücünün en küçüğüdür.

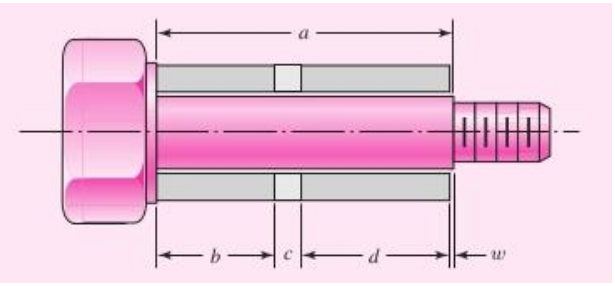
N_{em}= N_l veya N_a dan küçüjk olanıdır. Dolayısıyla verilen bir kuvvete göre gerekli perçin veya bulon sayısı "n"

$n = \frac{P}{Nem}$ $adet$ olarak hesaplanır.

2-Bulonlar (Civatalar) TS12435 Altıköşe başlı civatalar-Çelik konstrüksiyonlar için-Somunlu

Uç tarafına diş açılmış silindirik bir gövde ve altı köşeli baş kısmı bulunan çelik yapı birleştirme aracıdır. Bulonlar, birleştirilecek parçaların üzerine hesapla bulunan çap ve aralıkta açılan deliklere rondela (düz pul, yaylı, tırtıllı) ve somun da takılarak sıkılır ve öncelikle parçaları birleştirirler, daha sonra yük aktaracak hale gelirler.





Bulonlar çelik yapılarda aşağıda belirtilen hallerde kullanılır.

a) Birleştirme aracının gövdesi doğrultusunda büyük çekme kuvvetleri tesir ediyorsa,
b) Birleştirilecek parçaların malzemesi, şekli veya boyutları perçin yapılmasına elverişli değilse,
c) Konstrüktif sebeplerden, mesela çok küçük yapılarda ve şantiyelerde perçin ile birleşim pahalı oluyorsa,
d) Birleşim yeri, iyi perçin yapılmasına müsait değilse,
e) Birleştirilecek parçaların kalınlığı perçin yapılamayacak derecede fazla ise,
f) Sıcaklık ve gürültüden kaçınılması halinde,
g) Kısa süreli teşkil edilen yapılarda (sergi binalarında).

BULON ÇEŞİTLERİ

Bulonlu (cıvatalı) birleşimlerde genellikle iki türlü bulon kullanılır.

i. Normal Bulonlar
ii. Yüksek Mukavemetli Bulonlar (HV)

Normal bulonlar kuvvet aktarmaları perçinler gibi, gövdede makaslama ve delik çevresinde ezilme gerilmelerine göre hesaplanan bulonlardır. Normal bulonlarda diş açılmamış gövde kısmı boyunun birleştirilen elemanların toplam "**S"** kalınlığından birkaç mm fazla olması gerekir.

Normal bulonlar iki çeşittir:

i. Kaba Bulonlar
ii. Uygun Bulonlar

Kaba bulon ile uygun bulon arasında iki açıdan farklılık vardır:

a. Kaba bulonlarda gövde çapı delik çapından 1mm kadar daha azdır ($d = d_1 - 1$). Uygun bulonlarda ise dövülmüş perçin çapı gibi delik çapına eşittir $d = d_1$ dir.
b. Kaba bulonlarda diş açılmış kısmın dışında kalan gövde kısmı işlenmemiştir. Uygun bulonlarda ise bu kısım deliğe tam uyacak şekilde işlenmiştir.

Bulonların ölçülendirilmesi

Farklı kullanımlarına rastlansa da dünya standartlarında en yaygın İngiliz inç ve metrik ölçü birimi olmak üzere iki çeşit cıvata görülür. İnç sistem, bazı bölgelerde Whitworth adıyla anılıp, adı İngiliz mühendis Joseph Whitworth' tan gelmektedir.

6.8, 8.8, 10.9, 12.9 CİVATA DENİNCE NE ANLAŞILIR?[13]

Birinci rakam 100 ile çarpılınca, çıkan değer malzemenin çekme mukavemetini (dayanımını) verir.
8.8 için 8 x 100 = 800 N / mm^2
10.9'da 10 x 100 = 1,000 N / mm^2
6.8'de 6 x 100 = 600 N / mm^2
Aslında (800 Newton / mm^2) / (9.81 Newton / Kg)) 81.5 Kg / mm^2
İkinci rakam (8.8'in ikinci 8'i gibi) 8 = 0.8'dir. Yani ikinci rakam yukarıda bulunan çekme dayanımı ile çarpılarak çeliğin ve ya malzemenin AKMA GERİLME SINIRI veya ORANTISIZ UZAMA GERİLMESİ bulunur.
800 x 0.8 = 640 N / mm^2 veya yaklaşık 640/10 = 64 Kg/mm^2
Aslında (640 N / mm^2) / (9.81 N / mm2) = 65 Kg / mm^2
Bulon Malzemesi Mukavemeti : 4.6 ise KABA bulonlar,
Bulon Malzemesi Mukavemeti : 5.6 ise KABA veya UYGUN bulonlar,
Bulon Malzemesi Mukavemeti : 10.9 ise Yüksek mukavemetli bulonlar

Cıvata sınıfı	**3.6**	**4.6**	**4.8**	**5.6**	**5.8**	**6.6**	**6.8**	**8.8**	**9.8**	**10.9**	**12.9**	**14.9**
Akma day.(MPa)	180	240	320	300	400	360	480	640	720	900	1080	1260
Çekme day (MPa)	300	400	400	500	500	600	600	800	900	1000	1200	1400

Aşağıdaki tabloda metrik ölçü sisteminde, bulonların çap ve projede gösterim sembolleri verilmiştir.

Bulon	M 10	M 12	M 14	M 16	M 18	M 20	M 22	M 24	M 27	M 30	M 33	M 36
Uygun bu. çapı d mm	11	13	15	17	19	21	23	25	28	31	34	37
Kaba bu. çapı d mm	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36
Delik çapı d_1 mm	11	13	15	17	19	21	23	25	28	31	34	37
Gösterme işareti			15		19				28	31	34	37
Diş dibi alanı A_s mm^2	50,9	74,3	102	141	171	220	276	317	419	509	636	745

ISO metrik ölçü	M14	M18	M22	M27	M33	M39	M45	M52	M60	M68
Anahtar genişliği (mm)	22	27	32	41	50	60	70	80	90	100

Deprem Yönetmeliğinden: 4.2.3.2 – Deprem yükleri etkisindeki elemanların birleşim ve eklerinde kullanılacak bulonlar ISO 8.8, 10.9 veya daha yüksek kalitede olacaktır. Bu bulonlar, moment aktaran birleşimlerde kendilerine uygulanabilecek öngerme kuvvetinin tümü ile, diğer birleşimlerde ise en az yarısı ile öngerilecektir. Deprem yükleri etkisinde olmayan elemanların birleşim ve ekleri ile temel bağlantı detaylarında ISO 4.6 ve 5.6 kalitesinde bulonlar kullanılabilir.

Bulon hesapları
Bulonların çalışma tarzı aynen perçinlerde olduğu gibidir. Yani bulonlar kesme ve ezilmeye çalışırlar. Bulon hesaplarıda perçin hesapları gibi yapılır. Kaba bulonların hesabında bulonun gövde çapı göz önünde tutulur. Bulonun gövde uzunluğu ve diş çekilen kısmın uzunluğu, birleştirilen parçaların kalınlığına göre tesbit edilir. Eğer bu hususa uyulmayıp da dişler deliğin içine kadar girerse, hesaplarda diş dibi çapını almak gerekir. Uygun bulonların (parlak bulon) hesabında,

[13] 1 Kg = 9.81 N.'dur. Kolayca hatırlamak için 1 Kg yaklaşık 10 Newton diyebiliriz.
800 Newton / mm^2 = 89 Kg / mm^2 gibi.

perçinlerde olduğu gibi delik çapı dikkate alınır. Bulonlarda gövde doğrultusunda normal kuvvetler tesir ediyorsa diş dibi enkesiti göz önünde tutulur.

Makaslamaya göre $Ba = \frac{\pi d^2}{4} \tau a,em$ (tek tesirli), $Ba = 2.\frac{\pi d^2}{4} \tau a,em$ çift tesirli

Ezilmeye göre $Bl = d.t_{\min} \sigma_{lem}$

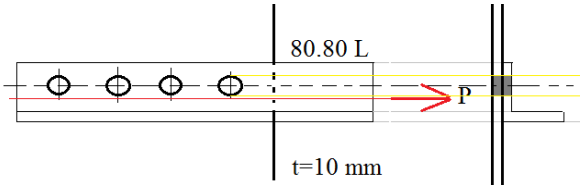


Şekil 30



Şekil 31

ÖRNEK



Verilen 4 adet UB bulonun güvenle aktarabileceği yükü hesaplayınız. Ç37 (S235) G (YDI)

Ek tek tesirlidir ve t_{min} = 8 mm dir.

Bu profil gövdesinde (eşit kollu 80.80.8) açılabilecek en büyük delik çapı tablodan d_1=21 mm bulunur. Bu aynı zamanda Uygun Bulon çapına eşittir. (Perçin hesabı olsaydı dövülmüş perçin çapı olarak ta alınabilirdi)

Bir Bulonun güvenli taşıma kapasitesi hesaplanır. Bulon sayısı ile çarpılır.

Makaslama gerilmesine göre bir bulonun güvenli taşıma kapasitesi

$$Ba = \frac{\pi d^2}{4} \tau a,em \quad _____ \quad Ba = \frac{\pi (2.1)^2}{4} 1.4 = 4.85 ton$$

Ezilme gerilmesine göre bir bulonun güvenli taşıma kapasitesi

$Bl = d.t_{\min}\sigma_{lem}$ ----------Bl=2.1x0.8x2,8=4,704 ton

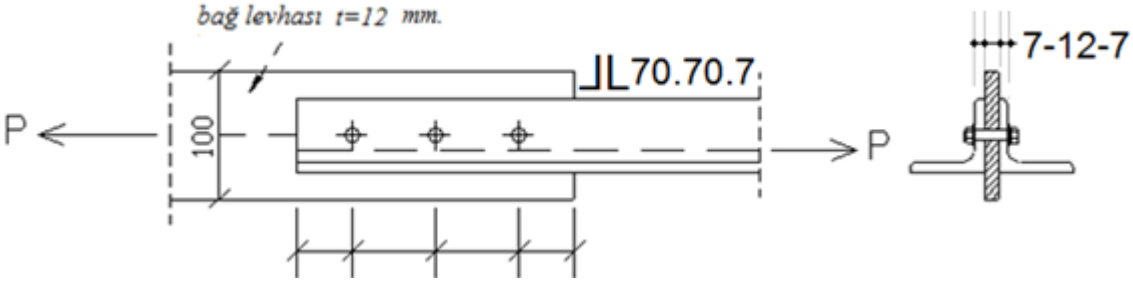
$B_{em}=B_l$=4,704 ton

Bu ek sadece (4UB 21) bulonlar açısından

$P_{em}=n.B_{em}$= 4,704x4=18.816 ton yük aktarabilir.

ÖRNEK

Şekilde verilen bulonlu eki oluşturabilmek için gereken uygun bulon sayısının hesaplayınız. Bulon aralıklarını gösteriniz. Ç37, YDI, P=20 ton (çekme)



Bulonlu ek çift tesirlidir. Bir bulonun güvenli taşıma kapasitesi hesaplanır ve eke etkiyen eksenel yük bu emniyetli taşıma kapasitesine bölünür.

$n = \frac{P}{Nem}$ $adet$ Olarak hesaplanır.

Makaslama gerilmesine göre bir bulonun güvenli taşıma kapasitesi

$$Ba = 2\frac{\pi d1^2}{4}\tau a,em \quad _____ \quad Ba = 2.\frac{\pi(1.7)^2}{4}1.4 = 6{,}35ton$$

Ezilme gerilmesine göre bir bulonun güvenli taşıma kapasitesi

$Bl = d1.t_{\min}\sigma_{lem}$ ----------Bl=1,7x1,2x2,8=5,71 ton

$B_{em}=B_l$=5.71 ton bir adet Ø17 UB nun güvenli taşıma kapasitesi 5,71 tondur.

Ek için gerekli uygun bulon sayısı;

$$n = \frac{P}{Nem} = \frac{20}{5{,}71} \cong 4 \text{ adet Bulon gereklidir.}$$

$e_1=2d_1=2x17=34$ mm $e_2=4d_1=4x17=68$ mm

PERÇİNLİ VE BULONLU ÇELİK ÇEKME ÇUBUKLARI

Eksenel yük etkisi altındaki elemanlar denilince aklımıza çekme ve basınç çubukları gelir.

Çekme çubukları boy ekseni doğrultusunda çekme kuvveti etkisi altındaki elemanlardır. Çubuğun bütün kesiti çekmeye zorlanır ve kesitte çekme gerilmeleri oluşur. Dolayısıyla çubuktaki gerilme hesabı $\sigma = \frac{P\,(+)}{F_n} \leq \sigma_{Ç,emn}$ şeklindedir. Burada,

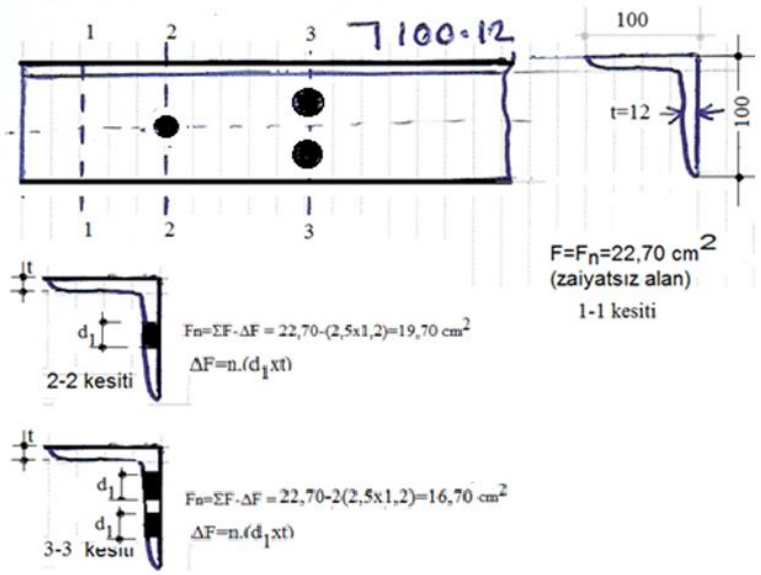
P= eksenel çekme kuvveti (kg,ton, kN)

Fn=ΣF-ΔF şeklinde hesaplanan faydalı enkesit alanı (cm^2)

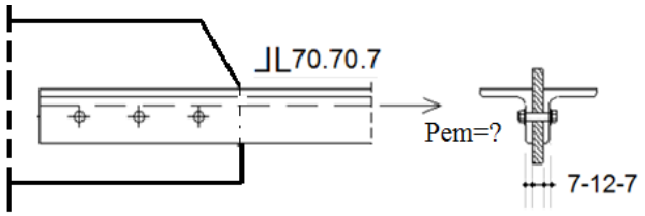
ΔF =n(d_1·t)

$\sigma_{Ç,emn}$=Çekme çubuğunun malzemesine göre çekme emniyet gerilmesi (kg/cm^2)

Faydalı Enkesit Kavramı

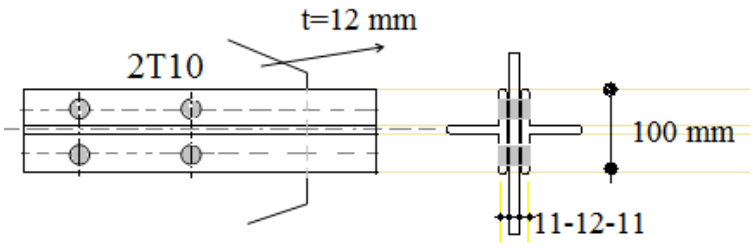


ÖRNEK: şekilde verilen bir kafes kirişe ait örgü çubuğu çekme kuvveti etkisi altındadır. Sadece Çubuğun güvenle aktarabileceği çekme kuvvetini hesaplayınız. Ç37, YD1



Çubuk zaiyatsız alanı ilgili profil tablodundan F=9,40 cm^2 okunur.
Çubuk gövdesinde açılmaya müsaade edilen delik çapı d_1=17 mm (1,7 cm)
Delik zaiyatı hesabı:
F=9,40 cm^2 ΣF=2F=2x9,40=18,80 cm^2
ΔF =n($d_1$xt)------ ΔF =2x(1,7x0,7)=2,38 cm^2
Fn=ΣF-ΔF ----- Fn=18,80-2,38=16,42 cm^2 faydalı enkesit alanı
2 adet 70.70.7 lik köşebentin güvenle aktarabileceği çekme kuvveti;
$P_{em}=F_n \times \sigma_{ç,em}$…… Pem=16,42 x 1,4=22,33 ton olarak hesaplanır.
(Not: Birleşim araçları hesaba dahil edilmemiştir, sadece profillerin güvenli yükü hesaplanmıştır)

ÖRNEK: Şekilde görülen Kaba bulonlu çekme çubuğu ekinde 4 adet KB kullanılmıştır. Çekme çubuğu iki adet T10 profilinden oluşturulmuştur. Bu kaba bulonlu çekme çubuğu ekinin güvenle aktarabileceği kuvveti hesaplayınız.
(Pem, birleştirme aracı ve çekme çubuğu için ayrı ayrı hesaplanır. Küçük olanı bu ekin güvenle aktarabileceği kuvveti olarak belirlenir)
Ç37, YD I



<u>Kaba Bulonların güvenli taşıma kapasitesi</u>
Bulon çift tesirlidir.
t_{min}= 12 mm dir
d_1=13 mm (Kaba bulonlarda bulon çapı delik çapından 1 mm küçüktür.)

$d=(d_1-1)$ $d=13-1=12$ mm Bulonlu ek çift tesirlidir. Bir bulonun güvenli taşıma kapasitesi hesaplanır ve ekin bulonlar açısından güvenle taşıyabileceği yükü bulmak için ekteki bulon sayısıyla çarpılır.

Makaslama gerilmesine göre bir Kaba bulonun güvenli taşıma kapasitesi

$$Ba = 2\frac{\pi d^2}{4}\tau a,em \quad _____ \quad Ba = 2.\frac{\pi(1.2)^2}{4}.1{,}12 = 2{,}53ton$$

Ezilme gerilmesine göre bir kaba bulonun güvenli taşıma kapasitesi

$Bl = d.t_{\min}\sigma_{lem}$ ----------Bl=1,2x1,2x2,4=3,456 ton $B_{em}= B_a$=2,53 ton

Bulonlar açısından Pem= n x Bem …Pem=4 x 2,53= **10,12** ton. (en az)

<u>Çekme Çubuğunun (2 adet T10) güvenle taşıyabileceği yük:</u>

Çubuk zaiyatsız alanı ilgili profil tablodundan F=20,90 cm^2 okunur.

Çubuk gövdesinde açılmaya müsaade edilen delik çapı d_1=13 mm (1,3 cm)

Delik zaiyatı hesabı:

F=20,90 cm^2 $\Sigma F=2F=2x20{,}90=41{,}80$ cm^2

$\Delta F = n(d_1 xt)$------ $\Delta F = 4x(1{,}3x1{,}1)=5{,}72$ cm^2

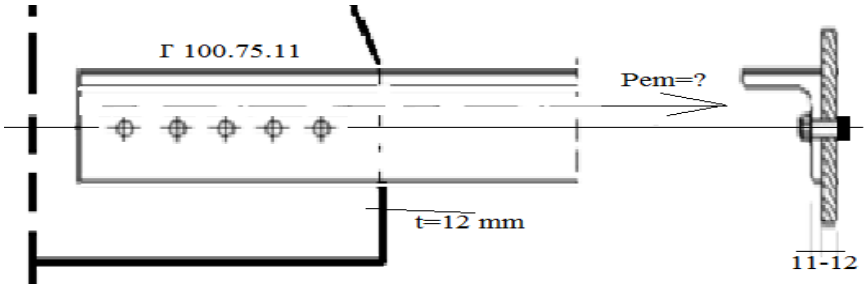
$Fn=\Sigma F-\Delta F$ ----- Fn=41,80-5,72=36,08 cm^2 faydalı enkesit alanı

2 adet T10 profilinin güvenle aktarabileceği çekme kuvveti;

$P_{em}=F_n$ x $\sigma_{ç,em}$…… Pem=36,08 x 1,4=**50,512** ton olarak hesaplanır.

Birleştirme aracının taşıyabileceği güvenli yük ile Çekme çubuğunun taşıyabileceği güvenli yük kıyaslanır. Zayıf olanı bu ekin güvenle aktarabileceği yükü verir. Bu bulonlu ek güvenle 10,12 ton. yük aktarır.

ÖRNEK: Şekilde ki çekme çubuğu ekinde 5 adet uygun bulon kullanılmıştır. Çekme çubuğu bir adet 100.75.11 kesitinde çeşit kollu köşebent olarak seçilmiştir. Bağ levhasının profilin uzun kolu tarafına bulutlandığına dikkat ederek, bu ekin P=20 tonluk bir çekme kuvvetini güvenle taşıyıp taşıyamayacağını belirleyiniz.Ç37/YDII



<u>UYGUN Bulonların güvenli taşıma kapasitesi</u>

Bulon TEK tesirlidir.

t_{min}= 11 mm dir

d_1=21 mm (Levha uzun kol tarafında olduğundan d_2 ile işaretlenen delik alınır)

Bir bulonun güvenli taşıma kapasitesi hesaplanır ve ekin bulonlar açısından güvenle taşıyabileceği yükü bulmak için ekteki bulon sayısıyla çarpılır.

Makaslama gerilmesine göre bir UYGUN bulonun güvenli taşıma kapasitesi

$$Ba = \frac{\pi.d_1^2}{4}\tau a,em \rightarrow Ba = \frac{\pi(2{,}1)^2}{4}\cdot 1{,}6 = 5{,}54ton$$

Ezilme gerilmesine göre bir kaba bulonun güvenli taşıma kapasitesi

$Bl = d_1.t_{\min}\sigma_{lem}$ $\rightarrow Bl$=2,1·1,1·3,2=7,392 ton $B_{em}= B_a$=5,54 ton

Bulonlar açısından Pem= n · Bem →Pem=5 x 5,54= **27,70** ton.

<u>Çekme Çubuğunun (100.75.11) güvenle taşıyabileceği yük:</u>

Çubuk zaiyatsız alanı ilgili profil tablodundan F=20,90 cm^2 okunur.

Çubuk gövdesinde açılmaya müsaade edilen delik çapı d_1=13 mm (1,3 cm)

Delik zaiyatı hesabı:

F=18,20 cm^2

$\Delta F = n(d_1 xt)$------ $\Delta F = 1x(2{,}1x1{,}1)= 2{,}31cm^2$

Fn=ΣF-ΔF ----- Fn=18,20-2,31=15,89 cm^2 faydalı enkesit alanı

1 adet 100.75.11çeşit kollu köşebentin güvenle aktarabileceği çekme kuvveti;

$P_{em}=F_n \times \sigma_{ç,em}$…… Pem=15,89 x 1,6=**25,42** ton olarak hesaplanır.

Birleştirme aracının taşıyabileceği güvenli yük ile Çekme çubuğunun taşıyabileceği güvenli yük kıyaslanır. Zayıf olanı bu ekin güvenle aktarabileceği yükü verir. Bu uygun bulonlu ek güvenle 25,42 ton. yük aktarır.

ÇELİK ÇEKME ÇUBUKLARININ KESİT HESABI

Çubuğa etkiyen eksenel çekme kuvveti biliniyor. Malzeme dayanımı, birleştirme aracı tipi ve yükleme hali bilindiğine göre çubuk kesiti istenir. Çekme çubuğunun kesiti gerekli şartları sağlayacak şekilde seçildikten sonra seçilen kesitin kontrolü ve birleştirme aracının hesabı yapılır.

Perçinli ve bulonlu çekme çubuklarının gövdesinde delik açıldığı için yük aktaran kesit alanı zayıflar. Bu durumu kesit tayini yaparken önceden göz önüne almak gerekir. Bu amaçla hesaplanan çekme çubuğu kesitini %20-30 oranında artırmak gerekir. Bu durumda perçinli ve bulonlu çekme çubuklarının kesit tayini şu ifade ile yapılırsa yanlış yapılmamış olur.

$$F_{ger} = \frac{P_+}{\sigma_{ç,em}} \cdot 1{,}25 \ldots . cm^2 \text{ (not: örneklerimizde \%25 alacağız)}$$

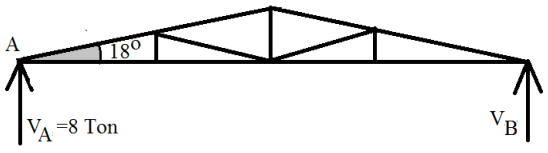
ÖRNEK:

Şekilde görülen çelik kafes kirişin A düğüm noktasındaki çekme çubuğunun,

a-Kesitini çift eşit kollu köşebent olarak seçiniz.

b-Gerekli uygun bulon hesabını yapınız.

c-Bulon aralıklarını gösteriniz.



ÇÖZÜM

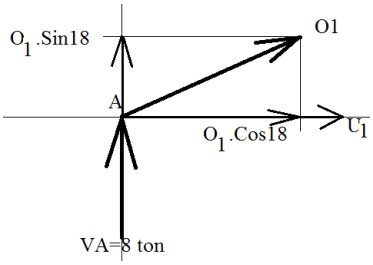
Önce yapı statiği dersinden hatırlanacağı üzere A DN daki denge şartını inceleyerek O ve U çubuk kuvvetlerini hesaplayalım. Böylece hangi çubuğun çekmeye hangi çubuğun basınca çalıştığını belirlemiş oluruz.

→ΣFx=0

$U_1+O_1.Cos18=0$

↑ΣFy=0

$O_1.Sin18+8=0$…….O_1=-25.88 ton basınç



U_1=24,62 ton çekme (alt başlık çubuğu çekmeye çalışıyormuş)

Çekme çubuğunun kesit hesabı

$$F_{ger} = \frac{P_+}{\sigma_{ç,em}} \cdot 1{,}25 \ldots . = \frac{24{,}62}{1{,}4} . 1{,}25 = 21{,}98\ cm^2 \ (iki\ profi\ alanı)$$

F_1=21,98/2=11 cm^2 , SEÇİLEN iki adet 65.65.9 , F=11 cm^2, d_1=21 mm , UB kullanılacak

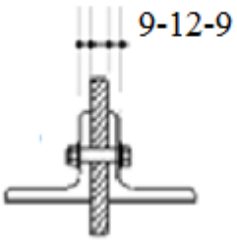
Seçilen kesitin kontrolü;

Delik ziyatı hesabı

Fn=ΣF-ΔF

Fn=2x11-(2x0,9x2,1)=18,22cm^2 faydalı enkesit alanı

Gerilme kontrolü:



$$\sigma = \frac{P}{F_n} \le \sigma_{em} \qquad \sigma = \frac{24{,}62}{18{,}22} = 1{,}35..t/cm^2 < 1{,}4..t/cm^2$$

Seçilen kesit güvenli ve ekonomiktir.

Gerekli Uygun bulon sayısı:

Bulon çift tesirlidir. Bir bulonun güvenli taşıma kapasitesi hesaplanır ve eke etkiyen eksenel yük bu emniyetli taşıma kapasitesine bölünür.

$$n = \frac{P}{Nem} \quad adet \text{ olarak hesaplanır}$$

Makaslama gerilmesine göre bir bulonun güvenli taşıma kapasitesi

$$Ba = 2\frac{\pi d1^2}{4}\tau a, em _____ Ba = 2.\frac{\pi(2,1)^2}{4}1.4 = 9,70..ton$$

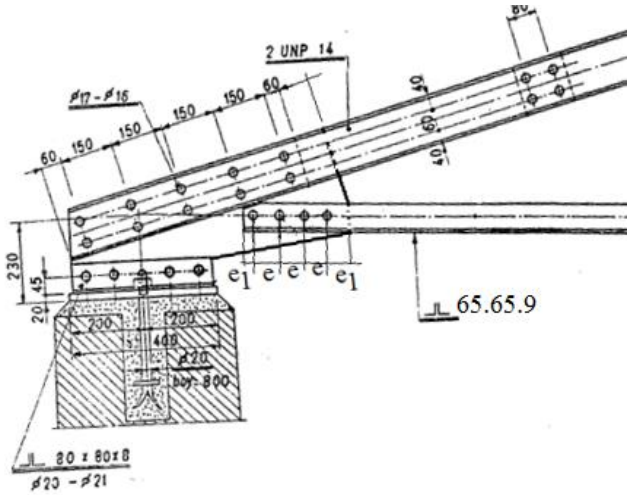
Ezilme gerilmesine göre bir bulonun güvenli taşıma kapasitesi

$Bl = d_1.t_{\min}\sigma_{lem}$ ----------Bl=2,1x1,2x2,8=7,056 ton

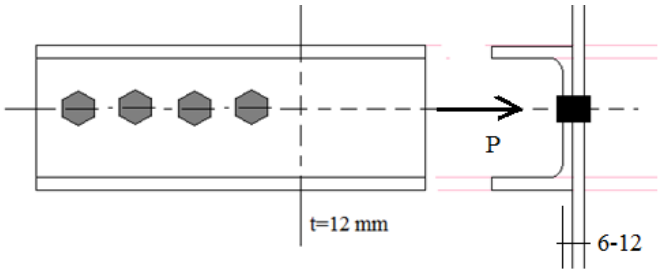
$B_{em}=B_l$=7,056 ton bir adet Ø21 UB nun güvenli taşıma kapasitesi 7,056 tondur.

Ek için gerekli uygun bulon sayısı;

$$n = \frac{P}{Nem} = \frac{24,62}{7,056} \cong 4 \text{ adet Ø21 Uygun Bulon gereklidir.}$$



ÖRNEK: Verilenlerden faydalanarak U profilinden oluşturulmak istenen çekme çubuğunun,
a-kesitini seçiniz ve kontrol ediniz, Ç37,YDII,
b-gerekli KB sayısını hesaplayınız, Kaba bulonlu çekme çubuğu eki
c-Detayı çiziniz,



Çekme çubuğunun kesit hesabı

$$F_{ger} = \frac{P_+}{\sigma_{ç,em}} \cdot 1,25.... = \frac{10}{1,6}.1,25 = 7,81\ cm^2\ (bir\ profi\ alanı)$$

SEÇİLEN [8 F=11 cm^2 > 7,81 cm^2 (daha küçük kesit yok)

Seçilen kesitin kontrolü;

[profilinin gövdesine delik açılacağından deliğin çapı minimum levha kalınlığına göre tayin edilir.

$$d = \sqrt{5.t} - 0,2\ cm$$

$d = \sqrt{5.0,6} - 0,2 = 1,53\ cm\ 16 + 1 = 17\ mm$ veya tablodan 6-8 mm arası için d_1=17mm alınabilir.

Delik ziyatı hesabı

Fn=ΣF-ΔF

Fn=11-(1,7x0,6)=9,98 cm^2 faydalı enkesit alanı

Gerilme kontrolü:

$$\sigma = \frac{P}{F_n} \le \sigma_{em} \qquad \sigma = \frac{10}{9,98} = 1,00..t/cm^2 < 1,6..t/cm^2$$

Gerilme kontrolünün yanında seçilen kesitin güvenle taşıyabileceği çekme kuvveti de hesaplanarak kesit gerçeklemesi yapılabilir.

$P_{em} = F_n x \sigma_{ç,em} \ldots\ldots P_{em} = 9{,}98x1{,}6 = 15{,}965\ cm^2 > 10\ ton\ kesit\ yeterlidir.$

Ek için gerekli Kaba bulon sayısı,

Bulonlu tek tesirlidir. Bir bulonun güvenli taşıma kapasitesi hesaplanır ve eke etkiyen eksenel yük bu emniyetli taşıma kapasitesine bölünür.

$n = \frac{P}{Nem}\ \ adet$ Olarak hesaplanır.

Makaslama gerilmesine göre bir bulonun güvenli taşıma kapasitesi

$Ba = \frac{\pi d^2}{4} \tau a,em$ _____ $Ba = \frac{\pi(1.6)^2}{4} 1.26 = 2{,}53 ton$

Ezilme gerilmesine göre bir bulonun güvenli taşıma kapasitesi

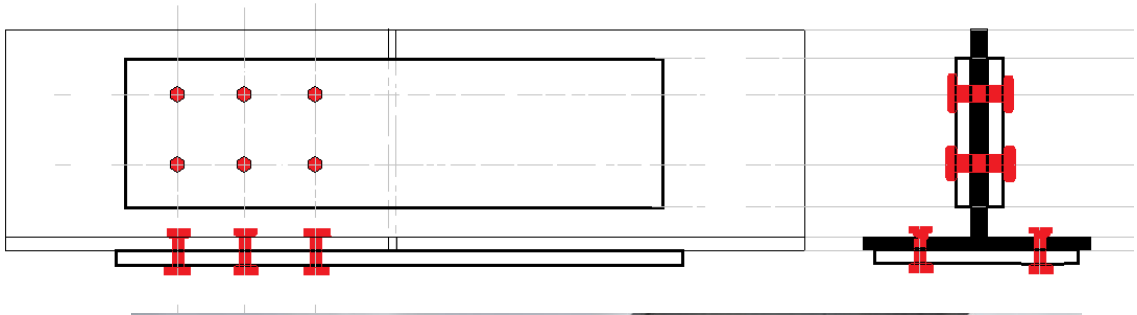
$Bl = d.t_{\min} \sigma_{lem}$ ----------Bl=1,6x0,6x2,8=2,502 ton

$B_{em}=B_l$=2,502 ton bir adet Ø16 KB nun güvenli taşıma kapasitesi 2,502 tondur.

Ek için gerekli uygun bulon sayısı;

$n = \frac{P}{Nem} = \frac{10}{2{,}502} \cong 4$ adet Ø16 kaba bulon gereklidir.

$e_1=2d_1=2x17=34$ mm $e_2=4d_1=4x17=68$ mm





3-KAYNAKLAR ve KAYNAKLI BİRLEŞİMLER

(TS 3357/1979., Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşimlerin Hesap ve Yapım Kuralları)

(TS 563 EN 499/2002., Kaynak Sarf Malzemeleri- Alaşımsız ve İnce Daneli Çeliklerin Elle Metal Ark Kaynağı İçin Örtülü Elektrotlar- Sınıflandırma)

Aynı veya benzer alaşımlı metallerin ısı etkisi altında birleştirilmesine kaynak işlemi denir. Birleştirme işlemlerinin bazılarında benzer alaşımlı ilave bir metal (kaynak teli, elektrod) kullanılır, bazılarında da

kullanılmadan kaynak yapılır. Kaynaklama işlemi için metaller ya ergitme sıcaklığına kadar ısıtılıp sıvı kıvama getirilir yada kızıl dereceye kadar ısıtılıp plastik kıvama getirilir.

Kaynaklı birleşimlerin avantajları:

- İşçilik bakımından kaynaklı birleşimin yapılması daha kolay ve daha az zaman alır.
-Kaynaklı birleşim perçinli birleşime göre daha rijittir.
-Kaliteli bir kaynak dikişinin mukavemeti birleştirilen malzemelerin mukavemetine yetişebilir.
-Kaynaklı birleşimler, perçinli ve bulonlu birleşime göre daha esnektir.
-Kaynaklı birleşim yapının daha hafif olmasını sağlar.
-Profil gövdesinde delik zaiyatı oluşturmadığı için daha güvenlidir.
-Kaynaklı birleşimlerin maliyeti düşüktür.
-Esnek kullanım, enerji kaynağından <20 m mesafede işlem yapılabilir.
-Yapı çelikleri için uygun

Sayılan bu üstünlüklerden dolayı çelik yapılarda kaynaklı birleşim yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kaynak Metotları

Genel olarak uygulamada iki türlü kaynak metodu söz konusudur.

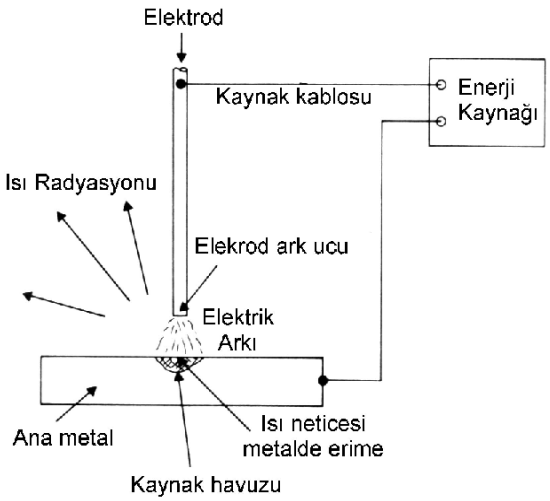
- Ergitme kaynakları
- Basınç kaynakları

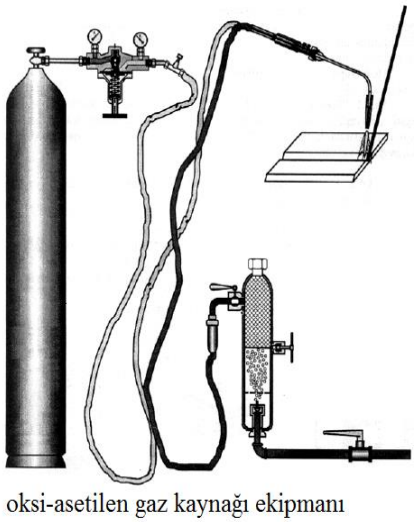
Yapı elemanlarının birleşiminde en sık kullanılan kaynak metodu ergitme kaynaklarıdır. Ergitme metodunda birleştirilecek parçaların birbirine kaynatılacak kısımları ile ilave metal 3000 - 5000° C ye kadar ısıtılır. Kullanılan ısıtma kaynağına göre ergitme kaynaklarının iki türünden söz edilebilir:

- Elektrik Arkı Kaynağı
- Gaz Kaynağı

Elektrik Arkı Kaynağı:

Ark kaynağının genel uygulama tarzında; Elektrot maşa ve bir kablo vasıtası ile kaynak makinesinin (-) kutbuna bağlıdır. Kaynaklanacak parçalarda bir bağlantı maşası ve bir kablo ile kaynak makinesinin (+) kutbuna bağlıdır.




oksi-asetilen gaz kaynağı ekipmanı

Gaz (Asetilen) Kaynağı:

Bu metotta yüksek ısı gaz alevi ile sağlanır. Gaz olarak genellikle asetilen gazı kullanılır. Yanıcı gaz olarak da propan veya bütan kullanılır. Yapı birleşimlerinde kuvvet aktaran birleşimlerde kullanılmaz. Ancak bu metot özellikle malzeme kesimlerinde çok kullanılır.

ELEKTRODLAR:

Bütün kaynak metotlarının hepsinde kaynak yapılırken kaynak teli, kaynak çubuğu veya elektrod kullanılır. Elektrod içerisinden akım geçebilen metal bir çubuktur.

Sıvalı ve sıvasız olmak üzere iki çeşittir.

Çelik yapılarda kullanılan sıvalı elektrotlar içerisinde en uygun olanları, elektrot çapının **%20~75**'i kadar sıva kalınlığına sahip olan elektrotlardır.
Sıvalı elektrodlarda elektrodun üzeri çeşitli malzemelerden oluşan bir sıva tabakası ile kaplanmıştır.

Elektrot sıvasının avantajları:

- Sıva maddesinin yanmasından oluşan gazlar kaynak bölgesinden havayı uzaklaştırarak kaynak dikişinin O ve N kapmasını önler.
- Kaynak dikişi üzerinde cüruf tabakası oluşturur. Bu tabaka kaynağın yavaş soğumasını sağlar ve dikiş içinde gaz kabarcıklarının kalmasına engel olur.
- Elektrot sıvası ile kaynak malzemesi arasındaki kimyasal reaksiyonlar kaynak dikişinin mekanik özelliklerini iyileştirir.
- Elektrik arkının tutuşma kabiliyetini artırır.
- Elektrot iç çubuğunu arktan izole ettiği için her pozisyonda kaynak yapma imkanı sağlar.

Elektrotun kaynak niteliği üzerine olan yararları bellidir. Ancak, uygun elektrot tipini ve çapını seçmek gerekir. Bunun için de adı geçen türlerin özelliklerini iyi bilmek gerekir. Bilinmesi gereken pratik ayrıntılar özetle şöyledir

- *Rutil Tip*: Hem doğru, hem alternatif akımda kullanılır. Her kaynak pozisyonu için uygulanabilir.
- *Bazik Tip*: Genelde doğru akımla uygulanan kaynaklar içindir. Her pozisyon için kullanılır. Mekanik özellikleri çok iyidir.
- *Asit Tip*: Alternatif ve doğru akımla yapılan kaynaklarda uygulanır. Düşey pozisyonda kullanılmaz. Çelik yapılarda ince elemanların kaynak ağzı açmadan kaynaklanmalarında yararlanıldıklarına rastlanır.
- *Selülozik Tip*: Her türlü akımda ve özellikle yukarıdan aşağıya doğru kaynak yapmada kullanılır. Borulu inşaatlarda tercih edilmektedir.

KAYNAK HESAPLARI:

Kaynak hesaplarının yapılabilmesi için,
1-kaynak dikişinin çeşidinin belirlenmesi,
2-kaynak dikişinin zorlanma türü
3-kaynak emniyet gerilmesinin belirlenmesi
4-kaynak alanının hesabı gerekir.

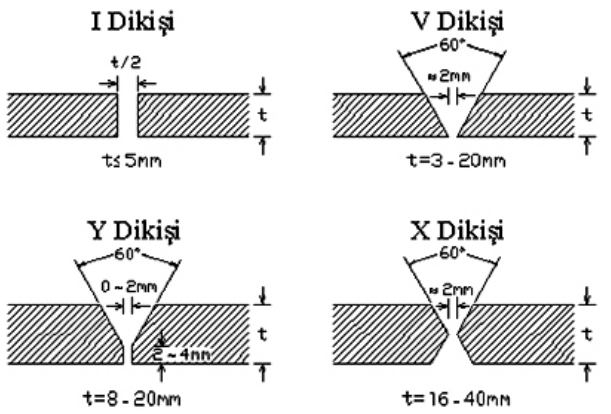
Kaynak Dikişleri:

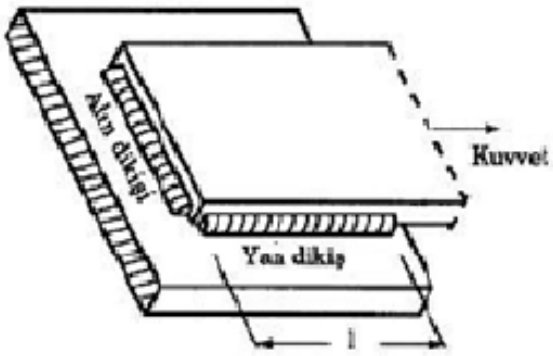
Ergitme metodu ile birleştirilecek parçalar genel olarak iki şekilde kaynak yapılarak birleştirilebilir.

- Küt Kaynak
- Köşe Kaynağı

Küt Kaynak Dikişleri:

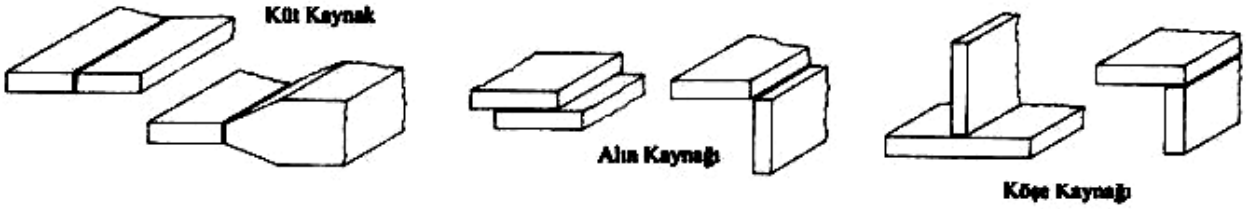
Aynı düzlemde bulunan levhaların yan yana veya ucuca getirilen kenarları boyunca yapılan kaynak işlemidir. Levha kenarlarının işleniş şekillerine göre çeşitli isimler alırlar. t> 5 mm kalınlık taki levhaların küt kaynağından önce kenar hazırlık gerekli.





Köşe Kaynak Dikişleri:

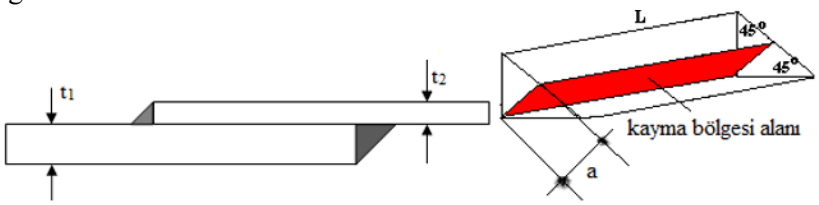
İki çelik elemanın birbirine dik veya minimum 60° açı oluşturan yüzeyleri arasında köşelere çekilen dikişlere "**köşe kaynağı dikişleri"** denir. Yüzeyler arasındaki açının 60° 'den az olması halinde kaynak dikişlerinin kuvvet aktarmadığı kabul edilir. Köşe kaynağında, kaynak kordonunun yapıldığı yere göre şu isimleri alırlar. Köşe kaynakları kuvvet yönüne paralel **Yan dikiş**, dik olmaları durumuna göre,"Alın dikişi" olarak adlandırılır.



Dikiş Kalınlığı ve Dikiş Boyu

Kaynak hesaplarının yapılabilmesi için kaynak kordonunun kalınlığı ile uzunluğunun bilinmesi gerekir. Kaynak kalınlığını " a" ile gösterirsek şu sınırlarda olmalıdır.

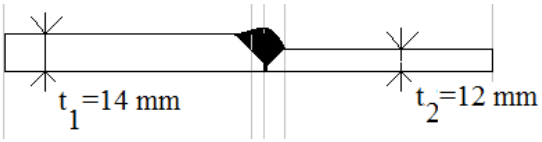
Köşe kaynaklarında "a" dikiş kalınlığı dikişin içine çizilebilen ikizkenar üçgenin yüksekliği ile ölçülür. Yapılarda köşe kaynak kalınlıkları şu değerleri alırlar.



ÇELİK YAPILARDA	KÖPRÜLERDE
a = 3 mm (min) a = 0,7 min (max)	a = 3,5 min (min) a = 0,7 min (max)

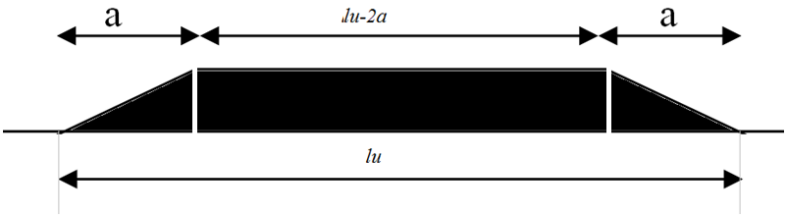
t_{min}= birleştirilen parçaların kalınlığı en küçük alandır.

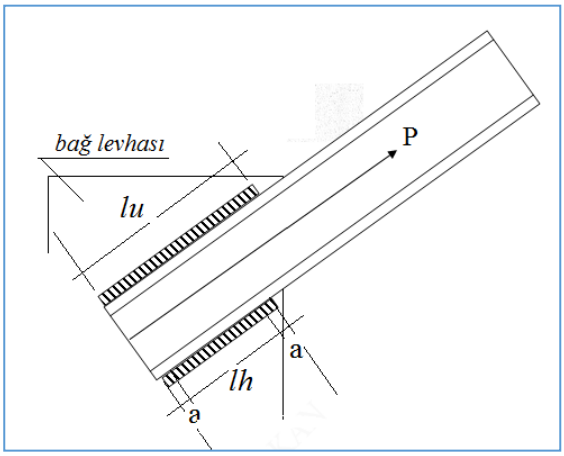
Küt kaynaklarında "a" kalınlığı; birleştirilen parçaların en incesinin kalınlığı veya bu parçalar birbirine eşit ise birinin kalınlığı olarak kabul edilir.



a= t_{min} = t_2=12 mm

Kaynak kordonlarında dikiş boyu (ℓ), kaynak ile kapatılan kısmın uzunluğuna eşit alınır. Hesaplarda esas alınan dikiş boyu ile adet kaynak kalınlığının çıkartılmasıyla elde edilir. Kaynak kordonlarının uç kısımlarının hem kalınlıkları az hem de mukavemetleri düşük olur. Bu kısımlar kaynak kalınlığına eşit kabul edilir.





Şu halde hesaplarda kullanılacak dikiş boyu $\ell_h=\ell u-2a$ olur.
Dikiş boylarının sınırları da şu değerde olmalıdır. (TS 3357.2.2.1.2)
$\min\ell \geq 15a \quad \max\ell \leq 100a$
ℓ_h = Faydalı kaynak boyu (hesap kaynak boyu)
ℓ_u = Toplam kaynak boyu (uygulanan kaynak boyu)
$\ell_{hes}=\ell_u-2a$
$\ell_u=\ell_h+2a$

Kaynak Emniyet Gerilmeleri

Kaynaklı birleşimlerin emniyet gerilmeleri, dikiş çeşidine yapı elemanının çeşidine ve kaynak dikişinin maruz kaldığı zorlama göre değişmektedir. Genel olarak küt ve köşe kaynaklarında normal çekme, basınç ve kayma için H yüklemesinde 900 kg/cm^2 Hz için 1050 kg/cm^2 olarak alınır.
Kaynaklı birleşimlerin emniyet gerilmeleri tablo 7 de verilmiştir.

Tablo 7: Kaynaklı birleşimlerin EMNİYET GERİLMELERİ (kg/cm^2)

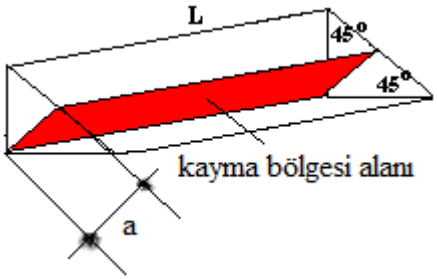
Dikiş çeşidi ve yapı elemanı	Kaynak kordonunun zorlanma şekli	Çelik Cinsi			
		Ç.37		Ç.52	
		1Y	2.Y	1.Y	2.Y
Röntgenle muayene edilmeyen **KÜT** kaynak	Eksenel Çekme ve Eğilmede çekme (σ) (denklem 1,2,3)	1100	1300	1700	1900
	Eksenel basınç ve Eğilmede basınç (σ) (denklem 1,2,3)	1400	1600	2100	2400
	Kayma (τ)	900	1050	1350	1550
KÖŞE kaynağı	Çekme, basınç, kayma	900	1050	1350	1550
Eğilmeye dayanıklı kiriş birleşimlerinde köşe kaynağı	Asal gerilme (4,4a,5)	1100	1300	1700	1900
	Kayma (4b)	900	1050	1350	1550
Boylama köşe ve küt kaynak	Asal gerilme (6)	1400	1600	2100	2400
	Kayma (7)	900	1050	1350	1550
Gövde levhasının enleme ekinde küt kaynak	Asal gerilme (8)	1400	1600	2100	2400
	Kayma (9)	900	1050	1350	1550

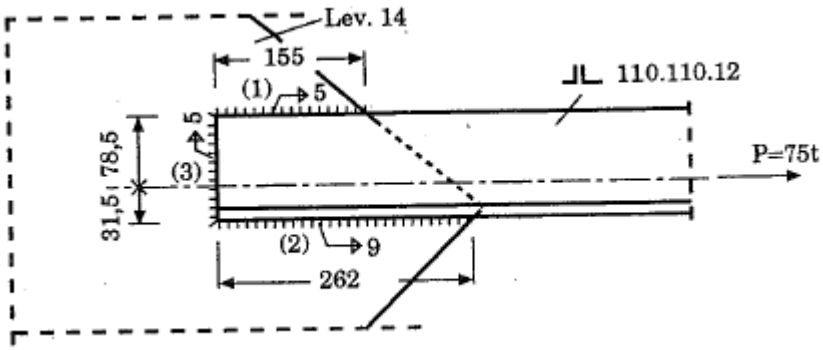
$\sigma_{kay,emn}$=Eksenel çekme veya basınç durumunda kaynak emniyet gerilmesi (kg/cm^2)

$\tau_{kay,emn}$=Kesme yada kayma durumunda kaynak emniyet gerilmesi (kg/cm^2)

Kaynak Alanı

Bir kaynak kordonundaki kaynak alanı, kaynağının dikiş kalınlığıyla, dikiş boyunun çarpımına eşittir.
Yani
$F_{kay}=a.\ell$dir. Aktarılacak kuvvetler bu alan tarafından karşılanmaktadır.





Aynı kaynaklı birleşimde 1 ve 2 nolu yan dikişlerle birlikte 3 nolu alın dikişleri de çekilebilir.

Çekme-Basınç ve Kayma Kuvvetlerinin Aktarılması

Küt ve köşe kaynaklarında çekme-basınç ve kayma gibi basit zorlanmalar şu şekilde tayin edilir.

$\tau_{kay} = \frac{P}{\sum(a.\ell_h)} \leq \tau_{kay}.em$ ....1a (Kayma açısından)

$\sigma_{kay} = \frac{P}{\sum(a.\ell_h)} \leq \sigma_{kay}.em$ ....1b (Çekme ve basınç açısından)

Burada P = dikiş vasıtasıyla iletilecek kuvvet

ℓ_h = Uç kreterler çıktıktan sonra kaynak dikiş uzunluğu

α = Kaynak dikiş kalınlığı (yüksekliği)

$\tau_{kay_{em}}$ = Kut ve köşe kaynaklarda kayma emniyet gerilmesi (Tb 7)

Eğilme Momentinin Aktarılması

Küt ve köşe kaynaklı bir birleşim eğer eğilme kuvvetine etkisinde ise, böyle bir birleşimde, tarafsız eksenden C uzaklıktaki bir kaynak dikişinin normal gerilmesi

$\tau_{kay} = \frac{M_c}{I_{NE}} \leq \tau_{kay_{em}}$ ... 2 olur.

Kenar lifte ise

$T_{kay} = \frac{M}{W} \leq T_{kay_{em}}$ ... 3

Bu formüllerde

M = Kaynağa etkiyen eğilme momenti

C = Kaynak dikişinin tarafsız eksenden uzaklığı (cm)

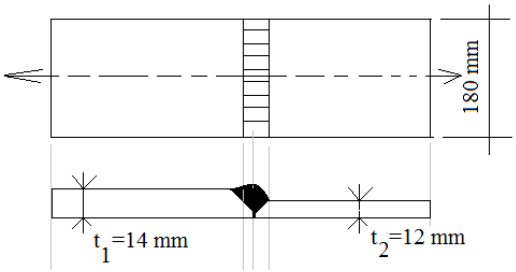
I_{NE}= Kaynak dikişlerinin toplam atalet momenti (stainer teoremine göre bulunabilir)

W = Kaynak dikişlerinin mukavemet momenti

KAYNAK DİKİŞ HESAPLARI

Misal (Küt Kaynak)

Şekilde görülen küt kaynaklı bir birleşimde P = 16 ton ve YdI, Ç37 olduğuna göre küt kaynağın uzunluğunu kontrol ediniz.



1. Kaynak kalınlığı a=12 mm. Çünkü küt kaynaklı birleşimlerde kaynak kalınlığı olarak en ince levha kalınlığı alınır.
2. ℓ_h = 180-(2·12)= 156 mm = 15,6 cm

$$\tau_{kay} = \frac{P}{\sum a.\ell} = \frac{16000}{1{,}2.15{,}6} = 854{,}7\,\frac{kg}{cm^2} < 1100\,\frac{kg}{cm^2}$$

Kaynak uzunluğu yeterlidir.

-Bu kaynağın güvenle taşıyabileceği kuvvetin hesabı.

$P_{em} = \sigma_{ç,em} \cdot \Sigma F_{kay} \quad \rightarrow P_{em} = 1100 \cdot 18{,}72$=20592 kg

-Bu kaynaklı ekin güvenle taşıyabileceği kuvvetin hesabı,

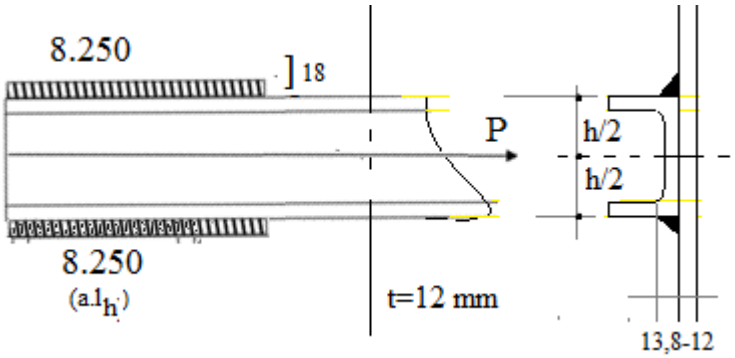
12/180 kesitindeki levha ne kadar taşır?

$P_{em} = F_n \cdot \sigma_{ç,em} \rightarrow P_{em} = (1{,}2 \cdot 18) \cdot 1400 = 30240\ kg$

Bu küt kaynaklı ek en zayıf halka olan küt kaynak dikişlerinin aktarabileceği kadar bir kuvveti güvenle aktarabilir.

ÖRNEK: şekildeki kaynaklı ekin güvenle aktarabileceği kuvvetin hesabı isteniyor.

Ç37/YD1



Bu köşe kaynaklı ekin güvenle aktarabileceği yükü hesaplamak için,

-kaynağın Pem=?

-Çekme çubuğunu Pem=? ayrı ayrı hesaplanır. Küçük olanı (zayıf halka) ekin güvenli taşıma kapasitesini verir.

-Kaynak hesabı,(kaynak ne kadar yük taşır?)

Köşe kaynak, kaymaya zorlanıyor (kayma gerilmesi)

τ_{kay} = 900 kg/cm^2

Kaynak dikiş kalınlığının kontrolü

a= 80mm (0,8 cm)

a≥ 3 mm

a≤ 0,7 t_{min} olmalı. t_{min} = 12 mm dir. 0,7x12=8,4 mm >8 mm uygun

hesap kaynak dikiş uzunluğu,

$l_h=(l_u-2a)$ $l_h=(250-2.8)=234$ mm=23,4 cm

-Bu kaynağın güvenle taşıyabileceği kuvvetin hesabı,

P kuvvetinin eşit olarak etkidiği kaynak dikiş sayısı iki tanedir. (profil kuvvet ekseni kaynak dikişlerine simetridir)

$P_{em} = \tau_{kay,em} \cdot \Sigma F_{kay} \quad \rightarrow P_{em} = 900 \cdot 2 \cdot (0{,}8 \cdot 23{,}4)$= 33 696 kg

] 18 Çekme çubuğu ne kadar yük taşır?

] 18 profilinin kesit alanı F=28 cm^2

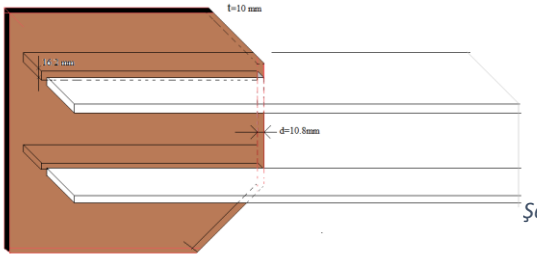
$P_{em} = F_n \cdot \sigma_{ç,em} \rightarrow P_{em} = (28) \cdot 1{,}400 = 39{,}2\ ton\ (kesit\ zaiyatı\ yok)$

Bu köşe kaynaklı birleşimim güvenli taşıma kapasitesi en zayıf halka olan kaynakların taşıma kapasitesine eşittir. $P_{em}=P_{kay}$=33,696 ton

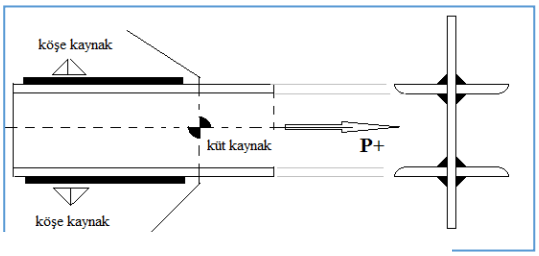
Küt ve köşe kaynakların birlikte yapılması halinde kaynak hesabı

Bir kaynaklı ekte, yük aktarmak amacıyla küt ve köşe kaynağını aynı kesitte yapma zorunluluğu varsa, küt ve köşe kaynak dikişleri birlikte yük aktarıyor demektir. Etkiyen kuvvet ana profil boy eksenine paralel olduğunda yan köşe kaynak kordonlarında kayma, küt kaynakta ise çekme yada basınç gerilmeleri oluşur (şekil …). Bu durumda hesap için gerekli olan kaynak alanı (ΣF_{kay}) kuvvet tesiri altındaki yan köşe kaynak alanları toplamının yarısı (1/2 $F_{köşe}$), küt kaynak dikiş alanına ($F_{küt}$) eklenerek hesaplanır. Hesap için gerekli olan kaynak emniyet gerilmesi ise, küt kaynak emniyet gerilmesi esas alınır.

$\Sigma F_{kay}=\frac{1}{2}F_{köşe}+F_{küt}$ $\sigma_{kay}=\frac{P}{\Sigma Fkay}\leq\sigma_{küt\ kay}$



Şekil 32:

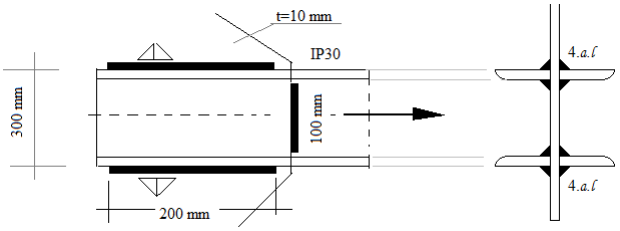


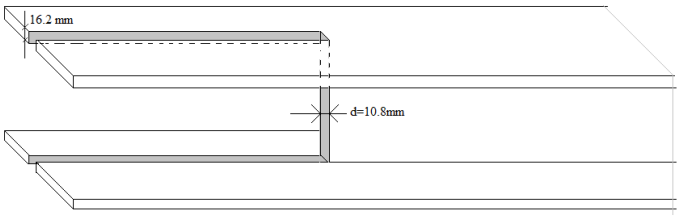
Misal:

Şekilde görüldüğü gibi IP30 profilinden oluşturulmak istenen kaynaklı ekte, çubuğa P=60 ton çekme kuvveti etki etmektedir. YDI.Ç37

a- IP30 profilini çekme yönünde tahkik ediniz.

b- Küt ve köşe kaynak dikişlerinin uzunlukları verildiğine göre tahkikini yapınız





IP30 en kesit alanı tablodan F=69.1 cm² $\sigma_{Ç}=\frac{P}{F}\leq\sigma_{Çem}\rightarrow\sigma_{Ç}=\frac{60}{69.1}=0.86\frac{t}{cm^2}<1.4\ t/cm^2$

çekme çubuğu kesiti yeterli kesilen kısım ayrıca bağ levhası ile doldurulacaktır.

<u>Kaynak uzunluklarının kontrolü</u>

1-kaynak dikiş kalınlıklarının ve alanlarının belirlenmesi

<u>Küt kaynakta:</u>

$a_1=t_{min}$ = 10 mm olur. $l_{h1}=lu-2a_1$ $l_{h1}=100-(2\cdot10)=80$ mm

$F_{küt}=a\cdot l_u=10\cdot80=800\ mm^2$

<u>Köşe kaynakta:</u>

a=3 mm

$a=0,7\cdot t_{min}$ $a_2=0,7\cdot10=7$ mm $l_{h2}=lu-2a_2$ $l_{h2}=200-(2\cdot7)=186$ mm

$F_{köşe}=8\cdot0,7\cdot18,6=104,16\ cm^2$ $(n\cdot a\cdot lh)$

Yük aktaracak toplam kaynak alanı:

$\Sigma F_{kay}=\frac{1}{2}F_{köşe}+F_{küt}$ $\Sigma F_{kay}=(\frac{1}{2}104,16)+8=60,08\ cm^2$

$\sigma_{kay}=\frac{P}{\Sigma Fkay}\leq\sigma_{küt\ kay}$

$\sigma_{kay}=\frac{60}{60,08}=0,998$ t/ cm²<1,100 t/ cm² verilen kaynak dikiş uzunlukları yeterlidir.

ÇELİK BASINÇ ÇUBUKLARI



Boyuna doğrultuda eksenel basınç kuvveti taşıyan yapısal elemanlara basınç çubuğu denir. Bu çubuklara, yapı kolonu veya kafes kiriş elemanı olarak rastlanmaktadır. Basınç kuvveti, çubuğu burkmaya zorlarken, boyunu da bir miktar kısaltır. Çubuğun bütün kesiti basınca çalışır. Bu yüzden bu tür çubuklara basınç elemanı denilir.

Boyu kısa olan çubuklar, uzun çubuklara nazaran daha fazla basınç kuvveti aktarır. Bu yüzden basınç çubuklarında, çubuğun uzunluğu ve iki ucunun mesnet şekli önemlidir. Mesnet şekli çubuğun burkulma boyunu belirler. Burkulma bir stabilite problemidir ve bu nedenle basınç çubuklarında gerilme problemi yerine stabilite problemi söz konusudur. Yani içerisine burkulmayıda alan gerilme türü söz konusudur.

($\lambda \geq 20$ ise) $\sigma_b = \dfrac{\omega.P}{F} \leq \sigma_{b.em}$ ifadesi ile basınç çubuklarının gerilme kontrolü yapılır.

($\lambda \leq 20$ ise $\omega = 1$ ve $\sigma = \dfrac{P}{F}$) olur.

Burada; ω= burkulma katsayısıdır.

Basınç çubukları bir kesitteki çubuk sayısına göre,

1. sabit enkesitli, tek parçalı basınç çubukları,
2. sabit enkesitli çok parçalı basınç çubukları.(profillerin diziliş şekline göre çeşitli gruplar altında incelenirler)

Böylelikle basınç çubuklarındaki gerilme tahkiki; $\boldsymbol{\sigma_b = \dfrac{\omega.P}{F} \leq \sigma_{b.em}}$ şekline gelir.

λ değerine göre ω sayıları şartnamelerde ve yönetmeliklerde belirlenmiştir. $\boldsymbol{\lambda \leq 20}$ olan çubuklar için burkulma hesabı yapılmaz. Yani **ω= 1** alınır.

Basınç durumunda emniyet gerilmeleri çubuğun narinliğine "λ " göre değişir. (TS648, sayfa 15) Ç37 sınıfı çelikten üretilen basınç çubuklarının emniyet gerilmesi TS 648 de λ =20 için 1410,4 kg/cm^2 olarak alınmıştır. Hesaplarda Tb 2 de gösterildiği gibi 1400 kg/cm^2 alınacaktır.

Mesela λ=148 için, TS 648 /1980 sayfa 17 çizelge 8 de σ_{bem} =378,5 bulunur. Bu değer, $\lambda_x = l_{kx} / i_x$ =148 olan çubuğun bu durumdaki basınç emniyet gerilmesini verir. Burkulma katsayısı ise;

$\omega = \dfrac{\sigma_{çem}}{\sigma_{bem}} = \dfrac{1410,4}{378,5} = 3,72$ bulunur

Basınç çubuklarının hesabında gerekli olan burkulma katsayıları tablolardan doğrudan bulunabilir.

TEK PARÇALI ÇELİK BASINÇ ÇUBUKLARININ HESABI

Eksenel basınç kuvvetinin etkidiği çubuk sayısı bir tanedir. Fakat, aralarındaki uzaklık bağ levhası kalınlığı kadar olan iki parçalı çubuklarda bu gruba girer.

Basınç çubuklarının hesabında üç çeşit problemle karşılaşılır.

1- Çubuk kesiti ve basınç kuvveti bilinir. *Çubuğun kesitinin kontrolü istenir*. (Gerilme kontrolü) En büyük narinliğe göre burkulma katsayısı bulunur. $\lambda_{max} \rightarrow \omega$

2- Çubuk kesiti bilinir. *Çubuğun emniyetle taşıyabileceği basınç kuvveti ile kritik burkulma yükü istenir.*

3- Basınç kuvveti bilinir. *Çubuk kesitinin tayini istenir*. (Kesit hesabı)

Kesit kontrolüne örnek

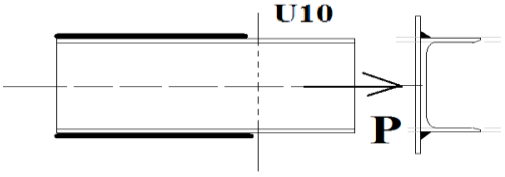
Verilen tek parçalı çelik basınç çubuğunun kesitini kontrol ediniz. Gerekli kaynak hesabını yapınız.

P=7,5 ton basınç

YDI Ç37

l_k=180 cm

t=10 mm (bağ levhası)



ÇÖZÜM:

U 10 için tablodan F=13,5 cm^2 i_x=3,91 cm i_y=1,47 cm

$$\lambda x = \frac{lkx}{ix} = \frac{180}{3,91} = 46$$

$$\lambda y = \frac{lky}{iy} = \frac{180}{1,47} = 122 \qquad \lambda max = \lambda y = 122 \rightarrow \omega y = 2,51$$

$$\sigma_\omega = \frac{\omega P}{F} = \frac{2{,}51.7500}{13{,}5} = 1394\ \frac{\text{kg}}{\text{cm2}} < 1400\frac{\text{kg}}{\text{cm2}}$$ U10 kesiti yeterlidir.

Kaynak hesabı

a=5 mm *simetriden dolayı kaynak kordonlarına eşit yük etkir.*

$$lh = \frac{P}{\tau \Sigma a} = \frac{7500}{900.2.0{,}5} = 8{,}33\ cm \quad 83{,}3\ mm$$

15a=75 mm 100 a=500 mm kaynak dikiş uzunluğu uygundur.

lh=83,3+2,5=93,3=95 mm

Tek parçalı çelik basınç çubuklarında P_{em} ve P_{kr} hesabı

Örnek 1.

Verilenlerden faydalanarak tek parçalı çelik basınç çubuğunun,

a- Emniyetle taşıyabileceği basınç kuvvetini "P_{em}"

b) Çubuğu burkulma durumuna getiren basınç kuvvetini hesaplayınız." P_{kr}"

Verilenler

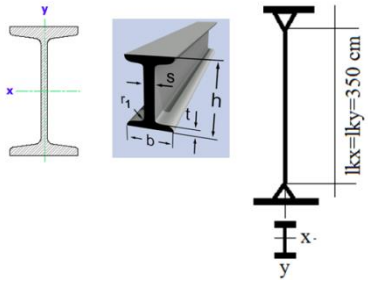
Ç37/YD1

INP 30

Lk=350 cm

P_{em}=?

P_{kr}=?



Çözüm

Burkulma katsayısının tablo yardımı ile hesabı

$$\lambda_x = \frac{l_{kx}}{i_x} = \frac{350}{11{,}90} = 29{,}41$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ky}}{i_y} = \frac{350}{2{,}56} = 137$$

$\lambda_{max} = \lambda_y = 137$ ise Tablo 8 den **ω=3,17** okunur.

P_{em} hesabı

I30 profilinin en kesit alanı ilgili profil tablosundan F=69,10 cm^2 olarak alınır.

$$P_{em} = \frac{\sigma_{bem}.F}{\omega} = \frac{1400 \cdot 69{,}10}{3{,}17} = 30517\ kg.$$

P_{kr} hesabı

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 EI}{l_k^2}$$

E=Ç37 çeliği elastikiyet modülü 2,1X10^6 kg/cm^2

I=atalet momenti (cm^4)

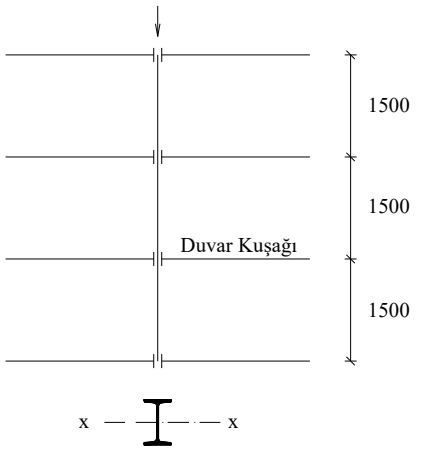
Ix=9800 cm^4

Iy=451 cm^4

$$P_{kr}xx = \frac{\pi^2 EI}{l_k^2} = \frac{\pi^2.2{,}1X10^6.9800}{(350)^2} = 1658093kg$$

$$P_{kr}yy = \frac{\pi^2 EI}{l_k^2} = \frac{\pi^2.2{,}1X10^6.451}{(350)^2} = 76300kg$$

Örnek.2 (Tek parçalı basınç çubukları)



Çelik kolon x eksenine paralel olarak 1/3 mesafelerinde yatay elemanlarla desteklenerek burkulma boyu kısaltılmıştır.
Ç.37 ve YD2 yüklemesi için I 260 profilinden oluşturulmuş yan duvar kolonunda P=45ton düşey yüke göre gerekli kesit ve gerilme kontrollerin yapılması istenmektedir. Yani I260 kolonu 45 tonu burkulmadan aktarır mı?

Çözüm:

Basınç çubuklarının genel çözümünde önce enkesitin geometrik özellikleri ve narinlik (kırılganlık oranı) değerleri belirlenir ve ardından gerilme tahkikine geçilir.

I260 için:

F = 53,40 cm² ,

i_x = 10,4cm , i_y = 2,32cm

Kolonda: l_{kx} = 450 cm , l_{ky} = 150cm

(yan duvar kuşaklarının etkisiyle y-y ekseni öteleniyor)

$\lambda_x = l_{kx} / i_x = 450 / 10,4 = 43$

$\lambda_y = l_{ky} / i_y = 150 / 2,32 = 65$ (max)

$\lambda_{max}=\lambda_y \rightarrow \omega_y = 1,35$

$\sigma_\omega = \omega y .P / F = 1,35 \times 45 / 53,40 = 1,13 t/cm^2 < 1,60 t/cm^2$ kesit emniyetle 45 ton taşır

NOT: Yatay elemanların ½ lk olacak şekilde yerleştirilmesi durumunda çubuğun en kesiti hakkında ne söylenebilir. (kesit yetersiz)

BASINÇ ÇUBUKLARININ KESİT TAYİNİ

Çelik basınç çubuklarının hesap ve tasarımında DOMKE METODU olarak bilinen yaklaşık bir metot kullanılır. Çubuk, burkulmasız kabul edilerek bir kesit seçilir ve bu kesitin atalet yarıçapından hareketle esas kesit seçilir. Bu kesitin gerilme kontrolü yapılır yetersiz ise bir üst kesit seçilir. İşlem sırası şöyledir.

1- $\omega=\omega_o=1$ kabul edilir.

2- Çubuk, çekme çubuğuymuş gibi kesiti hesaplanır. $F_o = \dfrac{P}{\sigma_{b,emn}} ...cm^2$,

3- F_o, hesaplanacak kesite eşdeğer en kesit olup, ilgili profil tablosundan bu değere karşılık gelen "*i*" değeri okunur.(Tek parçalı çubuklarda $i=i_{min}=i_y$),(Çok parçalı çubuklarda $i=i_x$,).

4- $\lambda_o = \dfrac{lk}{i}$ hesaplanır.

5- $\lambda_o = \lambda\sqrt{\omega}$ tablosundan (Tablo 9) λ alınır ve λ tablosundan (Tablo 8) ω, bulunur.

6- Esas muhtemel kesit için $F_{lüz}=\dfrac{P.\omega}{\sigma_{b,emn}}$ hesap edilerek ilgili profil tablosundan en kesit seçilir ve x-x, y-y eksenlerine göre burkulma kontrolü yapılır. Kesit yetersiz ise bir üst kesit seçilir ve yine kontrol yapılır.

ARALARINDAKİ UZAKLIK BAĞ LEVHASI KALINLIĞINA EŞİT OLAN ÇELİK BASINÇ ÇUBUKLARININ HESABI

Aralarındaki uzaklık bağ levhası kalınlığına eşit olan (8-20 mm) çok parçalı basınç çubuklarının hesabı toplam alan göz önüne alınarak tek parçalı çubuk gibi hesaplanır.

ÖRNEK 1(tek parçalı)

P=6,5 ton (-) lkx=lky=250 cm YDI, Ç37, Basınç çubuğunun kesitini **T** profili olarak seçiniz.

Çözüm

$\omega=\omega_o=1$

$F_o = \dfrac{P}{\sigma_{b,emn}} \rightarrow F_o = \dfrac{6,5}{1,4} = 4,64cm^2$ Bu kesit tek parçalı olduğundan i_{min} alınır.

$i_{min}=i_y=1,03$ cm $\quad \lambda_o = \dfrac{lk}{i} \rightarrow \lambda_o = \dfrac{250}{1,03} = 242,7 \rightarrow \lambda = 138 \rightarrow \omega = 3,22$

Esas kesit: $F_{lüz}= \dfrac{P.\omega}{\sigma_{b,emn}} \rightarrow F_{lüz}= \dfrac{6,5*3,22}{1,4} = 14,95cm^2 \rightarrow$ T9

(Seçtiğiniz bu kesiti kontrol ediniz, Pem ve Pkr hesaplayınız)

ÖRNEK 2 (tek parçalı)

P=8 ton (-) lkx=lky=150 cm YDI, Ç37, Basınç çubuğunun kesitini **Tek eşit kollu köşebent** profili olarak seçiniz.

Çözüm

$\omega=\omega_o=1$

$F_o = \dfrac{P}{\sigma_{b,emn}} \rightarrow F_o = \dfrac{8}{1,4} = 5,71cm^2$ Bu kesit tek parçalı olduğundan i_{min} alınır. Korniyerlerin dört adet eğilme ekseni vardır. Tek parçalı durumda **η-η** eksenine dik, yani tek simetri ekseni olan **ξ-ξ** eksenine paralel burkulma yapacaktır. Bu yüzden $\boldsymbol{i_{min}= i_\eta}$ olarak alınır.

$\boldsymbol{i_{min}= i_\eta}=0,96$ cm $\quad \lambda_o = \dfrac{lk}{i} \rightarrow \lambda_o = \dfrac{150}{0,96} = 156,25 \rightarrow \lambda = 109 \rightarrow \omega = 2,09$

Esas kesit: $F_{lüz}= \dfrac{P.\omega}{\sigma_{b,emn}} \rightarrow F_{lüz}= \dfrac{8,0*2,09}{1,4} = 11,94cm^2 \rightarrow$ seçilen 80.80.8 $F = 12,3\text{cm}^2$

Seçilen kesitin kontrolü; (kesitin zayıflatılmadığı bir birleşim düşünülürse, delikler basınç çubuklarında kesiti zayıflatmazlar)

$\boldsymbol{i_\eta}=1,55$ cm $\quad \lambda = \dfrac{lk}{i_{\min}} \rightarrow \lambda = \dfrac{150}{1,55} = 97 \rightarrow \omega = 1,84$

$\sigma_\omega = \dfrac{\omega P}{F} = \dfrac{1,84*8,0}{12,3} = 1,19 \ \dfrac{\text{ton}}{\text{cm2}} < 1,400 \dfrac{\text{ton}}{\text{cm2}}$ 80.80.8 kesiti yeterlidir

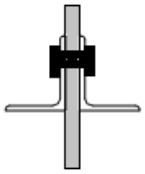
ÖRNEK 3- (çok parçalı)

Aralarındaki uzaklık bağ levhası kalınlığına eşit olan 2 adet eşit kollu köşebent ile oluşturulmak istenen basınç çubuğunun (kaba bulonlu birleşim)

a) Kesitini tayin ediniz.

b) Gerekli kontrolleri yapınız.

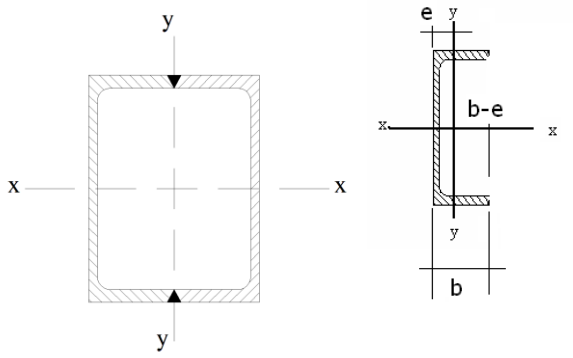
lkx=lky=400 cm YDII, Ç37



Çok parçalı basınç çubuğu Pem **hesabı**

Örnek 1

Şekildeki 2 Adet NPU200 profilinden oluşturulmuş ve birbirine sürekli kaynak dikişi ile bağlı çubukta x-x eksenine dik burkulma boyu 5,00 mt ve y-y eksenine dik burkulma boyu 2,50 mt'dir. Ç32 ve YD1 yüklemesi için çubuğun taşıyabileceği maksimum basınç kuvveti hesaplanacaktır.



NPU200'de

F = 32,2cm² ,

I_x= 1910cm^4,

I_y= 148cm^4,

i_x= 7,70 cm

i_y= 2,14 cm

İki adet U profilinden oluşmuş bu kesitin eksenlerine göre atalet yarıçapları hesaplanmalıdır. (paralel eksenler teoremi ile) $I_{NE} = (I_1 + F.d^2).n \rightarrow i = \sqrt{\frac{I_{NE}}{n.F}}$

x-x eksenine göre ix

$$I_{NEX} = (1910 + 32.2 \cdot 0) \cdot 2 = 3820cm^4$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I_{NEX}}{nF}} = \sqrt{\frac{3820}{2 \cdot 32.2}} = 7.70cm$$

Görüldüğü gibi x-x eksenine göre ix değeri tek parçanın değeri ile aynıdır. Bundan dolayı aralarındaki mesafe bağ levhası kalınlığında olan basınç çubuklarının malzemeli eksene göre hesapları tek parçalı gibi yapılabilir.

y-y eksenine göre atalet yarıçapı hesabı (iy)

$$I_{NEX} = (148 + 32.2 \cdot 5.49^2) \cdot 2 = 2237cm^4$$

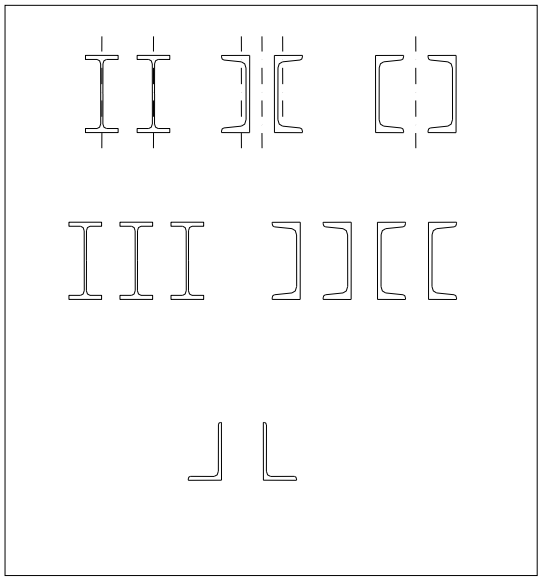
$$iy = \sqrt{\frac{I_{NEy}}{nF}} = \sqrt{\frac{2237}{2 \cdot 32.2}} = 5.89cm$$

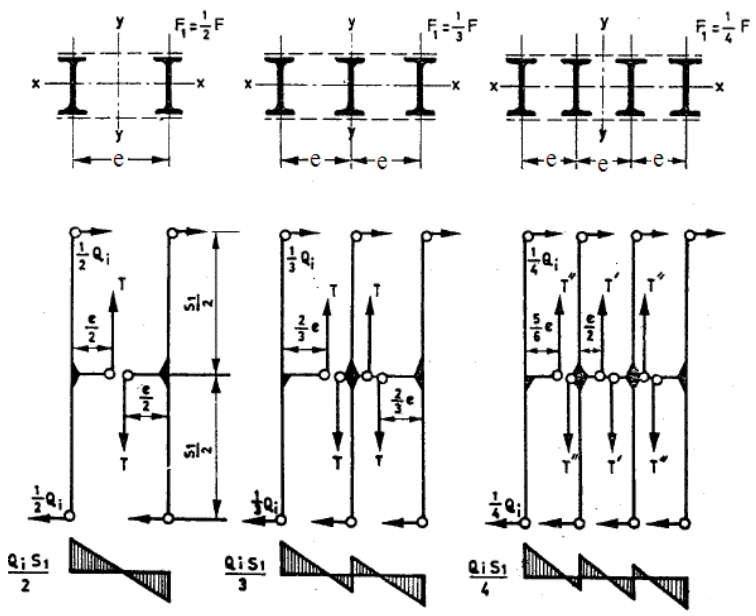
λ_x = 500cm / 7,70cm = 64,93 (max)

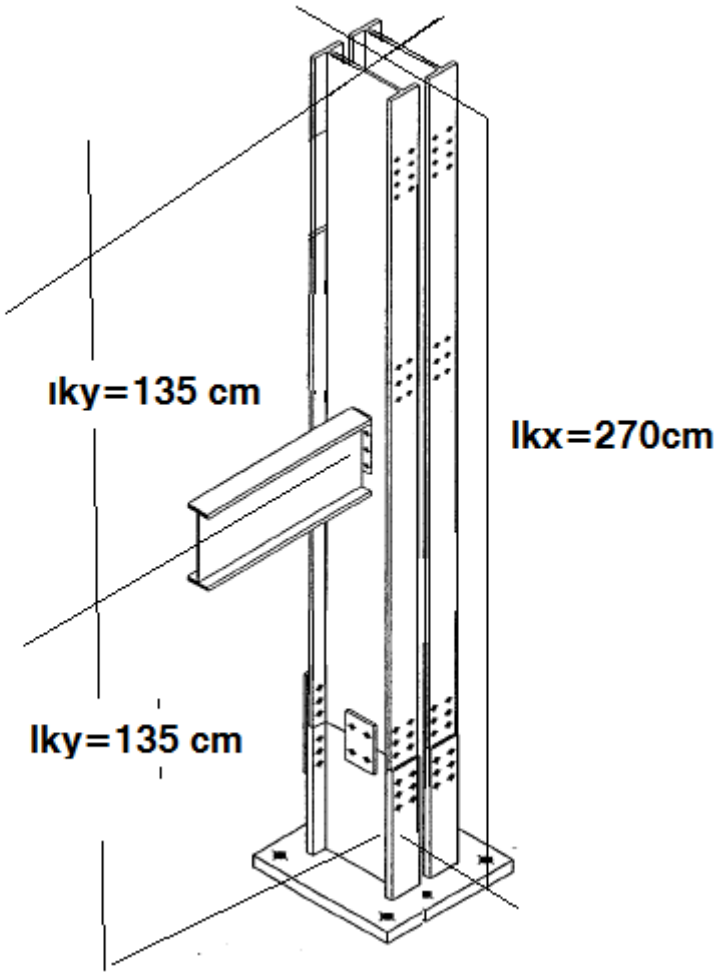
λ_y= 250cm / 5,90cm = 42,37 $\lambda_{max}=\lambda_x$ ➔ ω_x = 1.39

$$\sigma_b = \frac{\omega.P}{F} \le \sigma_{b.em} \rightarrow Pem = \frac{\sigma_{b.em} \cdot n \cdot F}{\omega_{min}} = \frac{1.4 \cdot 2 \cdot 32.2}{1.35} = 66.78ton$$

EKSENEL BASINÇ ETKİSİNDEKİ ÇOK PARÇALI ÇELİK BASINÇ ÇUBUKLARI







ÇELİK KİRİŞLERİN TASARIM VE BOYUTLANDIRILMASI

Kirişler genel olarak eğilmeye çalışarak yükleri mesnetlerine aktarırlar. Eğilme söz konusu olduğu için kirişin kesit özelliklerinin bilinmesi gerekir.

Dikdörtgen kesitli, eğilme momenti etkisi altındaki bir kirişi ele alalım. Tarafsız eksenin en üst liflerinde basınç gerilmeleri, en alt liflerde ise çekme gerilmeleri oluşur. Simetrik kesitli kirişlerde çekme ve basınç liflerindeki gerilmeler eşit olur. Buna göre, dikdörtgen kesitli eğilmeye çalışan bir kirişte eğilme gerilmesi şu ifade ile hesaplanır.

$$\sigma_e = \frac{M.c}{I_{NE}} \le \sigma_{e,em} \quad \text{kg/cm}^2$$

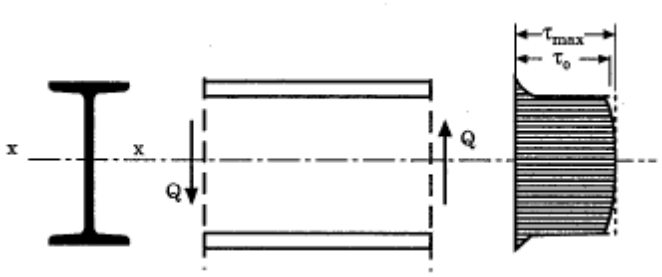
c= çekme ve basınç liflerinin tarafsız eksene uzaklığıdır. Simetrik kesitlerde $c = \frac{h}{2}$ dir.

$I_{NE} = \frac{b.h^3}{12} cm^4$, dikdörtgen kesitin atalet momenti olup ifadede yerine konulacak olursa,

$\sigma e = \frac{M.\frac{h}{2}}{\frac{b:h^3}{12}} = \frac{M}{\frac{b.h^2}{6}} = \frac{M}{W}$ ifadesi elde edilir. Bu ifade de

$W_{x;y}$, kirişe ait mukavemet momenti dir. Bu ifade eğilme etkisi altındaki kirişlerin tasarım ve boyutlandırılmasında kullanılır.

Mukavemet momenti, diğer profil kirişlerde $W = \frac{I}{\frac{h}{2}}$ ifadesi ile de hesaplanabilir.



$$\sigma = \frac{M_{max}}{W} \le \sigma_{em} \qquad , \tau = \frac{Q_{max}}{hg \cdot tg} \le \tau_{em}$$

I kesitli kirişlerde kesme kuvveti pratik olarak sadece gövde tarafından karşılanır.

δ: sehim miktarı, l açıklık olmak üzere,

$$\delta \le \frac{l}{300}$$

Ahşap kirişlerde takip edilen yol ile tasarım ve kontrol hesabı yapılabilir.

ÇELİK ÇATILARDA YÜK VE HESAP İLKELERİ (TS 498, TS 648)

ÇELİK ÇATI SİSTEMLERİ

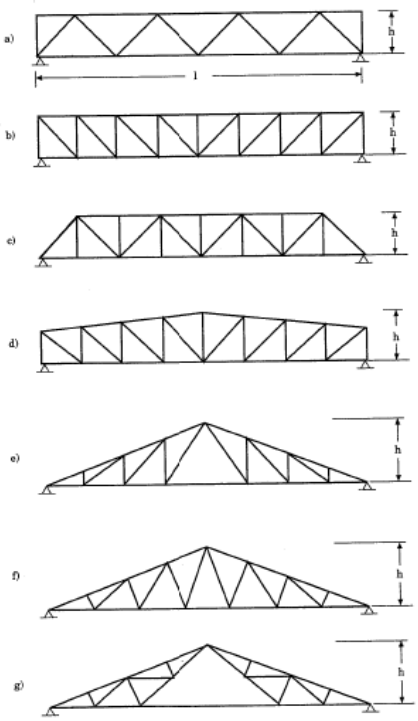
Bir yapıyı dış etkenlerden koruyan ve yapıya bir estetik kazandıran imalatlara çatı denilir. Çatılar yapıldığı malzemeye göre ahşap ve çelik ve BA plak olmak üzere sınıflandırılabileceği gibi, yükleri aktarma şekline göre de, oturtma ve askılı çatılar olma üzere sınıflandırılabilir.

Çelik çatılar, genelde kafes kiriş tarzında dolu gövdeli kiriş veya profillerden yapılırlar. Kafes kirişler dış konturlarının sınırladığı şekle göre, üçgen, trapez, paralel başlıklı ve parabolik olarak isimlendirilirler.

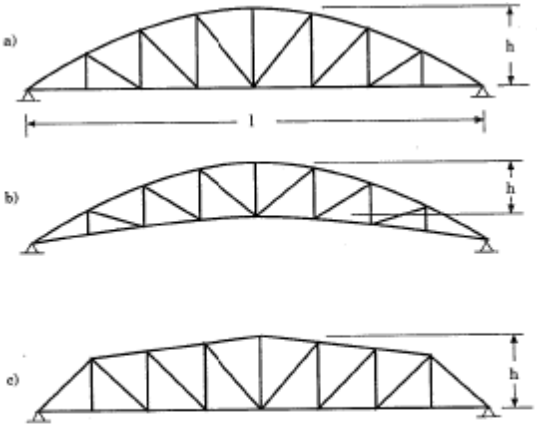
8.1. Sistem Şekilleri

Başlık şekillerine göre kafes kirişler aşağıdaki isimleri alırlar :

Paralel başlıklı kafes kiriş	(Şekil 8.1 a, b, c)
Trapez kafes kiriş	(Şekil 8.1 d)
Üçgen kafes kiriş	(Şekil 8.1 e, f, g)
Üst başlığı parabolik kafes kiriş	(Şekil 8.2 a)
Her iki başlığı parabolik kafes kirişi	(Şekil 8.2 b)
Mansard kafes kiriş	(Şekil 8.2 c)



Şekil 8.1



Şekil 8.2

Kafes Kiriş Elemanları:

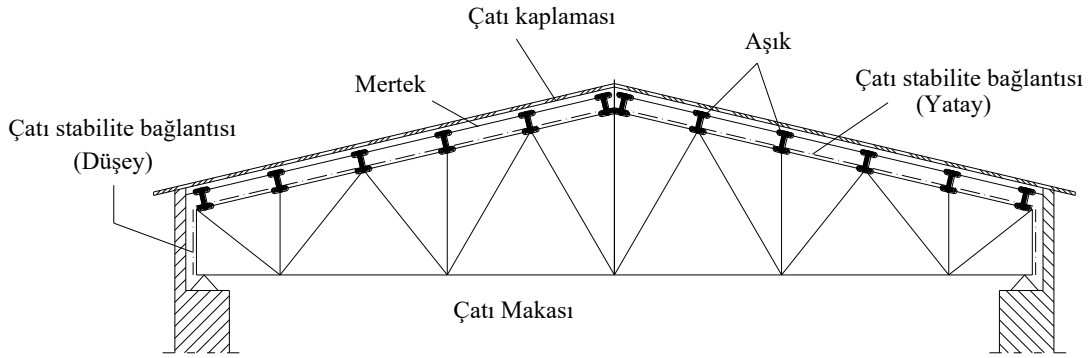
Makaslar, stabilite bağlantıları ve kiriş düzenlemelerinde kullanılan başlık ve örgü elemanları:

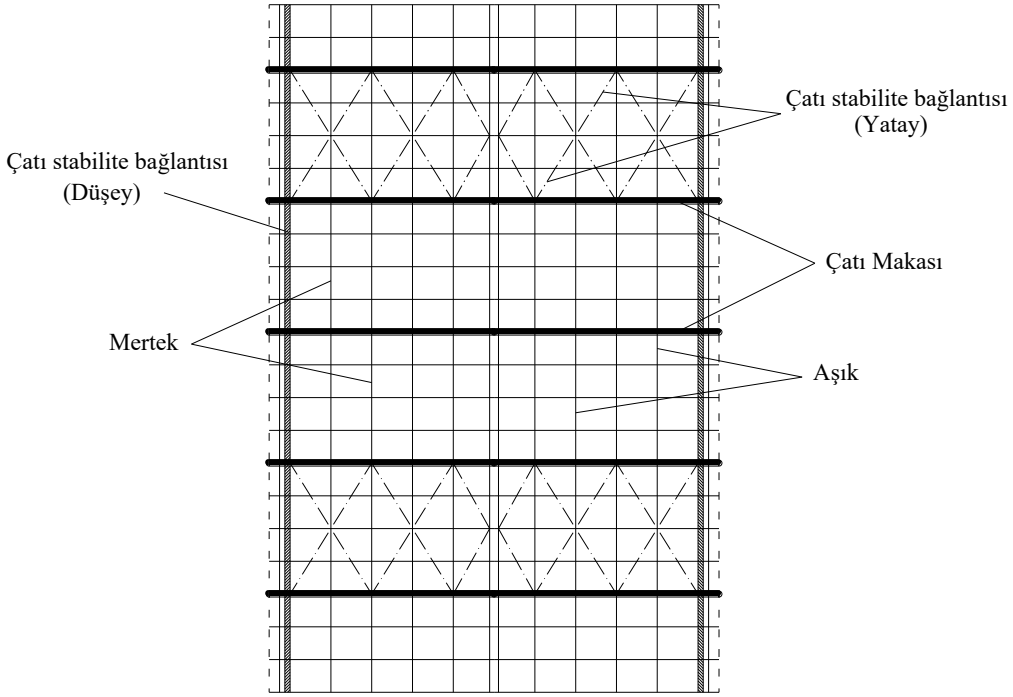
a. Başlıklarda T, ½ I, NPU, çift köşebent, kutu, boru profiller
b. Örgü çubuklarında tek ve çift köşebent, kutu, boru profiller

Köprülerde kullanılan elemanlar:

a. Boru profiller
b. Birleşik kesitler
c. Yapma H veya kutu kesitleri

Çubuk elemanlarının seçimi; çubuğun kafesteki yerine, çubuk türüne (çekme, basınç, örgü, başlık), açıklığa, birleşim elemanı tipine ve estetik gereklere göre yapılır. Tipik bir çelik çatı şu öğelerden oluşur.





Çatıların ana taşıyıcı kirişlerine ÇATI MAKASI denilir**.** Çatıyı oluşturan elemanlar:

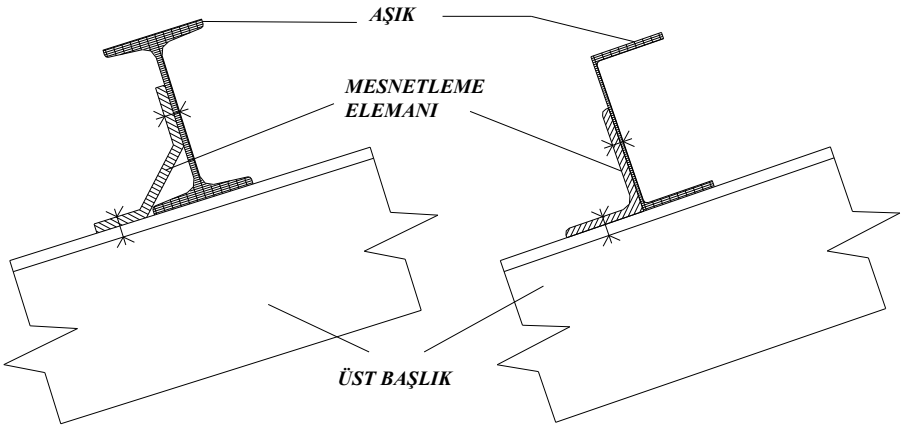
1. Çatı kaplaması, örtüsü
2. Mertekler**(kullanılan çatı örtüsüne bağlı)
3. Aşıklar
4. Çatı makasları ve
5. Çatı stabilite bağlantılarıdır.

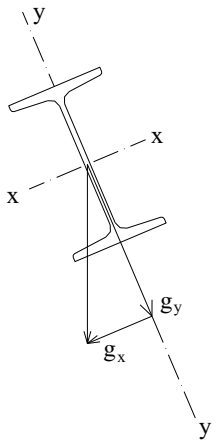
Çatı Makasları:

Çatı makasları çatı konstrüksiyonlarının ana kirişlerini oluşturur. Makas tipi 1-açıklığa, 2-yüklere 3-çatıdan beklenen fonksiyonlara ve 4- imalat imkanlarına göre, kafes kiriş yada dolu gövdeli kiriş olarak düzenlenir. Dolu gövdeli kirişler kafes kirişlere göre daha ağır olmalarına karşın imalat kolaylığı ve bakım sorunlarının azlığı nedeniyle avantajlıdır. Ancak büyük açıklıklarda ve çatı eğiminin fazla olduğu yerlerde kullanılamaz. Makas aralıkları bu iki sistem için 3 ~ 8 m civarında düzenlenir. Makas aralığının seçiminde malzeme ağırlığını ve maliyeti minimum yapacak optimizasyona dikkat edilmelidir.

Aşıklar:

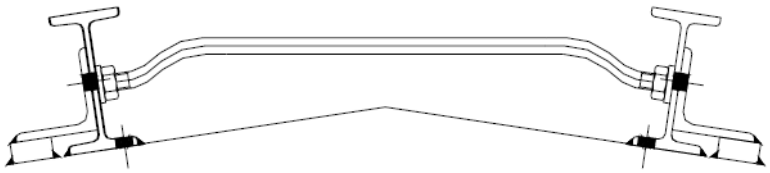
Aşıklar çatı yükünü doğrudan doğruya veya varsa merteklerden alarak çatı makaslarının düğüm noktalarına aktarır. Aşıkların diğer bir görevi de, makasların üst başlıklarını, çatı bağlantılarının düğüm noktalarına bağlamak suretiyle, yanal burkulmaya karşı emniyet altına almaktır. Aşık aralıkları çatı örtüsüne ve çatı eğimine göre belirlenir. Aşıklar genellikle I, IPE,[profilleri ile Z ve C tipinden bükme sacdan yapılan elemanlar ile teşkil edilir. Aşık profillerinin, gövdeleri genellikle çatı düzlemine dik olacak şekilde, makas üst başlıklarına oturtulmaları bahis konusudur.





Bir çelik çatı sistemi içinde aşık elemanının çelik malzeme gideri üzerindeki etkinliği çok fazladır. Çelik yapının bir metrekareye düşen ağırlığının önemli bir kısmını aşıklar oluşturur. Ekonomik bir çatı konstrüksiyonu için her şeyden önce, aşık hesaplarının büyük bir özenle ele alınması gerekir. Kullanılacak örtü malzemesi türüne göre en uygun aralığı seçmek, piyasada bulunan profillerin kullanılmasını sağlayacak ideal makas aralığını yani, aşık açıklığını saptamak, bu aralık ve açıklığa göre minimum kesit tesirlerini verecek biçimde aşık statik sistemine karar vermek, üzerinde titizlikle durulması gereken en önemli ayrıntılardır.

Aşıklarda kesitin zayıf olduğu üst başlık ekseni (x-x) doğrultusundaki eğilme etkilerini sınırlandırmak için açıklıkların orta veya üçte bir noktalarında gergiler düzenlenir

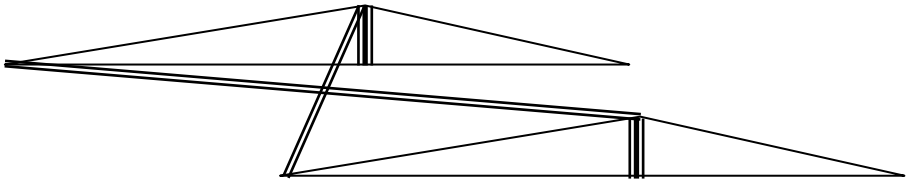


Stabilite Bağlantıları: Rüzgar kirişi de denilen stabilite bağlantıları, bir konstrüksiyonu stabil hale getirmek ve bu sisteme etkiyen yatay yükleri karşılamak için bu konstrüksiyon bünyesinde teşkil edilen kafes sistemlere denilir. Stabilite bağlantıları makasların, mesnet noktalarını birleştiren eksen etrafında dönerek devrilmelerini önler. Diğer taraftan, stabilite bağlantısının düğüm noktalarına rastlayan aşıklar, makasların üst başlıklarını makas düzlemi dışına harekete karşı tutmuş olacağından, bu başlıkların makas düzlemi dışına burkulmalarında, burkulma boylarını azaltmış olur.

Stabilite bağlantıları yatay ve düşey olarak oluşturulurlar.

1- *Yatay stabilite bağlantıları:*

Üst başlık düzleminde (ÇD, çatı düzlemine paralel) yer alırlar. Çatı sisteminin iki baştaki ikişer açıklığına ve orta açıklıklarda yapılmalıdır.



2- *Düşey stabilite bağlantıları:*

Çatının ana taşıyıcısı olan kafes kirişteki dikmeler arasına yapılır. Özellikle açıklığı 20m den büyük çatılarda uygulanır.



Stabilite bağlantısının diyagonalleri L45.45.5 ile L60.60.6 korniyer veya 50.5 ile 60.8 lama ile teşkil edilir.

Çelik çatı eğimleri:

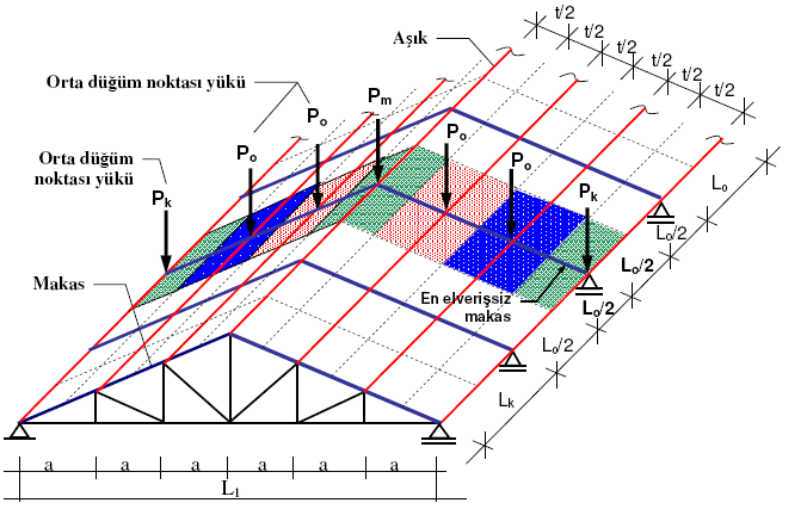
Çelik çatı eğimleri, %10~15 arasında seçilmelidir. Ahşap çatılarda %20~33 civarında alınan eğimlere kıyasla çelik çatı eğimleri daha düşüktür. Çünkü

1- Çelik çatılarda kullanılan çatı kaplama malzemesinden dolayı fazla eğime ihtiyaç yoktur.
2- Fazla eğim, fazla yük ve fazla malzeme demektir.
3- Çelik çatılarda stabilite sorununun olması.

ÇELİK ÇATI YÜKLERİ:

Bir çatı sistemi içerisinde yer alan elemanların kesit ve boyutlandırma hesaplarında göz önünde tutulan yükler, çatı makasının öz ağırlığıyla kar ve rüzgar yüklerinden oluşur. Öz ağırlıklar; çatı örtüsü, aşıklar, aşık ağırlığının %20 si kadar aşık bağlantı elemanları ve makas ağırlığından oluşur.

Kafes Kiriş yük idealleştirmesinin perspektif üzerinde gösterimi



KAR YÜKÜ: TS 498 / Kasım 1987 ' ye göre

$P_k = m.P_{ko}$ *(Y.D.)* $m = 1 - \frac{\alpha - 30^o}{40^o}$ $(0 \le m \le 1)$ $\alpha < 30^o$ *için* $P_k = P_{ko}$. Alınır.

Pko değerleri, kar yağış yeri yüksekliğine göre düzenlenmiş haritadaki Bölge numarası dikkate alınarak aşağıdaki tablodan alınır.

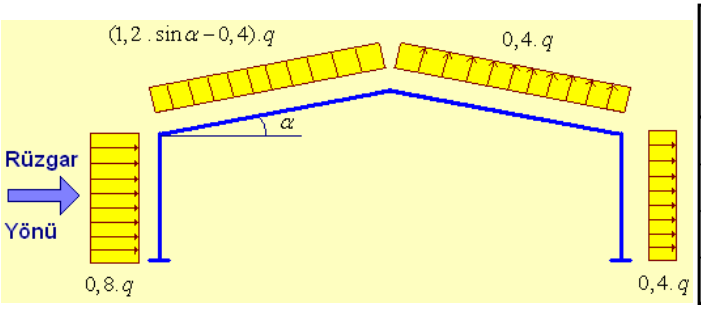
Yapı Yerinin Denizden Yüksekliği (m)	Bölgelere Göre Kar Yükleri * (kg/m2)			
	I	II	III	IV
<= 200	75	75	75	75
300	75	75	75	80
400	75	75	75	80
500	75	75	75	85
600	75	75	80	90
700	75	75	85	95
800	80	85	125	140
900	80	95	130	150
1000	80	105	135	160
> 1000	1000 m' ye tekabül eden değerler 1500 m'ye kadar %10 , 1500 m'den yüksek yerlerde %15 arttırılır.			
* Kar yağmayan yerlerde kar yükü alınmaz.				

RÜZGÂR YÜKÜ: TS 498 / Kasım 1987 ' ye göre

Tesir ettiği yüzeye dik olarak alınan Rüzgâr Yükü;

$w = c_p . q_r$ Şeklinde verilmiştir.

c_p : Rüzgâr basınç katsayısı ve q_r : Yerden Yüksekliğe bağlı rüzgâr yüküdür.



Zeminden Yükseklik h (m)	Rüzgar Hızı v(m/sn)	Rüzgar Basıncı q(kg/m2)
$0 \le h \le 8$	28	50
$8 \le h \le 20$	36	80
$20 \le h \le 100$	42	110
$100 \le h$	46	130

BUZ YÜKÜ:

Buzlanma tehlikesine maruz kalacak bölgelerde (deniz seviyesinden **400 m** ve daha yüksekteki yerlerde) , buzlanmaya maruz kalacak yapı elemanlarının bütün yüzeylerinin **3 cm** kalınlığında buz ile kaplı olduğu kabul edilir. Buzun birim hacim ağırlığı **700 kg/m^3** alınır. Buzlanma sonucu rüzgâr yükü artan elemanlarda, rüzgâr yükü (qr), %75 arttırılarak dikkate alınmalıdır.

ÇATI YÜK ANALİZ ŞEMASI

(Bu şema sanal yük kullanılarak oluşturulmuştur)

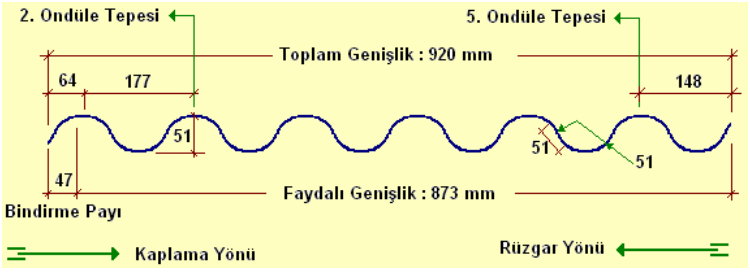
Yapıya ait özellikler dikkate alınarak ve TS 498 kullanılarak, yük analizi için gerekli olan aşağıdaki değerler ilgili tablolardan okunur. Yük analizi şu şekilde oluşturulur.

Çatı örtisi öz ağırlığı.....		40 kg/m^2	(Y.D.)
Aşıklar öz ağırlığı.....		10 kg/m^2	(Y.D.)
	Σ	g_1= 50 kg/m^2	(Y.D.)
Makaslar öz ağırlığı.		15 kg/m^2	(Y.D.)
	Σ	g_2= 65 kg/m^2	(Y.D.)
Kar yükü.....		p_k= 75 kg/m^2	(Y.D.)
Rüzgar yükü:			
[E] düzleminde	=[1,2xSin(8,53)-0,4]x80	p_{re}=-18 kg/m^2	(Ç.D.)
[F] düzleminde	=-0,4x80	p_{rf}= -32 kg/m^2	(Ç.D.)

ÇATI ÖRTÜLERİ:

1) Eternit (Asbestli Çimento) : (20 kg/m^2)

Doğrudan âşıklar üzerine oturtulabilen ve âşıklara kancalı bulon *(trifon)* ile tespit edilen bir çatı örtüsüdür. Bindirme ve bağlantı elemanları ile birlikte hesap ağırlığı **20 kg/m^2** (Çatı düzleminde Ç.D.) alınabilir. Bağlantı şekilleri için, imalatçı firmaların uygulama kılavuzlarına bakılmalıdır.



Mevcut levha boyları ve maksimum âşık aralıkları (Ç.D.) aşağıdaki tablodan alınabilir. Levha genişliği 920 **mm**, et kalınlığı **6 mm** dir.

ETERNİT (Asbestli Çimento)

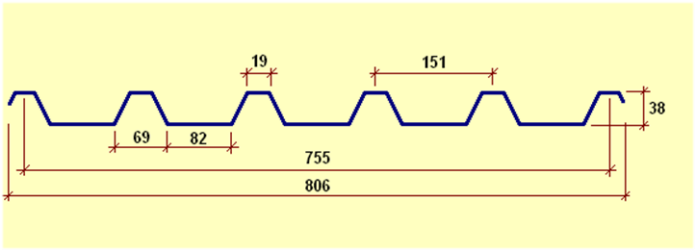
Levha Boyu (mm)	ÇATI EĞİMİ	
	% 10 - % 30 Bindirme : 200 mm	> % 30 Bindirme : 150 mm
1250	1050	1100
1600	1400	1450
2000	2 x 900	2 x 925
2500	2 x 1150	2 x 1175
3100	2 x 1450	2 x 1475
3250	2 x 1525	2 x 1550

2) Oluklu veya Trapez Galvanizli Sac : [8 - 12 kg/m^2 (Ç.D.)]

Doğrudan âşıklar üzerine oturtulabilir. Çatı eğimi en az **%20** olmalıdır. Âşık aralığına ve yüke göre kullanılacak sac, tablolardan alınabilir. Sac kalınlıkları genellikle **0.3 mm** ila 2**.0 mm** arasında değişmektedir. Bunlara ait ölçüler ve dolayısı ile m^2 ağırlıkları, üretici firmaya göre değişiklik göstermektedir. Ancak hesap ağırlığı için ortalama bir değer almak gerekirse yaklaşık olarak 8 - 12 kg/m^2 **(Ç.D.)** alınabilir.

3) Alüminyum Trapez Levha : (5,0 kg/m^2 (Ç.D.))

Doğrudan âşıklar üzerine oturtulup trifon ile tespit edilirler. Bu örtü ile ilgili değerler de üretici firmaya göre değişmektedir. Hesap ağırlığı için levha kalınlığına bakmaksızın ortalama bir değer olarak, bindirmeler ve bağlantı elemanları dâhil olmak üzere 5,0 kg/m^2 **(Ç.D.)** alınabilir.



4) Alüminyum veya Sac Sandviç Paneller:

Daha hafif bir malzeme ile ve ısı kaybını da önleyecek şekilde çatı kaplaması yapmak üzere, alüminyum veya galvanizli sac ile levha arasına baskı altında, sert köpüklü poliüretan enjekte edilerek imal edilen ***alüminyum sandviç*** veya ***sac panel*** kullanılabilir. Bu örtüler için minimum çatı eğimi **%5** olup, alt levha kalınlığı **0.4 mm**; üst levha kalınlığı ise, yük ve âşık aralığına göre **0.5 - 0.6 mm** veya **0.7 mm** olmaktadır. Maksimum panel boyu, çatılar için **10-15 m**, duvarlar için ise **10-12 m** dir. Bu örtüler ile ilgili değerler de aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Net Genişlik (mm)	Çatı İçin	Duvar İçin
	1000	1000
Kalınlık * (mm)	26 - 60 36 - 70 46 - 80 66 - 100	35 45 60 90
Minumum Ağırlık ** (kg/m2)	4.84	4.14
Maksimum Ağırlık ** (kg/m2)	14	12.4

* Metal ve izolasyon kalınlıkları toplamı . (ilk rakamlar oluk içindir.)

** Verilen değerler bilgi için olup , malzeme cinsi ve poliüretan kalınlığına göre değişir. [Alüminyum için çatıda 4.84 - 7.16 (duvarda 4.14-6.1) ; galvanizli sac için ise çatıda 10.7 - 14 kg/m2 (duvarda 8.14 - 12.4 kg/m2)

Bu kaplamalar için çatı düzleminde **2 m** yi aşmayan âşık aralıkları uygun olur.

5) Bims beton Çatı Plakları:

Sünger taşı, perlit gibi hafif agrega kullanılmak sureti ile yapılan donatılı prefabrike plaklar olup, doğrudan aşık üzerine oturtulurlar. Bu plaklara yeterli bir mesnet genişliği sağlamak üzere, en az **NPI 140** veya **IPE 140** profil kullanılmalıdır. Bunlarla ilgili değerler aşağıdaki tablodan alınmalıdır.

BİMSBETON ÇATI PLAKLARI

Aşık Aralığı (mm)	Delikli Plaklar		Kazetli (Dişli) Plaklar		Delikli - Kazetli Plaklar	
	Kalınlık (mm)	Ağırlık (kg/m2)	Kalınlık (mm)	Ağırlık (kg/m2)	Kalınlık (mm)	Ağırlık (kg/m2)
1000	50	60	65	55	75	72
1200	50	60	65	55	75	72
1400	60	70	65	55	75	72
1500	60	70	65	55	75	72
1600	65	76	70	56	75	72
1700	65	76	75	60	80	76
1800	70	79	75	60	80	76
1900	70	79	75	60	80	76
2000	70	79	80	64	80	76
2100	75	85	80	64	85	80
2200	75	85	85	67	85	80
2300	80	86	85	67	90	85
2400	80	86	85	67	90	85
2500	85	87	90	68	90	85

6) Gaz Beton (Ytong) Çatı Plakları:

Literatürde "gaz beton" olarak bilinir. Bünyesindeki milyonlarca gözenek nedeniyle bir çok binada ilave ısı yalıtım malzemesi kullanmaya gerek kalmadan yalıtım sağlayan bir yapı malzemesidir. **TS 453'** e uygun olarak **50 cm** genişliğinde, donatılı gaz beton plakları ülkemizde üretilmektedir. Bu elemanlar ile ilgili değerler de aşağıdaki tablodan alınabilir. Gaz beton çatı plaklarının suya karşı yalıtımı için üzerine iki kat bitümlü mukavva konulması gerekir. Bims betonun ve Gaz beton çatı plağının suya karşı yalıtımını sağlamak için, üzerine iki kat bitümlü mukavva yerleştirilmeli ve bunun için de örtü ağırlığı 24 kg/m^2 **(Ç.D.)** arttırılmalıdır. Plakların çelik kiriş üzerine oturma genişliği, açıklığın **1/80** 'i veya en az **50 mm** olmalıdır. Profilin başlık genişliği yeterli olmadığı takdirde, üzerine lama kaynatılarak genişletilmelidir

Aşık aralığı (m)	**1.00-1.25**	**1.50-2.25**	**2.50-3.25**	**3.50-4.00**	**4.25-5.00**	**5.25-6.00**
Plak kalınlığı	75	100	125	150	175	200
Ağırlık (kg/m^2)	63	84	105	126	147	168

7) Cam Yüzeyler (30 kg/m^2)

Aydınlatma gayesi ile çatılarda veya yan duvarlarda, telli cam ile kaplanan pencereler oluşturulur. Bunlar için hesaplarda ortalama **30 kg/m^2** (cam merteği dâhil) yük alınır.

BAZI STANDARTLAR KAYNAKLAR

AHŞAP PROFİLLER: TS 5497 EN 408
YALITIM : TS 7316
TAŞIYICI TS EN 14081-1 TAVAN, ZEMİN, MERDİVEN : TS EN 1195
YAPIŞTIRICILAR DIN/EN 204 HESAP STANDARTLARI : TS 647, TS EN 380
BAĞLANTI ELEMANLARI : TS EN 912, TS EN 13271, TS 5190 EN 26891
Eurocode 5: Design of Timber Buildings Use of Structural Eurocodes – EN 1995 (Design of Timber Structures) Companion Document to EN1995-1-1

- Eurocode 5(EN 1995-1-1); European Comitee for Standartization,
- AITC; American Institute of Timber Construction,
- DIN 1052; Deutsche Norm, Structural Use of Timber, Design and Construction,
- AS 1720.1-2010; Australian Standard, Timber Structures

TS 647; Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları,

- TBDY 2018; Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği,
- TS EN 1995-1-1; Ahşap Yapıların Tasarımı Bölüm 1-1,
- Genel Teknik Şartname 1985,
- Murat YÜNCÜLER ,TS 647 Ve Avrupa Ahşap Yapı Standardı Eurocode 5'in Örneklerle Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Bilecik Şeyh Edebali üni FBE.2019