

Ankara Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Yayınları : 904

Ders Kitabı : 252

TARIMSAL İNŞAAT

(Temel İlke ve Kavramlar)

Prof. Dr. AH BALABAN

A. Ü. Ziraat Fakültesi
Kültürteknik Bölümü

Doç. Dr. Erdem ŞEN

A. Ü. Ziraat Fakültesi
Kültürteknik Bölümü

Ankara Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Yayınları : 904

Ders Kitabı : 252

TARIMSAL İNŞAAT

(Temel İlke ve Kavramlar)

Prof. Dr. Ali BALABAN

A. Ü. Ziraat Fakültesi
Kültürel ve Bilimsel

Doç. Dr. Erdem ŞEN

A. Ü. Ziraat Fakültesi
Kültürel ve Bilimsel

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
GİRİŞ	7
1. GERİLME VE ŞEKİL DEĞİŞTİRME	11
1.1 Normal Gerilme ve Kesme Gerilmesi	11
1.2 Emniyet Katsayısı	14
1.3 Gerilme ve Şekil Değiştirme İlişkisi	21
1.4 Yanal (Lateral) Şekil Değiştirme; Poisson Oranı	24
1.5 Borular ve Silindirik Basınç Tankları	26
2. KIRIŞLAR	34
2.1 Kesme Kuvvetleri	34
2.2 Eğilme Momenti	41
2.3 Kırıklarda Kesme Gerilmeleri	50
2.3.1 Düşey Kesme Gerilmesi	52
2.3.2 Yatay Kesme Gerilmesi	53
2.4 Kırıklarda Eğilme Gerilmesi	55
2.5 Kırıklarda Sarkı	58
2.6 Ankastre ve Müttemadi Kırıklar	63
2.7 Kırıkların Analiz ve Projelenmesi	64
2.7.1 Kiriş Analizine İlişkin Örnekler	68
2.7.2 Kiriş Projelenmesine İlişkin Örnekler	72
3. KOLONLAR	75
3.1 Deneysel İslenimler	77
3.2 Ahşap Kolonlar	78
3.3 Çelik Kolonlar	80
3.4 Kolonların Analiz ve Projelenmesi	81
3.5 Eksantrik Yükler	86
3.6 Kolonlarda Eğilme Faktörleri	90

	<u>Sayfa</u>
4. EKYERLERİ VE BAĞLANTILAR	95
4.1 Çelik Yapı Elemanlarında Ekyerleri	95
4.1.1 Perçinli Ekyerleri	95
4.1.2 Blonlu (Civatalı) Ekyerleri	102
4.1.3 Kaynaklı Ekyerleri	104
4.1.4 Bağlama Levhalarındaki Gerilmeler	107
4.2 Ahşap Yapı Elemanlarında Ekyerleri	108
4.2.1 Civili Bağlantılar	108
4.2.2 Blonlu Bağlantılar	110
4.2.3 Kamalarla Bağlantı	110
5. TARIMSAL İNŞAATTA KULLANILAN YAPI MALZEMESİ	114
5.1 Yapı Malzemesinde Aranılan Özellikler	114
5.2 Ahşap ve Ahşap Yan Ürünleri	115
5.2.1 Ahşap	115
5.2.2 Ahşap Yan Ürünleri	119
5.3 Taş ve Toprak Malzeme	120
5.3.1 Tuş	120
5.3.2 Tuğla	121
5.3.3 Briket	123
5.3.4 Kerpiç	124
5.3.5 Harçlar	125
5.3.5.1 Harcı Teşkil Eden Elemanların Seçimi	126
5.3.5.2 Harcın Özellikleri	129
5.3.5.3 Tarımsal İnşaatta Kullanılan Harç Çeşit- leri	130
5.4 Beton	131
5.4.1 Betonun Oluşturulan Elemanlar ve Bunların Seçimi	131
5.4.1.1 Çimento	131
5.4.1.2 Kum	133
5.4.1.3 Çakıl	136
5.4.1.4 Kum ve Çakıl Granülometrisi	136
5.4.1.5 Beton Suyu	137
5.4.2 Betonun Hazırlanması	137
5.4.3 Betonun Akıcılığı	138

	<u>Sayfa</u>
5.4.4 Betonun Özellikleri	139
5.4.5 Beton Yapımı	140
5.5 Metaller	141
5.5.1 Demirli Metaller	141
5.5.2 Demirsiz Metaller	142
5.6 Diğer Malzeme	144
6. YAPILARA GELEN YÜKLER	146
6.1 Yapılara Gelen Ölü Yükler	147
6.2 Yapılara Gelen Canlı Yükler	149
6.2.1 Döşeme Yükleri	149
6.2.2 Kar ve Buz Yükü	150
6.2.3 Rüzgâr Yükü	152
6.2.4 Deprem Kuvveti	155
6.2.5 Su yükü	156
6.2.6 Toprak Yükü	159
6.2.7 Santrifüj Kuvveti	163
6.2.8 Termal Kuvvetler	164
7. YAPI ELEMANLARI	166
7.1 Temeller	166
7.1.1 Sürekli Duvar Temeli	171
7.1.2 Sütunlu Duvar Temeli	173
7.1.3 Tek Kalın Temelleri	174
7.1.4 Şerit Temeller	176
7.1.5 Radyo Temeller	177
7.2 Duvarlar	177
7.2.1 Kâgir Duvarlar	178
7.2.1.1 Taş Duvarlar	179
7.2.1.2 Tuğla Duvarlar	180
7.2.1.3 Beton Briket (Blok) Duvarlar	182
7.2.1.4 Kerpiç Duvarlar	183
7.2.2 Ahşap ve Ahşap İskeletli Duvarlar	186
7.3 Döşeme ve Tavan Sistemleri	189
7.3.1 Zemin Üzerinde Döşeme İnşaatı	190
7.3.2 Ahşap Kirişli Döşemeler	191
7.3.3 Çelik Kirişli Döşemeler	192

	<u>Sayfa</u>
7.3.4 Betonarme Döşeme Sistemleri	192
7.4 Çatılar	193
7.4.1 Çatıyı Teşkil Eden Unsurlar	193
7.4.2 Çatı Elemanlarının Projelenmesi	195
7.4.2.1 Makas Çubuk Kuvvetlerinin Grafikal Yöntemle Hesaplanması	196
7.4.2.2 Örnek Çatı Hesabı	201
7.5 Kapı, Pencere, Merdiven ve Bacalar	210
7.5.1 Kapı	210
7.5.2 Pencere	211
7.5.3 Rampa ve Merdivenler	211
7.5.4 Bacalar	212
7.6 Sıva ve Badana	212
7.6.1 İç Sıva	215
7.6.2 Dış Sıva	216
7.6.3 Badana	216
7.7 Metraj ve Keşif	217
YARARLANILAN ESERLER	226

çinş

Tarım işletmeleri, tarımsal faaliyetlerin bir bütün olarak yürütüldüğü üniteler olarak tanımlanabilir. Tarımsal işlerin yönetildiği, tarla dışı hizmetlerin yapıldığı ve çiftçi ailesinin yaşadığı yer olan işletme merkezinde, bu faaliyetlerin istenilen ve rasyonel bir şekilde yapılabilmesi için birbirlerinden farklı yapı ve tesislere ihtiyaç vardır. Diğer bir anlamda tarım işletmesi, bitkisel ve hayvansal ürünlerin üretildiği bir fabrika; işletme merkezi ise, bu faaliyetlerin yönetildiği, tarla dışı hizmetlerin görüldüğü bir merkez olarak tanımlanabilir. Tarım işletmesinin şekline ve özelliklerine göre çiftçi, zamanını yaklaşık olarak % 30-40'ını işletme avlusu, bina ve tesislerinde geçirir.

Tarım işletmelerinde yapı ve tesislerden beklenen bazı önemli fonksiyonlar şöyle özetlenebilir:

1) İşletme binaları, iklim (yağış, sıcaklık, bağıl nem, güneş, rüzgar) arzu edilmeyen canlı (böcekler, bakteri ve mantarlar, kemirgenler ve yağmırcı hayvanlar) ve cansızlara (toz duman ve koku), ses yangın v.b. çevre etmenlarına karşı bir koruma temin etmelidir.

2) Yapı ve tesisler, tarım işletmelerinde işleri kolaylaştırmak ve işletmecilik yönünden faydalı olmalıdır. Bu husus, yapıların iyi bir çevre kontrolü ve yeterli alan temin etmeleri, çeşitli yapı ünitelerinin rasyonel bir şekilde tasarımı edilmesi ve yapıların çok yönlü bir kullanıma olanığı sağlamaları ile gerçekleştirilebilir.

3) Tarım işletmelerinde yapı ve tesisler, işletme sahibine gurur vermeli ve aynı zamanda cazip bir görünüme sahip olmalıdır.

İşletme bina ve tesislerinin sözü edilen bu fonksiyonları yerine getirmeleri, bölgenin doğal şartlarına, işletmenin şekline ve binaların kullanılma şartlarına göre değişiklik arzeder. Bu arsıza, işletme bina ve tesislerinin kendilerinden beklenen fonksiyonlardan fedakarlık yapılmamasını mümkün olduğu kadar ucuzca maledilmeleri istenir.

İşletme merkezinde ihtiyaç duyulan yapı ve tesislerin çeşitli tipleri ve büyüklüklerine genellikle etki yaptığı kabul edilen faktörler: 1) İşletmenin tipi, 2) İşletmenin büyüklüğü, 3) Produktivite seviyesi, 4) Gelir durumu, 5) İklim şartları ve 6) Mülkiyet durumudur. Ayrıca tarımla uğraşan halkın srijini, gelecek ve kültür seviyeleri, işletmenin mekanizasyonu seviyesi, tarım metodlarında ortaya çıkan değişimler, ulaşım durumu ve pazar şartları v.b. faktörler de tarım işletmelerinde hına ve tesislerin çeşit ve miktarlarına ve dolaylı olarak da bunlara yapılan yatırım seviyesine etki yaparlar. Tarım işletmelerinde yapı ve tesislere yapılacak yatırımın normal şartlar altında işletme aktif sermayesinin % 30-35 sınırları arasında olması istenir.

Tarım işletmelerinde ihtiyaç duyulan yapı ve tesisler: 1) Konut, 2) Hayvan barınakları, 3) Depolama ve muhafaza yapıları, 4) Ürün değerlendirme ve pazarlama yapıları olmak üzere dört ana grupta toplanabilir. Yukarıda belirtilen ana gruplar dışında kalan ve tarım işletmelerinde ihtiyaç duyulan yapı ve tesislerin belli başlıları işletme içme ve kullanma suyu tesisleri, pis suları arıtma tesisleri, seralar, toprak ve su muhafaza yapıları, tarımsal yollar, çitler v.b. yapı ve tesislerdir.

Tarımsal yapı ve tesislerin mühendislik projeleri: 1) Fonksiyonel planlama, 2) Projelendirme ve 3) İnşaat olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilir.

Fonksiyonel planlama aşamasında, tarımsal yapıların genel yerleştirme, tertip ve boyutlandırılmasına etki yapan fonksiyonel (kullanma) istekler gösönünde bulundurulurken, en iyi çözüm olarak beliren bir veya daha fazla alternatif üzerinde durulur. Plânlama aşamasında, estetik, sosyal, hukuki, ekonomik v.b. faktörler de önemle dikkate alınır.

Projelendirme aşamasında, planlama aşamasında uygun bulunan çözüm alternatifini detaylı bir şekilde analiz edilerek, söz konusu yapı veya tesisi teşkil eden yapı elemanları ve ekipmanlarının en uygun boyutları ve detayları saptanır.

İnşaat aşamasında ise, gerekli malzeme, ekipman ve personel temin edilerek yapı inşa edilir.

Yukarıda tanımlandığı gibi, tarımsal yapıların projelendirilmesinde kasut, yapı ve yapıyı teşkil eden elemanların en uygun biçimde boyutlandırılması ve detaylandırılmasıdır. Bu aşama, inşaat projelerinin teknik ve matematiksel fazı olup, projenin plânlama ve inşaat aşaması ile sıkı bir koordinasyon halinde yürütülür.

Plânlaması tamamlanmış her hangi bir tarımsal yapının projelendirilmesinde ilk aşama yük şartları ve yapının karşılayacağı diğer proje koşullarının saptanmasıdır. Bunlar sonra yapıyı teşkil eden elemanlardaki iç kuvvetler (itki, kesme, eğilme ve burulma momentleri), gerilme katsayıları, deformasyon, sarkı ve yüklerden ortaya çıkan tepkiler analiz edilerek hesaplanır, yapıyı teşkil eden elemanların malzemesi seçilir, elemanlar ve ekyerleri boyutlandırılır.

Ziraat Fakültesi öğrencilerinin genel öğreniminde yer alan Tarımsal İnşaat dersi için ders kitabı olarak hazırlanan bu eserde tarımsal yapıların analiz ve projelendirilmesindeki temel prensip ve kavramlar hakkında bilgi verilecektir.

1. GERİLME VE ŞEKİL DEĞİŞTİRME

Bütün mühendislik yapılarında, yapıyı oluşturan elemanların, üzerlerine gelen veya gelmesi beklenen yükleri emniyetle taşıyabilecek şekilde boyutlandırılması zorunludur. Böylece örneğin, bir su deposunun cidarları veya bir binanın döşeme sistemleri kullanılma amaçları için yeter derecede dayanıklı olmalı, yani üzerlerine gelen yüklerin etkisi altında ezilmemeli, kopmamalı ve belirli bir sınırdan fazla eğilmemelidir.

Bütün mühendislik dallarında, belirli bir mühendislik fonksiyonun yerine getirilmesinde yük taşıyan elemanlar söz konusu olduğundan her mühendisin malzeme mukavemetinin temel prensiplerini yeterince bilmesi zorunludur.

1.1 Normal Gerilme ve Kesme Gerilmesi

Her hangi bir yapı elemanının kesitinde, bu kesite etki yapan dış kuvvete karşı, yapı elemanının gösterdiği iç direnç "Gerilme" olarak tanımlanır. Kesite etki yapan dış kuvvet (Q) iç direnç (mukavemet) görülmesini (σ) sağarsa, eleman σ kesitinde, ezilecek, kırılacak veya kopacaktır.

Yapı elemanlarında ortaya çıkan basit gerilmeler Normal gerilme ve Kesme gerilmesi olmak üzere iki genel grupta incelenebilir. Söz konusu kesite dik olarak etki yapan gerilme *Normal Gerilme*, paralel olarak etki yapan gerilme de *Kesme Gerilmesi* olarak tanımlanır. Bazan yapı elemanlarında ortaya çıkan gerilme, söz konusu kesite ne dik, ne de paraleldir. Böyle durumlarda ortaya çıkan eğik (eğimli) gerilme daima dikey (normal) ve yatay (kesme) bileşenlerine ayrılarak değerlendirilebilir.

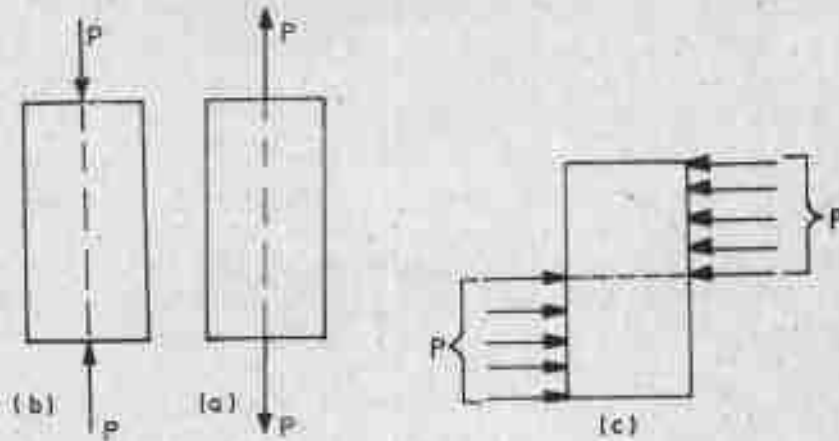
Normal gerilme, etki yaptığı elemanı uzatma eğiliminde ise *çekme gerilmesi*, kısaltma eğiliminde ise *basma gerilmesi* olarak tanımlanır. Örneğin, her hangi bir vincin taşıyıcı kablolu yükü kaldırırken çekme gerilmesine maruzdur. Diğer taraftan, eksenel yük taşıyan bir kısa kolon

veya bir kolon ayağının oturduğu zemin (toprak) ise, hasma gerilmesine maruzdur.

Diğer taraftan kesme gerilmesi ise, her hangi bir yapı elemanına etki yapan kuvvetlerin, elemanı ortak bir kesit boyunca kesmeye diğer bir deyişle bir parçasını diğeri üzerinde kaydırmaya çalıştığı durumda ortaya çıkar. Örneğin, her hangi bir metal levhanın, makasla kesilmesi esnasında kesit, kesme gerilmesine maruzdur.

Şekil 1.1 de bu basit gerilme durumlarında kuvvetlerin nasıl etki yaptıkları gösterilmiştir. Şekil 1.1 a da kuvvetler elemanı uzatmağa çalıştığından, çekme gerilmesi, şekil 1.1 b de kısaltmağa (ezmeğe) çalıştığından hasma gerilmesi ve şekil 1.1 c de ise kuvvetlerin bir kısmı elemanı bir yönde, diğer kısmı da buna aksi yönde hareket ettirmeğe çalıştıklarından kesme gerilmesi söz konusudur. Bu son durumda eleman kesik çizgilerle gösterilen düzlem boyunca kesilecektir.

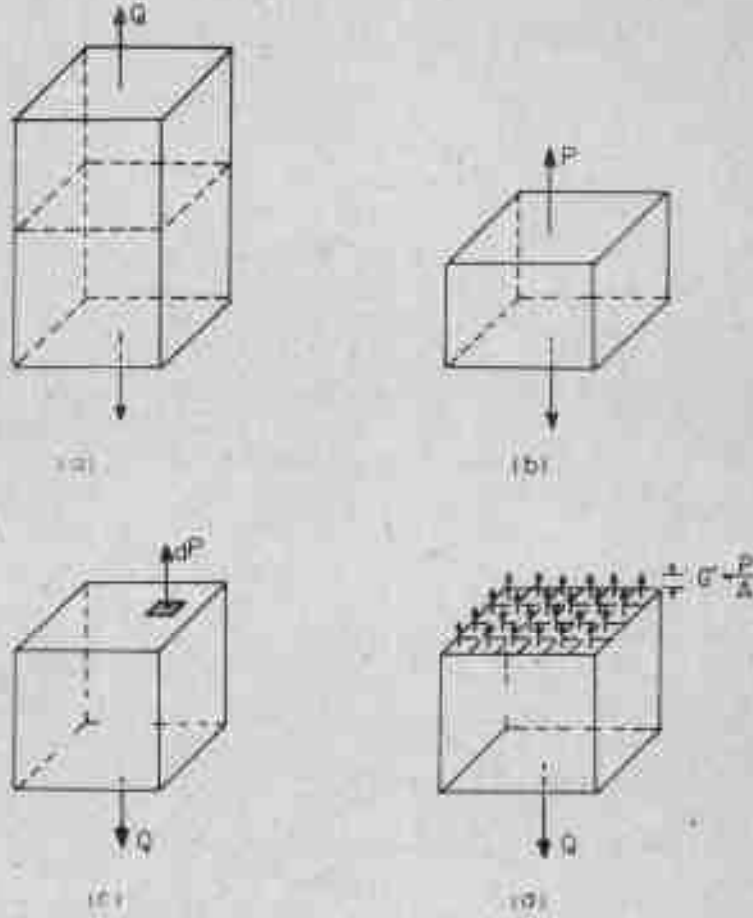
Şekil 1.1 a ve b daki elemanlara etki yapan kuvvetlerin tesir çizgileri ortak, doğrultuları elemanlara dik, yönleri ise tersdir. Kuvvetlerin tesir çizgileri söz konusu elemanların geometrik eksenleri ile çakıştıklarından, bunlara etki yapan kuvvetler *eksenel kuvvetler* olarak tanımlanır. Şekil 1.1 c de ise elemana etki yapan, yönleri ters paralel kuvvetlerin tesir çizgileri farklı olduğundan elemanda kesme gerilmesi ortaya çıkmaktadır.



Şekil 1.1 Gerilme çeşitleri

Şekil 1.2 a da gösterilen çekmeye maruz, iki kuvvetin etki yaptığı bir elemanı inceleyelim. Elemanın her hangi bir kesit düzlemi altında kalan serbest cisim diyagramı şekil 1.2 b de gösterilmiştir. Elemanın bu

kısımını dengede kalabilmesi için kesit düzleminde etki yapan iç kuvvetlerin kesite normal olması ve bileşkelerinin (P), dış kuvvet (Q) ya eşit olması zorunludur. Bu iç kuvvetler tüm kesit yüzeyine dağılmıştır. Şekil 1.2 c de tipik bir dA diferansiyel alanına etki yapan dP kuvveti gösterilmiştir. Bu durumda ortaya çıkan normal gerilmenin (çekme gerilmesinin) matematiksel ifadesi:



Şekil 1.2. Normal (Çekme) geriliminin analizi

$$\sigma = \frac{d P}{d A} \text{ dir.}$$

Normal gerilme tüm kesit (A) alanına düzgün bir şekilde yayılmış ise (Şekil 1.1 d), normal (çekme) gerilme (σ) şöyle ifade edilebilir:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Formülde :

P = İç kuvvet

A = P kuvvetinin etki yaptığı kesit alanıdır.

Burada tekrar belirtilmesinde yarar anılan bir husus, iç kuvvet (P) nin dış kuvvete (Q) eşit olduğudur. Burada P ve Q kuvvetlerinin ayrı harflerle gösterilmesinin nedeni, sadece gerilmenin iç kuvvetin (P), etki yaptığı alana (A) oranına eşit olduğunu göstermek içindir.

Aynı yaklaşımla, her hangi bir kesitteki basma ve kesme gerilmelerinin de değerinin, bu kesitteki iç kuvvetler toplamının (P), söz konusu kesit alanına eşit olduğu gösterilebilir. Metrik sistemde gerilmenin boyutu, kuvvet kg, alan cm^2 alırsa kg/cm^2 , kuvvet ton, alan cm^2 ise ton/cm^2 dir.

Her hangi bir malzemenin, üzerine gelen yükün etkisi altında, kırılma anından biraz önce ortaya çıkardığı en yüksek direnç, o malzemenin maksimum gerilmesi olarak tanımlanır. Maksimum gerilme aynı zamanda yükleme hızına da bağlıdır. Örneğin, yavaş yüklemede ki maksimum gerilme, hızlı yüklemedekinden daha yüksektir. Cetvol 1.1 de belli başlı malzemenin yavaş yükleme koşulu altındaki maksimum gerilmeleri gösterilmiştir.

1.2 Emniyet Katsayısı

Her hangi bir yapı elemanının projelenmesinde önce söz konusu elemana etki yapan toplam kuvvet hesaplanır. Bundan sonra söz konusu eleman, üzerine gelen yükün etkisi altında devamlı bir deformasyon meydana getirmeyecek bir gerilme esas alınarak boyutlandırılır. Bu suretle elemanda müsaade edilen gerilme, maksimum gerilmesinden çok daha az olacaktır. Eğer mevcut yükleme altında her hangi bir yapı elemanında ortaya çıkan gerilme, maksimum gerilmenin ancak yarısı kadar ise o elemanın başarısızlığa karşı iki kat emniyeti vardır. Eğer elemandaki gerilme, maksimum gerilmenin sadece üçte biri kadarsa, elemanın başarısızlığa karşı emniyeti üç kattır. İşte her hangi bir elemandaki gerçek gerilme veya müsaade edilebilir gerilme (Emniyet gerilmesi) ile, o elemanı oluşturan malzemenin maksimum gerilmesi arasındaki ilişki, Emniyet katsayısı ile ifade edilir:

$$\text{Emniyet katsayısı} = \frac{\text{Maksimum gerilme}}{\text{Gerçek gerilme}}$$

Çizelge 1.1 Çeşitli malzemelerin maksimum gerilmeleri (Kg / cm²)

Malzeme	Çekme σ	Basma σ	Kıvrma σ	Elastik Modül (E)	
				Çekme ve Basma	Kıvrma
Düzensiz demir	3600		2800	1.881.000	772.300
Yapı çeliği	4900		3100	2.100.000	842.600
Krom-nikel çeliği	7030		5227	2.100.000	842.600
Kır dökümü		3625		842.600	
Alüminyum alaşımı	4700		3800	700.000	281.200
Sarı çam		600e		112.000	
Gökme		420e		84.300	
Betun çeliği I	3400	2400		2.100.000	
Betun çeliği II	3800	2600		2.100.000	
Betun (B 160)		160		140.000xx	
Betun (B 220)		225		140.000xx	

1) Malzemenin uygulamasında kullanılan gerilme çarptırı verilmiştir.

e) Lifiye pasatı

xx) Değer basınç içindir.

Örneğin, her hangi bir zinciri oluşturan çelik halkaların çekmeye karşı maksimum gerilmesi 3600 kg / cm², taşınmasına müsaade edilen yükün etkisi altında ortaya çıkan gerilme (emniyet gerilmesi) 1200 kg / cm² ise, bu zincir kopmaya karşı 3 kat emniyetlidir; yani emniyet katsayısı 3'dür.

$$\text{Emniyet katsayısı} = \frac{3600 \text{ kg / cm}^2}{1200 \text{ kg / cm}^2} = 3 \text{ dür.}$$

Her hangi bir yapı unsurunun, her noktadaki gerilme, o yapı unsurunun oluşturan malzemenin maksimum gerilmesinin altında bulunmalı ve yapı unsurunda kalan bir deformasyon ortaya çıkmaması için de oranı sınıra tekabül eden gerilmeden de küçük olmalıdır.

Bir yapı unsuruna etki yapan kuvvetler biliniyor ise, bu yapı unsurundaki gerilmeler hesaplanabilir. Hesaplanan gerilmenin aşım-yacağı ve bu suretle yapının hiç bir tehlikeye maruz bırakılmayacağı gerilme sınır değerine *Emniyet gerilmesi* denir.

Emniyet gerilmesinin saptanmasında, malzemeden alınan bir deney çubuğu üzerinde elde edilen maksimum (mukavemet) gerilme değerlerinden yararlıdır. Bununla beraber, bir yapı unsurunda, mukavemet gerilmesi değerinin, laboratuvarda elde edilenden çok daha küçük olabileceği görünümünde bulundurulmalıdır. Bu durumun nedenleri arasında, yapıya gelen yüklerin gerçek bir şekilde tayin edilmesinin güçlüğü, kullanılan malzemenin kalite seviyesi ve homojen olmaması söylenebilir.

Bu nedenle, yapı unsurunda belirli bir yükleme şartında hesaplanan gerilme, kullanılan malzemenin emniyet gerilmesinden büyük olmamalıdır. Çünkü uygulamadaki yük şartlarında yapı unsurunda ortaya çıkacak gerçek gerilme, hesaplanan gerilmeden önemli seviyede yüksek olabilir.

Emniyet gerilmesinin, yukarıda sözü edilen hesaplar ve uygulamanın koşulları görünümünde bulundurulularak her durum için ayrı ayrı tespit edilmesi gereklidir.

Kuvvet, gerilme ile kesit alanının çarpımına eşit olduğundan, emniyet gerilmesi ve maksimum (mukavemet) gerilme, emniyet ve mukavemet yüklerine çevrilebilir. Bu durumda:

$$\frac{\text{Mukavemet yükü}}{\text{Emniyet yükü}} = \text{Emniyet sayısı}$$

olacaktır. Mühendislik uygulamalarında kullanılan emniyet sayısı daima birden büyük bir değerdir.

Cetvel 1.2 de inşaatla kullanılan bir kısım malzemenin emniyet gerilmeleri verilmiştir.

Örnek 1. Verilen: Şekil 1.3 de gösterilen ahşap çatı makası

İstenen : Çatı makasında çubukların boyutlandırılması.

Çözüm :

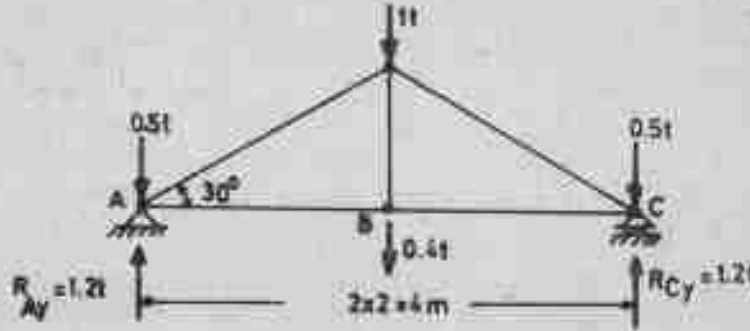
1. *Mesnet tepkileri :* Düşey yükleme söz konusu olduğundan mesnet tepkilerinin sadece düşey bileşenleri vardır. Simetrik yükleme

$$\text{nedeniyle } R_{Ay} = R_{Cy} = \frac{0,5 + 1 + 0,5 + 0,4}{2} = 1,2 \text{ t } \uparrow$$

Çevre 1.2 İsaat malzemesi emniyet gerilmeleri (kg / cm²)

Malzeme	Çekme σ_{em}	Buzma σ_{em}	Kıvrma σ_{em}
Yapı çeligi	1400	1400	800
Ahşap	100	80	10
Tufla duvar		3	1
Taş duvar		4	1
Hizmet duvarı		3 - 5	
Karpiç duvar		2.5	
Kahramanlık zemin		8 - 4	
Kıvrım zemin		0 - 3	
Beton (B 100)		50 - 70	
Beton Çelgi I	1200 - 1400	1200 - 1400	

D Uygulamada kullanılabilir gerilme çapıdır.

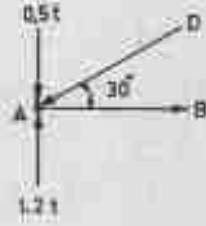


Şekil 1.5 Ahşap çatı makası

2. Çubuk kuvvetlerinin hesabı: Çatı makası simetrik olduğundan, makasın sol yarımındaki çubuk kuvvetleri, sağ yarısıyla simetrisindeki kuvvetlere bütün nitelikleri yönünden eşdeğer olacaktır. Yani, AD = DC, AB = BC olduğundan sadece AD, AB ve BD çubuk kuvvetlerinin hesaplanması ile yetinilecektir.

A. Döğümü: A döğümünün serbest cisim diyagramı çizilir, bilinen kuvvetler şiddetleri, doğrultuları ve yöleri ile işaretlenir. Bilinmeyen çubuk kuvvetleri için ise, döğümü denge koşulu dikkate alınarak birer

yön kabul edilir ve işaretlenir. Hesaplama sonucunda bulunan değer eksi (—) işaretli çıkar ise, doğru yön başlangıçta kabul edilenin tersi olacaktır.



$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0 \quad 1.2 - 0.5 - AD \sin 30^\circ = 0$$

$$0.7 - 0.5 AD = 0$$

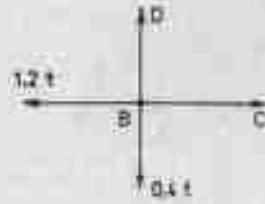
$$AD = \frac{0.7}{0.5} = 1.4 \text{ t basma (—)}$$

$$+ \rightarrow \Sigma F_x = 0 \quad AB - 1.4 \cos 30^\circ = 0$$

$$AB - 1.2 = 0$$

$$AB = 1.2 \text{ t çekme (+)}$$

B. Dügümü:



$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0 \quad BD - 0.4 = 0$$

$$BD = 0.4 \text{ t çekme (—)}$$

$$+ \rightarrow \Sigma F_x = 0 \quad BC - 1.2 = 0$$

$$BC = 1.2 \text{ t çekme (+)}$$

Not. Serbest cisim diyagramında yönü düğüme doğru olan çubuk kuvvetleri basma (—), yönü düğümden uzaklaşan çubuk kuvvetleri ise çekme (+) dir.

3. Makas elemanlarının kesitlerinin tayini: Makası teşkil eden elemanlar, aksenal çekme veya basma gerilmelerine maruzdur.

a) Çekme elemanlarının boyutlandırılması.

Çekme elemanları AB = BC ve BD dir. Ahşabın çekme emniyet gerilmesi $\sigma_{em} = 100 \text{ kg/cm}^2$ dir. (Cetvel 1.2) Bu durumda:

$$\sigma_{em} = \frac{P}{A} \text{ dan} \quad A = \frac{P}{\sigma_{em}} \text{ dir.}$$

AB = BC çubuklarının kesiti : (AB = BC = 1200 kg)

$$A = \frac{P}{\sigma_{em}} = \frac{1200 \text{ kg}}{100 \text{ kg/cm}^2} = 12 \text{ cm}^2$$

BD çubuğunun kesiti : (BD = 400 kg)

$$A = \frac{P}{\sigma_{em}} = \frac{400 \text{ kg}}{100 \text{ kg/cm}^2} = 4 \text{ cm}^2$$

b) Basınç elemanlarının boyutlandırılması:

Ahşabın basma emniyet gerilmesi $\sigma_{em} = 80 \text{ kg/cm}^2$ dir (Çevrel 1.2).

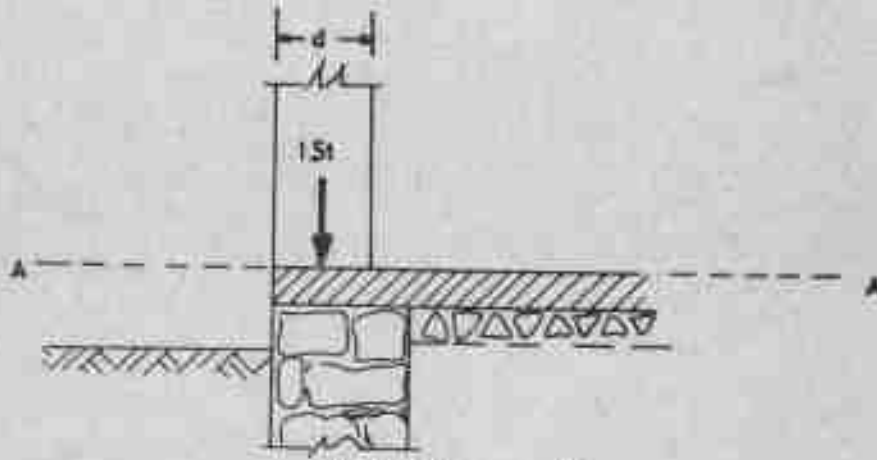
AD = BC = 1400 kg basma

$$A = \frac{P}{\sigma_{em}} = \frac{1400 \text{ kg}}{80 \text{ kg/cm}^2} = 17.5 \text{ cm}^2 \text{ dir.}$$

Çatı elemanlarında $5 \times 5 \text{ cm}$ (25 cm^2) den daha aşağı ahşap eleman kullanılmadığından, çatı makasını teşkil eden lihtün elemanlar $5 \times 5 \text{ cm}$ ahşaptan yapılabilir.

Örnek 2. Verilen Şekil 1.4 de gösterilen tuğla duvarın birim (1 metre) uzunluğunda, A - A zemin kat seviyesinde, kendi ağırlığı dahil gelen yük 15 tondur.

İstenen: Tuğlanın basma karşı emniyet gerilmesi $\sigma_{em} = 5 \text{ kg/cm}^2$ ise, duvarın bu yükü emniyetle taşıyabilmesi için A - A seviyesindeki kalınlığı (d) ne kadar olmalıdır.



Şekil 1.4 Tuğla duvar kesiti

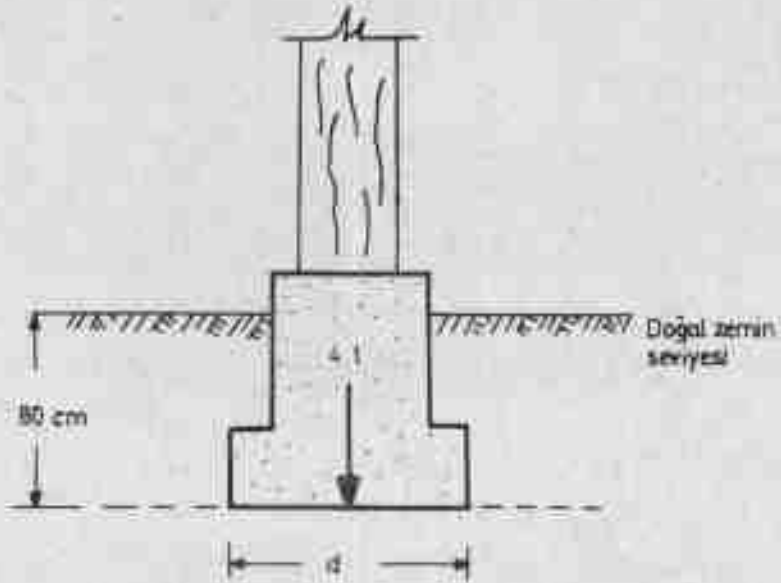
$$\text{Çözüm: } \sigma_{em} = \frac{P}{A} = \frac{P}{d \times 100 \text{ cm}}$$

$$d = \frac{P}{\sigma_{em} \times 100 \text{ cm}} = \frac{15000 \text{ kg}}{5 \text{ kg/cm}^2 \times 100 \text{ cm}} = 30 \text{ cm}$$

Duvar kalınlığı asgari $d = 30$ cm olmalıdır. Uygulamada bu duvar birbuçuk tuğla kalınlığında yani 33 cm yapılır.

Örnek 3. Verilen: Şekil 1.5 de gösterilen bir ahşap kolonun beton sömeline zemine iletilen yük 4 tondur.

İstenen: Taşıyıcı zeminin basınca karşı emniyet gerilmesi $\sigma_{em} = 1,6$ kg / cm², sömел boyutu ne kadar olmalıdır?



Şekil 1.5 Ahşap kolon ve beton sömел kesiti

Çözüm: Sömелin kare olarak projelendiği düşünülürse sömел alanı $A = d^2$ dir.

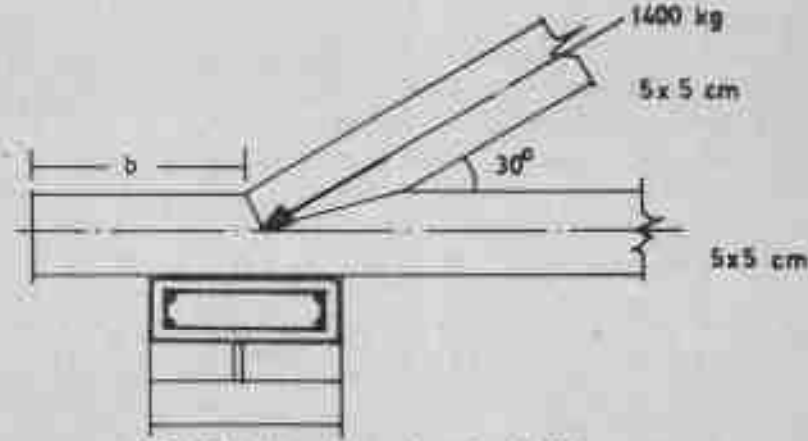
$$\sigma_{em} = \frac{P}{A} = \frac{P}{d^2}$$

$$d = \sqrt{\frac{P}{\sigma_{em}}} = \sqrt{\frac{4000}{1,6}} = \sqrt{2500} = 50 \text{ cm dir}$$

Şu halde sömелin boyutları 50 x 50 cm olmalıdır.

Örnek 4. Verilen: Şekil 1.6 da gösterilen çatı makası yanlamasından tabana 1400 kg. lık kuvvet iletilmektedir. Elemanların kesitleri 5x 5 cm dir.

İstenen: Ahşabın kesmeye göre emniyet gerilmesi $\sigma_{em} = 10 \text{ kg/cm}^2$ olduğuna göre, taban elemanının yatay kesmeden hasarlanmaması için (b) mesafesi ne kadar olmalıdır?



Şekil 1.8 Çatı mukamesi duvar üstündeki kama

Çözüm : Tabanda yatay kesme doğuran kuvvet yanlamadan 30° eğimle gelen $F = 1400 \text{ kg}$ lık kuvvetin yatay bileşeni (F_x) dir.

$$F_x = F \cdot \cos 30^\circ = 1400 \text{ kg} \times \cos 30^\circ = 1212 \text{ kg}$$

Yatay kesme gerilmesine maruz alan $A = 5 \times b \text{ cm}^2$. Bu nedenle:

$$\sigma_{em} = \frac{F_x}{A} = \frac{F_x}{5 \times b}$$

$$b = \frac{F_x}{5 \times \sigma_{em}} = \frac{1212}{50} = 24.24 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm dir.}$$

1.3 Gerilme ve Şekil Değiştirme İlişkisi

Statikte yapılar veya yapı elemanlarının üzerine gelen dış kuvvetlerin etkisi altındaki denge koşulları incelenirken, bu elemanların rijid yani dış kuvvetlerin etkisi altında şekil değiştirmedikleri kabul edilmiştir. Buna karşılık, yapı mukavemetine ilişkin problemlerin çözümlenmesinde yararlanılan temel prensiplerden birisi, bütün yapı malzemesinin yük altında deforme olduğu yani şeklini değiştirdiğidir. Yapı statığı ve mukavemeti arasındaki bu ilişki edilen kavram değişikliği hiç bir zaman unutulmamalıdır.

Yük altında her hangi bir yapı elemanında ortaya çıkan deformasyona "Şekil değiştirme" denir. Her hangi bir elemanda yük altında ortaya çıkan şekil değişiminin büyüklüğü, yüklemenin tipi ve miktarına, elemanın kesatine (boyutuna) ve elemanı oluşturan malzemenin katılığına bağlıdır. Şekil değiştirme ile bunu doğuran gerilme arasında bir ilişki kurulabilir.

Şekil değiştirme ve kuvvet arasındaki ilişki laboratuvar deneyleri ile tayin edilebilir. Bu amaçla en çok kullanılan deney tipi çekme deneyidir. Bu deneyde, malzemeden alınan standard boyutlu bir örnek, çekme cihazına yerleştirilir ve gittikçe artan bir çekme kuvvetine maruz bırakılır. Her hangi bir anda uygulanan kuvvete tekabül eden boyut değişikliği (Δ) ölçülür. Bu durumda birim deformasyon yani şekil değiştirme sayısı şöyle ifade edilir:

$$\epsilon = \frac{\Delta}{L}$$

Formülde:

- ϵ = Şekil değiştirme sayısı (Birim deformasyon)
- Δ = Boyut değişikliği (Uzama veya kısalma)
- L = Malzeme örneğinin başlangıçtaki uzunluğu.

Bu durumda şekil değiştirme sayısı, birim uzunluktaki deformasyon olarak tanımlanabilir.

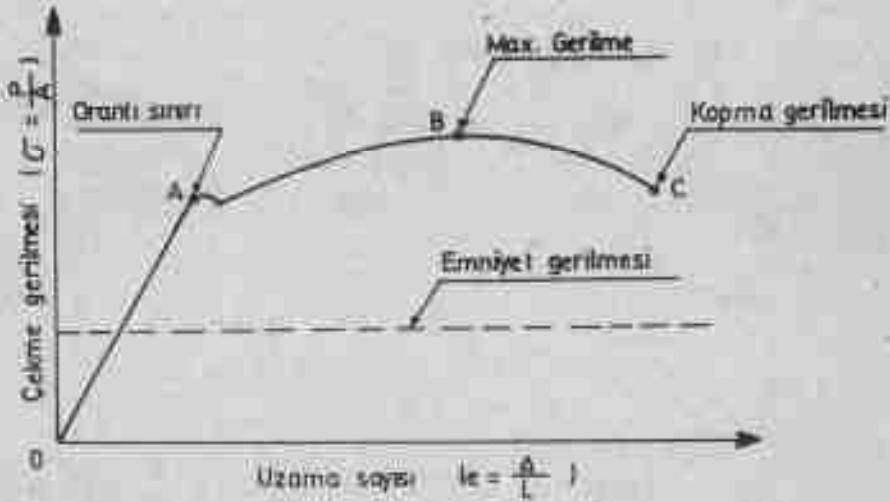
Aynı şekilde deney cihazında her hangi bir anda uygulanan kuvvetin, deney malzeme örneğinde ortaya çıkardığı gerilme şöyle ifade edilir:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Formülde:

- σ = Gerilme
- P = Uygulanan kuvvet
- A = Deneyde kullanılan malzeme örneğinin kesit alanı.

Yapı çeligi, çekme cihazında çekme kuvveti uygulandığında kopmandan önce önemli ölçüde uzayabilen bir malzemedir. Gerilme ile şekil değiştirme arasındaki ilişki, bu malzemenin Gerilme-Şekil değiştirme diyagramı ile gösterilebilir (Şekil 1.7). Diyagramın apsis eksenini şekil değiştirme sayısı (Örneğimizde uzama sayısı), ordinatı da gerilmeyi temsil etmektedir.



Şekil 1.7 Gerilme-Şekil Değiştirme Diyagramı

Bu diyagramın dikkatli bir şekilde incelenmesi proje mühendisine önemli bazı değerler verir.

Eğrinin, koordinat sisteminin orijininin (0), A noktasına kadar olan kısmında, gerilmenin, şekil değiştirme sayısına oranı sabit kabul edilebilir. Bu kabul çoğu yapı malzemesi için yeter derecede doğrudur. Hook Kanunu olarak bilinen bu oranda:

$$\frac{\sigma}{\epsilon} = \text{Sabit} = E \text{ dir.}$$

Formülde

σ = Gerilme (kg/cm^2)

ϵ = Şekil değiştirme sayısı (Uzama sayısı)

E = Elastiklik modülü (kg/cm^2) dir.

Formülün boyut analizinden görüleceği gibi Elastiklik modülü (E), gerilme boyutuna sahiptir. Bazı malzemenin elastiklik modülleri cetvel 1.2 de gösterilmiştir.

Gerilme-Şekil değiştirme eğrisinde, gerilme ile şekil değiştirme arasındaki doğru orantılı ilişkinin sona erdiği (A) noktası orantı sınırı olarak tanımlanır. Orantı sınırı, her hangi bir malzemenin elastiklik sınırına tekabül eder. Bu nokta malzemenin kalıcı bir deformasyona sebep olmadan maruz bırakılabileceği en yüksek gerilmeyi gösterir.

Eğer malzeme orantı sınırı (elastiklik sınırı) ötesinde bir gerilmeye tabi tutulursa, yük kaldırınca artık eski boyutunu almaz, malzemede

sürekli bir deformasyon kahr. A noktasının ötesindeki yük artığında, şekil değiştirme, gerilmedeki artışa kıyasla daha hızlı artar.

Eğrinin B ve C noktaları arasında malzeme plastik özellik gösterir. B noktası malzemenin maksimum (mukavemet) gerilmesini, C noktası ise kopma gerilmesini temsil eder.

Aynı şekilde, basma ve kesme kuvvetlerine maruz malzeme örnekleri için de Gerilme-Şekil değiştirme diyagramları elde edilebilir.

1.4 Yanal (Lateral) Şekil Değiştirme:

Poisson Oranı

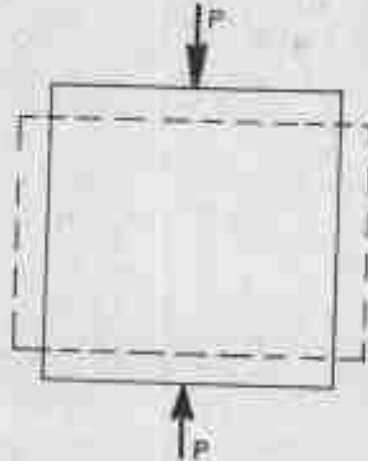
Eksenel yüklemeye maruz bir yapı elemanı ile sadece eksenel doğrultuda değil, yanal (lateral) yani yükleme doğrultusuna dik doğrultuda da bir boyut değişimi olur. Şekil 1.8 de eksenel basma yüküne maruz bir elemanda bu özellik gösterilmiştir. Söz konusu elemanın yük etkisi altında boyu kısalmaktadır. Elemanın hacmi sabit olduğundan, bu kısılmanın yanal (lateral) doğrultuda genişleme ile karşılanması zorunludur. Yanal şekil değiştirme sayısının eksenel şekil değiştirme sayısına oranı mühendislikte *Poisson Oranı* olarak bilinir.

$$\mu = \frac{e_L}{e} \quad \text{Formülle:}$$

μ = Poisson oranı

e_L = Yanal (lateral) şekil değiştirme sayısı

e = Eksenel şekil değiştirme sayısı.



Şekil 1.8 Yanal (lateral) şekil değiştirme

Bu durumda her hangi bir eleman, basma gerilmesine maruz ise, eksenel doğrultuda boyut kısılması, yanıl doğrultuda ise boyut uzaması olacaktır. Buna karşılık eleman çekme gerilmesine maruz ise, eksenel doğrultuda uzama, yanıl doğrultuda ise kısılma ortaya çıkacaktır. Burada belirtilmesi gereken önemli bir nokta, ortaya çıkan yanıl çekil değiştirmeden bir yanıl gerilmenin meydana gelmediğidir. Poisson oranı genellikle metaller için 0,25 - 0,35, beton için 0,10 - 0,30 arasında değişir.

Örnek 1. Verilen: Bir ahşap çatı makasının 1250 kg lık çekme kuvvetine maruz 5 x 5 cm kesitli 2 m uzunluğundaki elemanı.

İstenen: Ahşabın elastiklik modülü $E = 100\ 000\ \text{kg/cm}^2$ olduğuna göre, çatının bu elemanı ne kadar uzayacaktır?

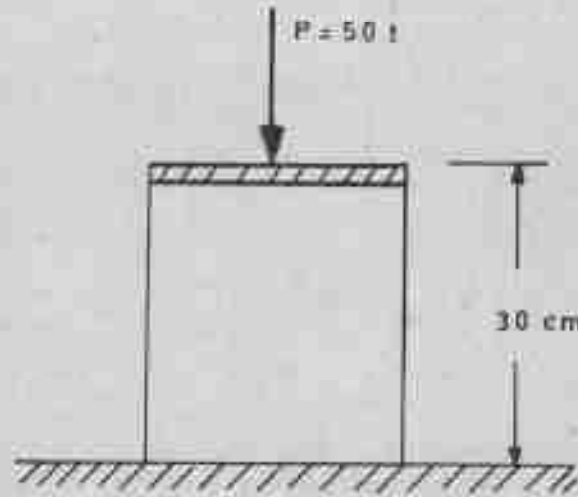
Çözüm:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{P/A}{\Delta/L} = \frac{PL}{A\Delta} \quad \text{Buradan}$$

$$\Delta = \frac{PL}{AE} = \frac{1250 \times 200}{5 \times 5 \times 100\ 000} = \frac{250\ 000}{2\ 500\ 000} = 0,1\ \text{cm}$$

bulunur.

Örnek 2. Verilen: Şekil 1.9 da gösterilen beton temel ayacağının kesiti 25x 25 cm dir.



Şekil 1.9 Beton temel ayacağı kesiti

İstenen: Betonun Poisson oranı $\mu = 0.20$ Elastiklik modülü $E = 140\ 000\ \text{kg/cm}^2$ olduğuna göre, eksenel 50 tonluk yükün etkisi altında ortaya çıkacak boyut değişmesini hesaplayınız.

Çözüm:

1. Eksenel şekil değiştirme:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{P/A}{\Delta/L} = \frac{PL}{\Delta A}$$

$$\Delta = \frac{PL}{AE} = \frac{50000 \times 30}{25 \times 25 \times 140000} = \frac{1.5 \times 10^6}{87.5 \times 10^6} = 0.017$$

$$\Delta = 0.017\ \text{cm kısılma.}$$

2. Yanal (Lateral) şekil değiştirme:

$$\mu = \frac{\epsilon_t}{\epsilon}$$

$$\epsilon_t = \mu \cdot \epsilon = \mu \cdot \frac{\Delta}{L} = 0.20 \times \frac{0.017}{30}$$

$$\Delta_t = \epsilon_t \times 25 = \frac{0.20 \times 0.017 \times 25}{30} = 0.0028\ \text{cm.}$$

1.5 Borular ve Silindirik Basınç Tankları

İnce cidarlı basınçlı borular ve silindirik tanklarda cidar bir membran gibi çalışır. Cidarda eğilme söz konusu değildir. Basınçlı borular ve silindirik tankların çapları, cidar (st) kalınlarının en az 20 katı ise, cidarda ortaya çıkan gerilmelerin hesabında aşağıda belirtilen yaklaşım uygulanabilir. Aksi takdirde, cidardaki maksimum gerilme, ortalamadan önemli ölçüde farklı olabileceğinden, uniform gerilme kabulü yapılamaz.

İnce cidarlı bir boru veya silindirik tank bir iç basınca maruz ise, cidardaki gerilme, basınç ortamsı ve cidardan uygun bir kesit düzlemi geçirilip, ortaya çıkan serbest cisim diyagramında statik denge denklemlerinin uygulanması ile hesaplanabilir.

Şekil 1.10 a'daki silindirik tankta, cidar kalınlığı (t), iç çap ($D = 2r$), söz konusu kesitteki basınç intensitesi (P) ve gerilmeye maruz cidar alanındaki gerilme σ dir. Tankın iç basıncı arttıkça tank boyula-

masına ve çevresel olarak uzama eğiliminde olacaktır. Bu nedenle, tankın cidarı hem boylamasına (Δ_L) ve hem de çevresel ($\Delta\varphi$) olarak çekme gerilmesine maruz kalacaktır (Şekil 1.10 a).

1. Çevresel çekme gerilmesinin (σ_c) hesabı

Çevresel çekme gerilmesinin hesaplanmasında önce tankın 1-1 ve 2-2 kesitleri arasındaki gerildi alanı, sonra çap doğrultusundaki 3-3 kesitinin yarımını serbest cisim diyagramı kullanılır (şekil 1.10 b,c, d). Çevresel gerilme (σ_c), bu gerilmeye maruz cidar alanı (A_c) ve basınç alanı (A_b) ile (Şekil 1.10 d, e, f) gösterilmiştir. Serbest cisim diyagramında:

$$\Sigma F_x = 0 \quad \sigma_c \cdot A_c - P \cdot A_b = 0$$

$$\sigma_c \cdot A_c = P \cdot A_b \quad \text{dir.}$$

Yani cidar gerilmesinin, kesitteki gerilmeye maruz cidar alanı ile çarpımı, iç basıncın kesitteki basınca maruz alan ile çarpımına eşittir:

$$A_c = 2t \cdot b \quad A_b = D \cdot b = b \cdot 2r \quad \text{dir.}$$

Bu değerler yerine konursa:

$$\sigma_c \cdot 2t \cdot b = 2r \cdot P \quad \sigma_c = \frac{P \cdot r}{t} \quad \text{elde edilir.}$$

Bu formül iç basıncı P olan bir boru hattı ve silindirik tankın cidar gerilmesinin hesabında kullanılır. Çapı sabit bir boru hattında veya silindirik tankta (düşey silindirik tank ve silolarda olduğu gibi) basınç eksenel olarak değişirse, cidardaki çevresel gerilme de değişeceğinden önce söz konusu kesit veya seviyedeki gerçek basıncın ($P = \gamma h$) değerlendirilmesi zorunludur.

Formülde, söz konusu malzemenin emniyet gerilmesi (σ_{em}) kullanılarak formül belirli bir şart altındaki boru veya silindirik tankın cidar (t) kalınlığının hesaplanmasında kullanılabilir;

$$t = \frac{P \cdot r}{\sigma_{em}}$$

Formülde:

t = Et kalınlığı (cm)

P = Söz konusu seviye veya kesitteki iç basınç (kg/cm²)

σ_{em} = Boru veya tankın yapıldığı malzemenin emniyet gerilmesi (kg/cm²)



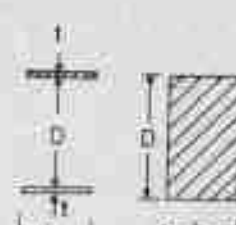
(b)



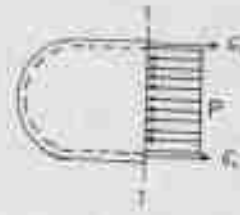
(c)



(d) Çerçevesel cidar gerilmesinin için serbest cisim diyagramı



(e) Gerilmeye maruz iç basıncın etkisi yaptığı alan (A_n) dar alan (A_c)



(f)

Eksenel cidar gerilmesinin için serbest cisim diyagramı



(g)

Gerilmeye maruz cidar alanı (A_c)



(h)

İç basıncın etkisi yaptığı alan

Şekil 1.10 Silindirik basınç tankında çerçevesel ve eksenel cidar gerilmesinin analizi

Yukarıdaki formül boru hattı veya tanktaki sadece statik basıncı dikkate almaktadır. Uygulamada ise özellikle boru hatları, aynı zamanda vanaların birden bire açılıp kapanmasından ortaya çıkan su darbesine ve kullanılmadan ortaya çıkan diğer sıvılara maruz kaldığından projelende et kalınlığının bu etkileri de karşılamak üzere belirli bir oranda artırılması gereklidir.

2. Silindirik basınç tanklarında aksenal cidar gerilmesinin (σ_L) nin hesaplanması :

Eksenel cidar gerilmesinin bulunmasında 1-1 kesitinin solunda kalan kısmın serbest cisim diyagramı çizilir (Şekil 1.10 g). Kesitteki aksenal gerilmeye maruz cidar alanı ve basınç ortamının alanı şekil 1.10 h ve i de gösterilmiştir. Basınç her hangi bir alana normal olarak etki yaptığından, sola doğru etki yapan basınç kuvveti, basınç entansitesi ile bu basıncı etki yaptığı alanın çarpımına eşittir. Serbest cisim $\Sigma F_x = 0$ denkleminin uygulanmasıyla:

$$\sigma_L \cdot A_c - P \cdot A_b = 0$$

$$\sigma_L \cdot A_c = P \cdot A_b \text{ dir.}$$

Yani aksenal cidar gerilmesinin, kesitteki gerilmeye maruz cidar alanı ile çarpımı, iç basıncın kesitteki basıncı maruz ortam alanı ile çarpımına eşittir.

$$A_c = \pi D \cdot t = 2 \pi r t \cdot A_b = \frac{\pi D^2}{4} = \pi r^2 \text{ dir.}$$

$$\sigma_L \cdot 2 \pi r t = P \cdot \pi r^2$$

$$\sigma_L = \frac{P \cdot r}{2 t} \text{ dir.}$$

Bu durumda, silindirik basınç tankındaki aksenal cidar gerilmesi, çevresel cidar gerilmesinin yarısına eşdeğer olmakta yani $\sigma_L = \sigma_c / 2$ dir. Bu nedenle, projellemenin emniyet yönünden sadece (σ_c) ye göre yapılması yeterlidir.

Örnek 1. Verilen: I_2 çapı $D = 60$ cm olan basıncı boru çelik hattındaki toplam su yükü $h = 300$ m dir.

İstenen: Çeliğin çekme emniyet gerilmesi $\sigma_{em} = 1400$ kg / cm² ise, boru hattında cidar (et kalınlığı) ne kadar olmalıdır?

Çözüm: Önce, $h = 300$ m'lik su yükü birim alanda etki yapan basınç etkisine çevrilir:

$$P = \gamma \cdot h = 1 \text{ t/m}^3 \cdot 300 \text{ m} = 300 \text{ t/m}^2 \text{ dir.}$$

Bu değeri boyut analiz yaparak kg/cm^2 ye çevirelim:

$$P = 300 \text{ t/m}^2 \times 1000 \text{ kg/1 t} \times 1 \text{ m}^2 / 10000 \text{ cm}^2 = 30 \text{ kg/cm}^2$$

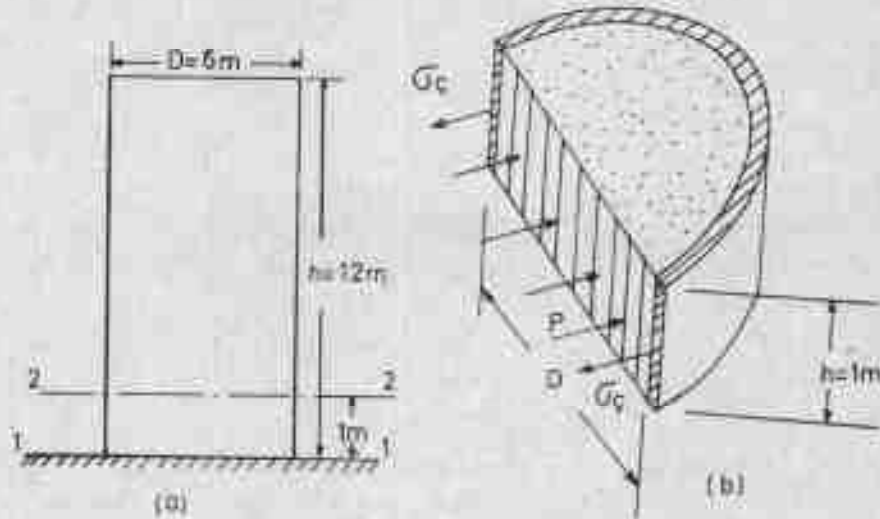
Et kalınlığı çevresel cidar gerilmesi (σ_c) dikkate alınarak hesaplanacaktır:

$$t = \frac{P \cdot r}{\sigma_{em}} = \frac{30 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{60}{2} \text{ cm}}{1400 \text{ kg/cm}^2} = \frac{900}{1400}$$

$$t = 0,64 \text{ cm veya } 6,4 \text{ mm. olmalıdır.}$$

Örnek 2. Verilen: Şekil 1.11 de gösterilen iç çapı $D = 6$ m, yüksekliği $h = 12$ m olan betonarme düşey silindirik yeşil yem silajın eşdeğer sıvı ağırlığı $\gamma = 0,225 \text{ t/m}^3$ dir. Beton çeliğinin çekme emniyet gerilmesi $\sigma_{em} = 1,4 \text{ t/cm}^2$.

İstenen: Silindirik silajın taban seviyesinden itibaren birim yüksekliği (1 metre) için gerekli demir kesit alanının hesaplanması.



Şekil 1.11. Düşey silindirik yeşil yem silajı.

Çözüm : Silo cidarı çevresel çekme gerilmesine maruzdur. Betonun ise çekmeye mukavemeti çok düşük olduğundan hesapta bu mukavemet dikkate alınmayacaktır. Yani cidardaki çevresel çekme gerilmesinin tamamı betonun içerisindeki demir tarafından karşılanacaktır.

Daha önce belirtildiği gibi (Şekil 1.10) cidar gerilmesinin, kesitteki gerilmeye maruz cidar alanı ile çarpımı, iç basıncın kesitteki basınca maruz alan ile çarpımına eşittir.

Yani:

$$\Sigma F_x = 0 \quad \sigma_c \cdot A_c = p \cdot A_D \text{ dir.}$$

Silonun taban seviyesinde :

$$A_c = F_c \text{ (Demir kesit alanı)}$$

$$P = \gamma \cdot h = 0.225 \times 12 = 2.7 \text{ t/m}^2$$

$$A_D = D \cdot 1m = 6m \times 1m = 6 \text{ m}^2$$

$$\sigma_D = \sigma_{em} = 1.4 \text{ t/cm}^2 = 1.4 \text{ t/cm}^2 \times 10^8 \text{ cm}^2/\text{m}^2$$

$$\sigma_{em} = 1.4 \cdot 10^8 \text{ t/m}^2$$

$$F_c = \frac{P \cdot A_D}{\sigma_{em}} = \frac{2.7 \times 6}{1.4 \times 10^8} = 11.6 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$F_c = 11.6 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \times \frac{10^8 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} = 11.6 \text{ cm}^2 \text{ dir.}$$

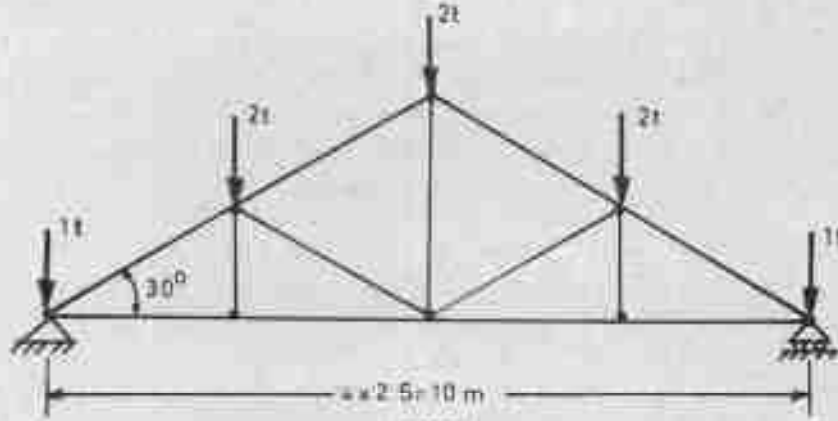
Bulunan $F_c = 11.6 \text{ cm}^2$ demir alanı silonun taban seviyesindeki birim yüksekliği (1 m) içindir. Bu alanı karşılamak üzere 20 em aralıkla 5 adet 18 lik ($F_c = 12.72 \text{ cm}^2$) demir kullanılabilir. Ayrıca, silo cidarlarına 60 - 75 em aralıkla ve aynı çapta düşey demirlerin de yerleştirilmesi zorunludur.

Problemler :

1. Şekil P. 1.1 de gösterilen ahşap çatı makası, 3 metre aralıkla duvara oturtulmuştur.

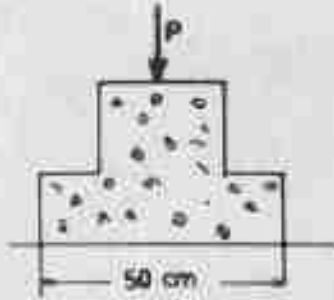
- Çubuk kuvvetlerinin kesitlerini hesaplayınız.
- Makaslar, 2.75 m yükseklikteki tuğla duvar üzerine atılan 25 cm betonarme hatıl üzerine oturtulmuştur. Tuğla duvarın zemin kat seviyesindeki kalınlığı ne olmalıdır?

- c) Makamın A düğüm noktası sıvanalı geçmeli yapılacak ise, kesme emniyeti için sıvananın kenarından olan mesafeyi hesaplayınız.

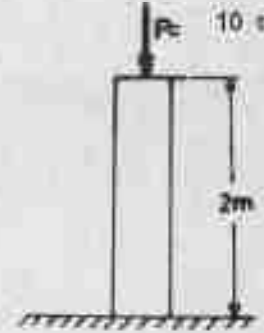


Şekil P.1.1

2. Şekil P. 1.2 de gösterilen temel ayacağının tabanı 50 x 50 cm dir. Zeminin emniyet gerilmesi 0,06 kg / cm² ise, bu ayacağın zemine emniyetle iletebileceği (P) yükünü hesaplayınız.
3. Şekil P. 1.3 de gösterilen 25 x 25 cm boyutundaki ahşap kısa kolonunun üzerine gelen 10 tonluk aksenal yük altındaki kısalmasını hesaplayınız.



Şekil P.1.2



Şekil P.1.3

4. Cidar (et) kalınlığı 6 mm, iç çapı 40 cm olan bir çelik boru hat-hattında 400 metre su yükü altındaki cidar gerilmesini hesaplayınız.

5. İ apı 60 cm olan bir elik boru hattının 30 atmosfer iç su basınında sahip olması gereken asgari idar (et) kalınlığını hesaplayınız.
6. apı 4 m, ykseklıği 6 m olan silindirik elik bir su deposunun, taban ve yanal idar kalınlığı asgari ne kadar olmalıdır?

2. KIRIŞLER

Kirişler genellikle boylamasına (eksenine) dik yük taşıyan yapı elemanı olarak tanımlanır. Kirişlerin yapımında genellikle kullanılan malzeme; ahşap, çelik ve demirli betondur.

Kirişler genellikle mesnetlendirilme şekillerine göre sınıflandırılır (Şekil 2.1) : 1) *Basit kiriş* : İki uçundan mesnetlenen (Birisi mafsal diğeri makara) ve bu iki mesnet arasında yük taşıyan kirişlerdir. 2) *Konsol kiriş* : Konsol kiriş sadece bir uçundan sabit (ankastre) olarak mesnetlenir ve uzunluğu boyunca yük taşır. 3) *Çıkmalı kiriş* : Bu tip kirişler basit kirişler gibi iki noktada mesnetlenirlerse de mesnetlerden sonra da çıkma halinde devam ederler. Çıkmalı kirişler mevcut koşula göre, tüm uzunluklarında yük taşıyabilirler. 4) *Mütemadi kiriş* : İki'den fazla noktada mesnetlenen, yani ara mesnetler üzerinde devamlı olan kirişlerdir. 5) *Ankastre kiriş* : İki uçundan sabit (ankastre) olarak mesnetlenmiş kirişlerdir.

Kirişlerin analiz edilmeleri ve projelendirmelerinde, bunların üzerlerine gelen yüklerin etkisi altındaki kesme, eğilme ve sarkı karakteristikleri ile ortaya çıkan gerilmelerin iyi bir şekilde anlaşılması zorunludur.

2.1 Kesme Kuvvetleri

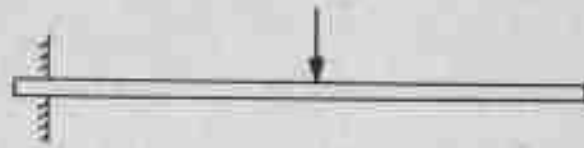
Her hangi bir kiriş, üzerine gelen yüklerin etkisi altında statik denge halinde ise, bu kirişin her parçası da dengede olacaktır. Şekil 2.2 de denge halindeki kirişin $x - x$ kesitinin solunda kalan kısmını inceleyelim.

Şekil 2.2 e de, $x - x$ kesitinin solunda kalan kısmın serbest cisim diyagramını gösterilmiştir. Bu parçanın denge halini koruyabilmesi için statığa üç denge denklemini ($\Sigma F_x = 0$, $\Sigma F_y = 0$ ve $\Sigma M = 0$) sağlanması zorunludur.

$x - x$ kesitinde ortaya çıkan kuvvet sistemi düşey bir V kuvveti ve M momentinden oluşmaktadır. Şimdi bu V kuvvetinin değerini hesaplayalım:



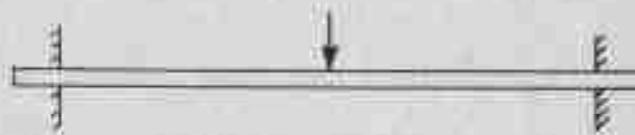
a) Basit kiriş



b) Konsol kiriş



c) Çıkmalı kiriş



d) Sabit mesnetli (Ankastre) kiriş



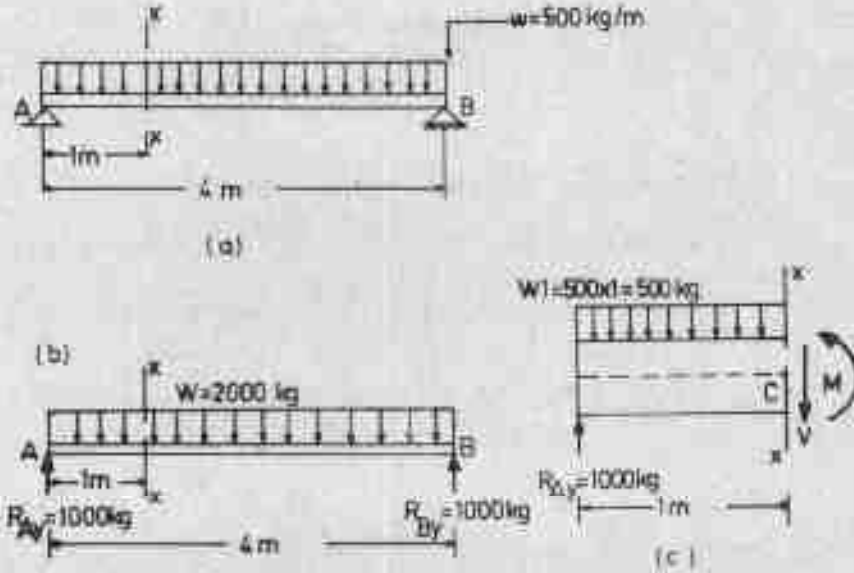
e) Mütemadi kiriş

Şekil 2.1 Kirişlerin mesnet geliştirilme göre sınıflandırılması

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0 \quad R_{mp} - W_1 - V = 0 \quad . \quad 1000 - 500 - V = 0$$

$$V = 500 \text{ kg}$$

Hesabedilen V kuvvetinin işaretinin artı(+) olması, bu kuvvete ilişkin başlangıçta kabul edilen yönün doğru olduğunu göstermektedir.



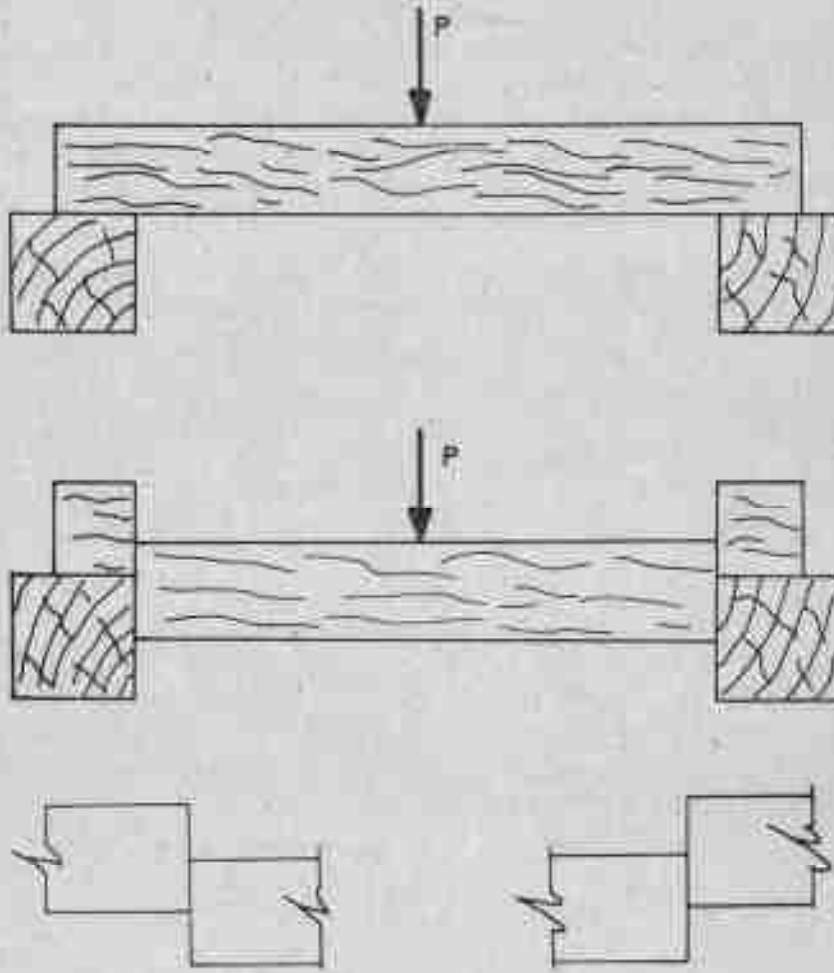
Şekil 2.3. Kirişlerde kesme ve eğilme momenti

Kesitte ortaya çıkan bu iç kuvvet V nin değeri, kesitin solundaki dış kesme kuvvetine mutlak değer bakımından eşit, fakat ters yönlüdür. Kirişin bu şekilde, bir parçasını diğerine nazaran kaydırmaya veya kirişi düşey olarak kesmeye çalışsan bu (V) kuvveti, kesme kuvveti olarak tanımlanır. Kesme kuvvetinin etkisi altında kiriş iki mezenet arasında kesilip düşme eğilimindedir (Şekil 2. 3).

Yukarıda yapılan hesaplamadan anlaşılacağı gibi, kiriş boyunca alınan her hangi bir kesitteki kesme kuvvetinin değeri, bu kesitin solundaki veya sağındaki bütün dış kuvvetlerin vektörel yani cebirsel toplamına eşittir. Bu tanım, uygulamada kolaylık sağlamak yönünden daha sistematik bir şekilde şöyle ifade edilebilir: Kirişin her hangi bir kesitindeki düşey kesme kuvvetinin değeri, kesitin solundaki kirişe etki yapan bütün kuvvetlerin, sol mezenet tepkisinden çıkarılmasına eşittir.

Bu işlem sonunda bulunan kesme kuvvetinin işareti (+) ise kesme kuvveti pozitif, (-) ise negatif olarak tanımlanır. Pozitif ve negatif kesme kuvvetinin etkisi şekil 2.4 de gösterilmiştir. Uygulamada kesme kuvveti genellikle (V) harfi ile gösterilir.

Kirişlerin analiz ve projelenmesinde mühendis, daha ziyade kesme kuvvetinin maksimum değeri ve kesme kuvvetinin yön değiştirdiği yani sıfır olduğu kesit ile ilgilendir. Kesme kuvvetinin yön değiştirdiği nokta



a) Pozitif kesme

b) Negatif kesme

Şekil 2.4 Pozitif ve negatif kesme kuvvetinin etkisi

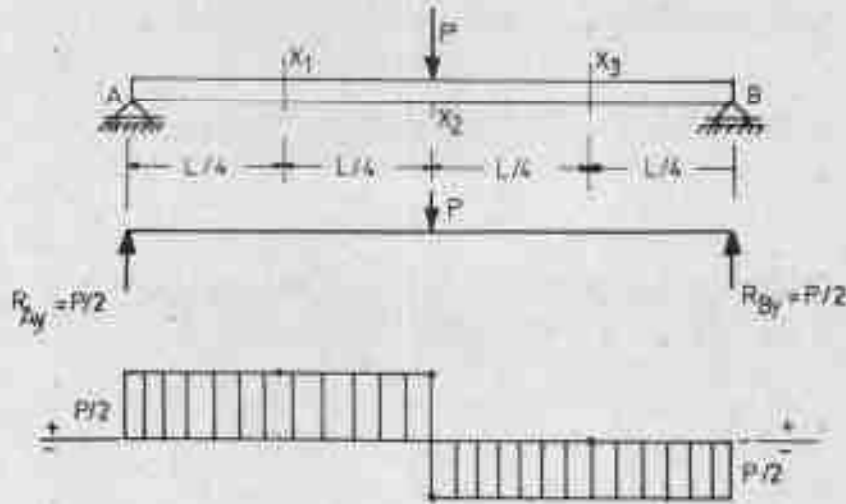
bundan sonraki kısımda görüleceği gibi kirişte eğilme momentinin maksimum olduğu yeri gösterir.

Yukarıda belirtilen hesap tekniğinin uygulanmasıyla, çeşitli bölgelerde yüklenmiş olan kirişlerin, boylamasına eksenine dik her kesitindeki düşey kesme kuvvetinin değeri bulunur ve bu değerden, söz konusu kirişe ilişkin kesme kuvvetleri diyagramı çizilebilir.

Kesme kuvvetleri diyagramının çizilmesinde ilk aşama, araştırılan kirişin eksenine paralel bir baz çizgisinin çizilmesidir. Söz konusu kirişin karakteristik noktalarındaki kesme kuvveti pozitif ise baz çizgisinin yukarıya doğru, negatif ise aşağıya doğru bir ölçek dahilinde işaretlenir. Baz çizgisi boyunca bu karakteristik noktalarındaki kesme kuvvetlerini gösteren noktaların birleştirilmesiyle elde edilen eğriye "Kesme Kuvvetleri Diyagramı" denir.

Örnek 1. Verilen: Açıklığı L olan basit bir kiriş ortasında bir P konsantr yükü ile yüklenmiştir (Şekil 2.5).

İstenen: Kirişin kesme kuvvetleri diyagramının çizilmesi.



Şekil 2.5 Ortasında P konsantr yükü ile yüklenmiş basit bir kirişin kesme kuvvetleri diyagramı

Çözüm:

1) Kirişin mesnet tepkileri: Simetrik yükleme nedeniyle:

$$R_{Ay} = R_{By} = \frac{P}{2}$$

2) Karakteristik noktalarda kesme kuvvetinin hesabı:

A mesnetinin hemen sağına sola:

$$V_A = \frac{P}{2} - 0 = \frac{P}{2}$$

x_1 kesitinin solu:

$$V_{x1} = \frac{P}{2} - 0 = \frac{P}{2}$$

x_2 kesitinin hemen solu:

$$V_{x2} = \frac{P}{2} - 0 = \frac{P}{2}$$

x_2 kesitinin hemen sağına solu:

$$V_{x2} = \frac{P}{2} - P = -\frac{P}{2} \quad (\text{Bu kesitte kesme kuvveti yön}$$

değiştiriyor, $+\frac{P}{2}$ den $-$

$\frac{P}{2}$ ye geçiyor, yani değeri
sıfırdır).

x_3 kesitinin solu:

$$V_{x3} = \frac{P}{2} - P = -\frac{P}{2}$$

B mesnedinin solu:

$$V_B = \frac{P}{2} - P = -\frac{P}{2}$$

Sekil 2.5 de gösterilen kesme kuvvetleri diyagramından anlaşılacağı gibi, kesme kuvveti A mesnedinden, yükün uygulandığı kiriş açıklığının

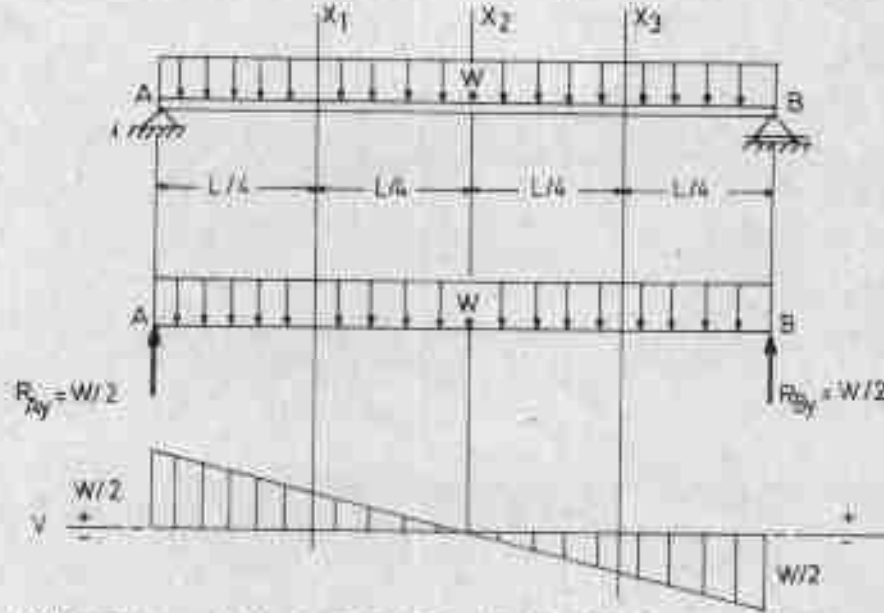
ortasına kadar $V = +\frac{P}{2}$ dir. Bu noktada kesme kuvveti $+$

$\frac{P}{2}$ den yön değiştirerek $-\frac{P}{2}$ olmakta, yani sıfırdan geçmektedir.

Bu noktadan, B mesnedine kadar ise kesme kuvvetinin değeri

$V = -\frac{P}{2}$ dir.

Örnek 2. Verilen: Açıklığı L olan bir basit kiriş, toplam değeri W olan düzgün yaylı yükle yüklenmiştir (Şekil 2.6).
İstenen: Kirişin kesme kuvvetleri diyagramının çizilmesi.



Şekil 2.6 Düzgün yaylı toplam W yükü ile yüklenmiş basit bir kirişin kesme kuvvetleri diyagramı

Çözüm:

1) Kirişin mesnet tepkileri:

Simetrik yükleme nedeniyle:

$$R_{AY} = R_{BY} = \frac{W}{2} \text{ dir}$$

2) Karakteristik noktalardaki kesme kuvvetinin hesabı:

A mesnedinin hemen sağındaki solu:

$$V_A = \frac{W}{2} - 0 = \frac{W}{2}$$

x_1 kesitinin solu:

$$V_{x_1} = \frac{W}{2} - \frac{W}{4} = \frac{W}{4}$$

x_2 kesitinin solu:

$$V_{x_2} = \frac{W}{2} - \frac{W}{2} = 0 \quad (\text{Bu noktada kesme kuvveti yön değiştiriyor}).$$

x_3 kesitinin solu:

$$V_{x_3} = \frac{W}{2} - \frac{3W}{4} = -\frac{W}{4}$$

B mesnedinin solu:

$$V_B = \frac{W}{2} - W = -\frac{W}{2}$$

Şekil 2.6 da gösterilen kesme kuvvetleri diyagramından anlaşılacağı gibi, kesme kuvveti A mesnedinde pozitif maksimum değerinden $(V_A = \frac{W}{2})$, kirişin orta noktasına kadar doğrusal bir şekilde azalarak, açıklık ortasında sıfır düşmekte, bu noktadan itibaren mutlak değer itibarıyla doğrusal bir şekilde artarak B mesnedinde negatif maksimum değerine ulaşmaktadır.

2.2 Eğilme Momenti

Eğilme momenti, kiriş üzerine gelen yüklerin, kirişi eğmek için sarfettiği enerjiyi temsil eder. Şekil 2.2 de gösterilen kirişin $x-x$ kesitindeki momentin değeri, kesitin sağındaki veya solundaki bütün kuvvetlerin kesit eksenini üzerindeki bir noktaya göre olan momentlerinin cebirsel toplamına eşittir. $x-x$ kesitindeki iç momentin değeri, kirişin sol parçası için $\sum M = 0$ denkleminin uygulanması ile bulunabilir. Şekilde M ile gösterilen bu moment serbest cisim diyagramının bir unsurudur. Kesit üzerinde işaretlenen C noktasına göre moment alırsak:

$$\begin{aligned} \sum M_C = 0 \quad & 1000 \times 1 - 500 \times 0,5 - M = 0 \\ & M = 750 \text{ kg} \cdot \text{m bulunur.} \end{aligned}$$

M nin işaretinin artı (+) olması, başlangıçta kabul edilen yönün doğru olduğunu göstermektedir.

İç moment M nin bu değeri daima, kesitin solundaki dış eğilme momentine mutlak değer bakımından eşit fakat ters yönlüdür. Diğer bir deyimle:

$$\sum M_{dış} = -\sum M_{iç} \quad \text{dir.}$$

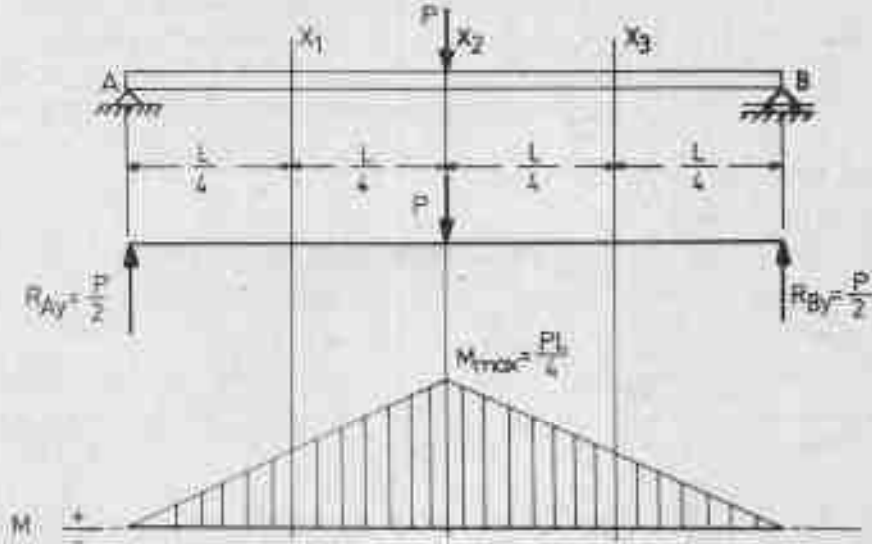
Bu eşitlikteki dış moment, bizim bu kısımda üzerinde durduğumuz eğilme momentidir.

Eğilme momentinin değeri, kiriş eksenini boyunca alınan çeşitli kesitlerde farklıdır. Belirli bir yükleme şartı altında, en uygun kiriş kesitinin tayininde, eğilme momentinin maksimum değeri gözönünde bulundurulur. Eğilme momentinin maksimum değeri ise, kesme kuvvetinin işaret değiştirdiği yani sıfır olduğu noktadadır.

Eğilme momentinin kirişin her hangi bir kesitindeki değeri, söz konusu kesitin sağında veya solundaki bütün kuvvetlerin momentlerinin cebirsel toplamına eşittir. Hesaplamaları kolaylık sağlamak üzere bu tanım daha sistematik bir şekilde şöyle ifade edilebilir: Kirişin her hangi bir kesitindeki eğilme momentinin değeri, sol mesnet tepkisinin kesite göre olan momentinden kesitin solunda kalan diğer kuvvetlerin kesite göre momentleri toplamının çıkarılmasına eşittir. Bu işlemde elde edilen değerlerin işareti (+) ise eğilme momenti pozitif, (-) ise negatiftir. Uygulamada eğilme momenti genellikle $kg - m$, $kg - cm$ veya $ton - cm$ olarak ifade edilir.

Proje mühendisi; kritik eğilme momentlerinin büyüklük ve işaretleri ile birlikte bunların yerleri ile de ilgili olduğundan kesme kuvvetlerinde olduğu gibi eğilme momentlerinin de bir lux çizgisine göre diyagramını çizilmesinde yarar vardır.

Örnek 1. Verilen: Açıklığı L olan basit bir kiriş, ortasında bir P konsantr yükü ile yüklenmiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Ortasında bir P konsantr. yükü taşıyan basit kirişin eğilme momenti diyagramı

İstenen: Kirişin eğilme momentleri diyagramını çizilmesi.

Çözüm:

1) *Kirişin mesnet tepkileri:*

$$\text{Simetrik yükleme nedeniyle: } R_{Ay} = R_{By} = \frac{P}{2}$$

2) *Karakteristik noktalarda eğilme momentinin hesaplanması:*

A mesnedinin hemen sağ tarafı sola:

$$M_A = \frac{P}{2} \times 0 = 0$$

x₁ kesitinin sola:

$$M_{x1} = \frac{P}{2} \times L/4 = 0 = \frac{PL}{8}$$

x₂ kesitinin sola:

$$M_{x2} = \frac{P}{2} \times \frac{L}{2} = 0 = \frac{PL}{4}$$

x₃ kesitinin sola:

$$M_{x3} = \frac{P}{2} \times \left(\frac{3L}{4} - 0 \right) = P \frac{L}{4} = \frac{PL}{4}$$

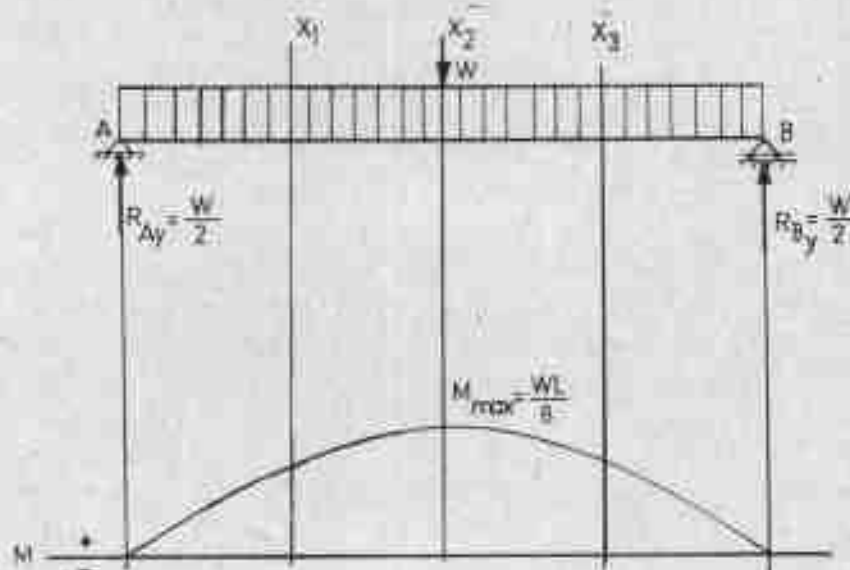
B mesnedinin sola:

$$M_B = \frac{P}{2} \times L - P \frac{L}{2} = 0$$

Şekil 2.7 de gösterilen eğilme momenti diyagramından anlaşılacağı gibi, eğilme momentinin değeri mesnetlerde sıfır, kesme kuvvetinin yön değiştirdiği yani sıfır olduğu açıklık ortasına doğru doğrusal bir şekilde artmakta ve açıklık ortasında maksimum değerine

$\left(M = \frac{PL}{4} \right)$ ulaşmaktadır.

Örnek 2. Verilen: Açıklığı L olan basit bir kiriş, toplam değeri W olan düzgün yaylı yüküyle yüklenmiştir (Şekil 2.8).
İstenen: Kirişin eğilme momentleri diyagramının çizilmesi.



Şekil 2.8 Düzgün yaylı toplam W yükü ile yüklenmiş basit bir kirişin eğilme momentleri diyagramı

Çözüm:

1) *Kiriş moment tepkileri:*

Simetrik yükleme nedeniyle: $R_{Ay} = R_{By} = \frac{W}{2}$ dir.

2) *Karakteristik noktalardaki eğilme momentinin hesaplanması:*

A mesnetinin hemen sağının solu:

$$M_A = \frac{W}{2} \times 0 = 0$$

x_1 kesitinin solu:

$$M_{x1} = \frac{W}{2} \times \frac{L}{4} - \frac{W}{4} \times \frac{L}{8} = \frac{3WL}{32}$$

x_2 kesitinin solu

$$M_{x_2} = -\frac{W}{2} \times \frac{L}{2} - \frac{W}{2} \times \frac{L}{4} = -\frac{WL}{8}$$

x_3 kesitinin solu:

$$M_{x_3} = -\frac{W}{2} \times \frac{3L}{4} - \frac{3W}{4} \times \frac{3L}{8} = -\frac{3WL}{32}$$

B mesnedinin hemen solu:

$$M_B = -\frac{W}{2} L - W \frac{L}{2} = 0$$

Şekil 2.8 de gösterilen eğilme momenti diyagramının tetkikiinden anlaşılacağı gibi, moment kirişin her noktasında pozitiftir. Eğilme momentinin değeri mesnetlerde sıfır, açıklığın ortasına doğru eğrisel bir şekilde artarak ortada maksimum değerine $\left(M = \frac{WL}{8}\right)$ ulaşmaktadır.

Örnek 3. Verilen: Açıklığı L olan bir konsol kiriş ucunda P konstantre yükü taşımaktadır (Şekil 2.9).

İstenen: Kirişin eğilme momenti diyagramının çizilmesi.

Çözüm:

1) Mesnet tepkileri:

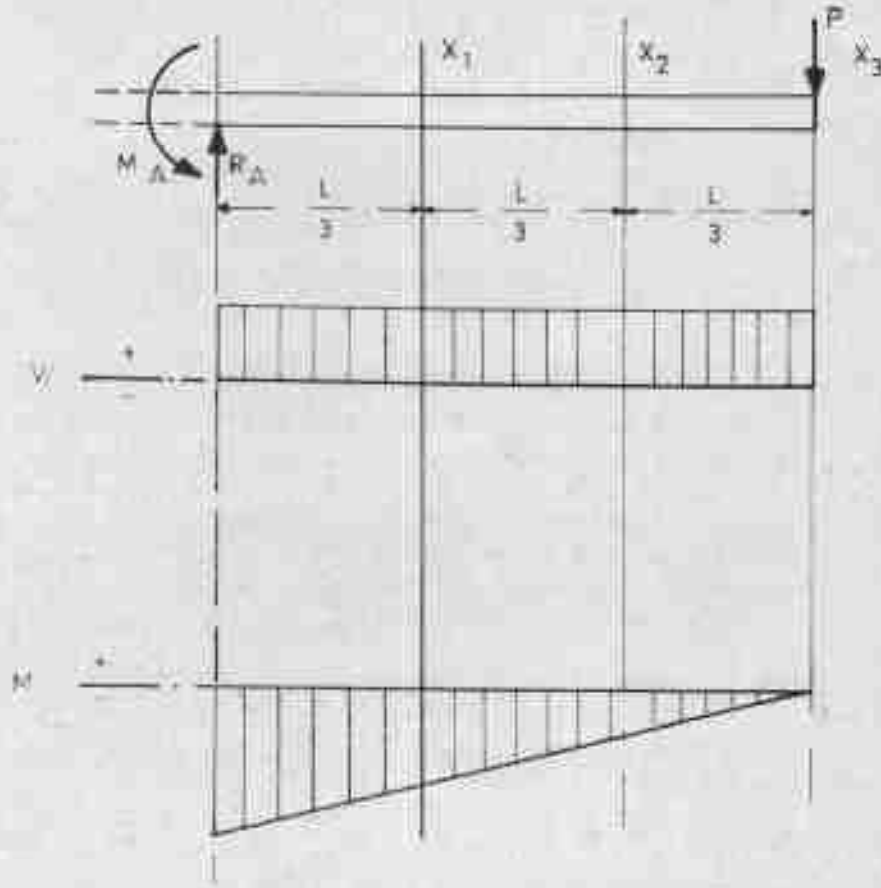
$$\begin{aligned} \rightarrow \Sigma F_x &= 0 & R_{Ax} &= 0 \\ \uparrow \Sigma F_y &= 0 & R_{Ay} &= 0 \therefore R_{Ay} = P \uparrow \\ + \Sigma M_A &= 0 & M_A - PL &= 0 \therefore M = PL \\ & & (M = \text{Mesnet momenti}). & \end{aligned}$$

2) Karakteristik noktadaki eğilme momentinin hesabı:
Kirişin A mesnedinin hemen sağının solu:

$$M_A = P \times 0 - M = P \times 0 - PL = -PL$$

x_1 kesitinin solu:

$$M_{x_1} = P \frac{L}{3} - M = P \frac{L}{3} - PL = -\frac{2PL}{3}$$



Şekil 2.9 Uzunluk P yoğunlukta yükü taşıyan bir konsol kirişin eğilme momenti diyagramı

x_2 kesitinin sola:

$$M_{x_2} = P \frac{2L}{3} - M = \frac{2PL}{3} - PL = -\frac{1}{3} PL$$

x_1 kesitinin sola:

$$M_{x_1} = PL - PL = 0$$

Şekil 2.9 da gösterilen eğilme momenti diyagramının tetkikinden anlaşılacağı gibi, eğilme momenti kirişin her kesitinde negatiftir. Mesnette maksimum olan negatif eğilme momenti, kirişin ucuna doğru doğrusal bir şekilde azalarak kirişin ucunda sıfır değerine ulaşmaktadır.

Çeşitli yükleme koşullarındaki eğilme momenti diyagramlarının tetkikinden aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşmak mümkündür:

1) Düzgün yayılı yükle yüklenmiş kirişlerde eğilme momenti diyagramı ikinci dereceden matematiksel bir eğridir.

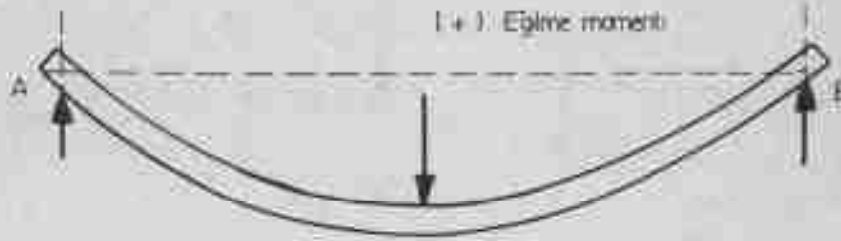
2) Düzgün olmayan yayılı yükle yüklenmiş kirişlerde eğilme momenti diyagramı, üçüncü dereceden matematiksel bir eğridir.

3) Hiç bir yükleme koşulunda yatay bir doğrudan oluşan moment diyagramını elde edilmemektedir.

4) Konsantre yüklere ilişkin moment diyagramı doğrusal veya kırık doğru parçalarından oluşmaktadır.

Proje mühendisi için kirişin her hangi bir kesiminde eğilme momentinin hem yönü hem de büyüklüğü önemlidir.

Kirişin her hangi bir kesiminde eğilme momenti pozitif olduğu takdirde, kiriş şekil 2.10 da gösterildiği biçimde eğilir. Bu durumda kiriş kesimin üst lifleri basınca, alt lifleri ise çekmeye maruzdur.



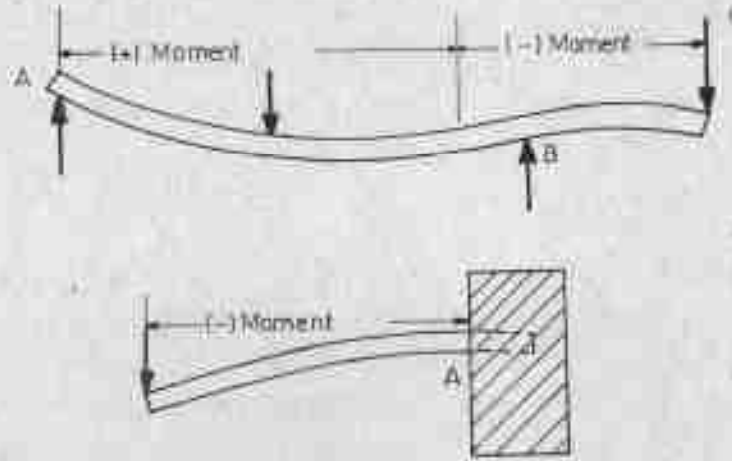
Şekil 2.10 Pozitif eğilme momenti etrafında kirişin eğilmesi

Buna karşılık, kirişin her hangi bir kesiminde eğilme momenti negatif olduğu takdirde, kiriş şekil 2.11 de görüldüğü biçimde eğilecektir. Bu durumda kirişin üst lifleri çekme, alt lifleri ise basınç gerilmesine maruzdur.

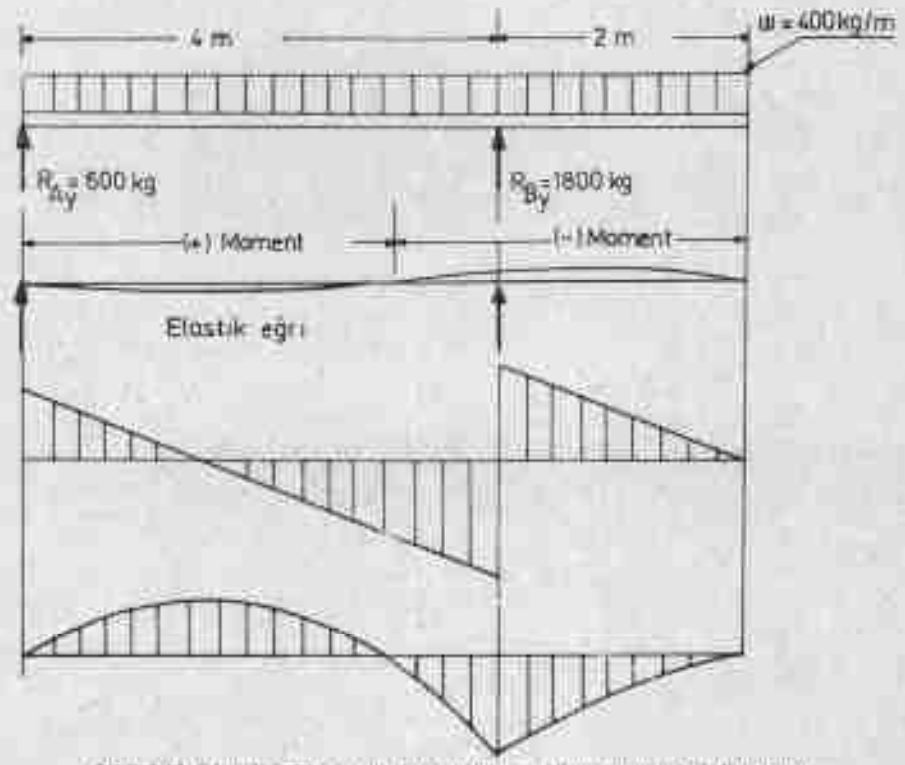
Diğer taraftan kirişin her hangi bir kesiminde, eğilme momentinin değeri sifıra eşitse, kiriş bu kesimde eğilmaz yani kirişin eksenini doğru bir çizgi halinde muhafaza eder.

Örnek 4. Verilen: Şekil 2.12 de gösterilen çıkmalı kiriş

İstenen: Kirişin kesme kuvvetleri ve eğilme momenti diyagramının çizilmesi.



Şekil 2.11. Negatif eğilme momenti etkişi altında kirişin eğilmesi



Şekil 2.12. Çekmeli kirişin kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri diyagramı

Cözüm:

1) *Moment tepkileri:* $W = 400 \text{ kg/m} \times 6 \text{ m} = 2400 \text{ kg}$
 $\sum M_A = 0 \quad 2400 \times 3 - R_{By} \times 4 = 0$

$$R_{By} = \frac{7200}{4} = 1800 \text{ kg} \uparrow$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0 \quad 1800 - 2400 + R_{Ay} = 0$$

$$R_{Ay} = 600 \text{ kg} \uparrow$$

2) *Kesme kuvvetlerinin hesabı:*

$$V_x = R_{Ay} - 0 = 600 \text{ kg}$$

$$V_{(x=4\text{m})} = 600 - 1600 = -1000 \text{ kg}$$

$$V_{(x=4\text{m}^+)} = 600 + 1800 - 1600 = 800 \text{ kg}$$

$$V_{(x=6\text{m})} = 600 + 1800 - 2400 = 0$$

Momentler arasında kesme kuvvetinin yön değiştirdiği yani sıfır olduğu noktayı A mesnedinden olan uzaklığın hesabı:

$$V_x = V_A - w \cdot x = 0$$

$$V_x = 600 - 400 \cdot x = 0$$

$$x = \frac{600}{400} = 1,5 \text{ m}$$

3) *Eğilme momentlerinin hesabı:*

$$M_A = R_{Ay} \cdot 0 - 0 = 0$$

$$M_{(x=1,5\text{m})} = 600 \times 1,5 - 400 \times 1,5 \times \frac{1,5}{2} = 450 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$M_{(x=4\text{m})} = 600 \times 4 - 400 \times 4 \times \frac{4}{2} = -800 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$M_{(x=6\text{m})} = (600 \times 6 + 1800 \times 2) - 400 \times 6 \times 3 = 0$$

Yukarıdaki noktalar eğilme momentinin şeklini karakterise etmeye yeterli ise de, düzgün yayılı yük şartında moment eğrisi eğrisel olduğundan bu eğrinin sıhhatli bir şekilde çizilmesi, daha bir kaç noktada da moment hesaplamasını gerekli kılabilir.

Kesme kuvvetleri diyagramından görüleceği gibi, kesme kuvvetinin sıfır olduğu iki nokta vardır. Bunlar $x = 1.5$ m ve $x = 6.0$ m dir. Eğilme momenti diyagramı, birisi pozitif, diğeri de negatif olmak üzere iki noktada eğilme momentinin maksimum olduğuna göstermektedir. Homojen malzemeden oluşan kirişlerin analiz ve projelendirilmesinde, proje mühendisi, eğilme momentinin negatif veya pozitif olmasına bakmadan sadece en büyük değeri ile ilgilenir. Kesme kuvvetleri diyagramı ise bu noktalardan hangisinde eğilme momentinin mutlak değerinin daha büyük olduğunu göstermez. Bu nedenle, kesme kuvvetleri diyagramında kesme kuvvetinin yön değiştirdiği yani sıfır olduğu noktalarda eğilme momentinin hesaplanması zorunludur. Ancak bu şekildeki hesaplama sonucunda eğilme momentinin nerede en büyük olduğu bulunabilir. Örneğimizde eğilme momentinin maksimum değeri $- 800$ kg - m dir.

Eğilme momenti diyagramından görüleceği üzere mesnetler arasında bir noktada eğilme momenti yön değiştirmekte yani sıfırdan ($M=0$) geçmektedir. Bu nokta dönüm noktası olarak tanımlanır. Dönüm noktasından itibaren eğilme momenti eğrisinin eğriliği ters çevrilmekte, yani konkavsa konveks, konveks ise konkava geçmektedir. Bu noktanın etüdü, özellikle betonarme kirişlerde çok önemlidir. Zira bu noktaların sağında ve solunda çekme bölgeleri alttan üste veya üstten alta geçtiğinden çekme demirleri duruma uyacak şekilde bükülmelidir.

Örneğimizde, sol mesnetten itibaren $M = 0$ yani dönüm noktasına olan mesafe:

$$M_x = (600 \cdot x) - \left(400 \cdot x \cdot \frac{x}{2} \right) = 0$$

$$600 \cdot x - 200 \cdot x^2 = 0$$

$$600 - 200 \cdot x = 0$$

$$x = \frac{600}{200} = 3 \text{ m dir.}$$

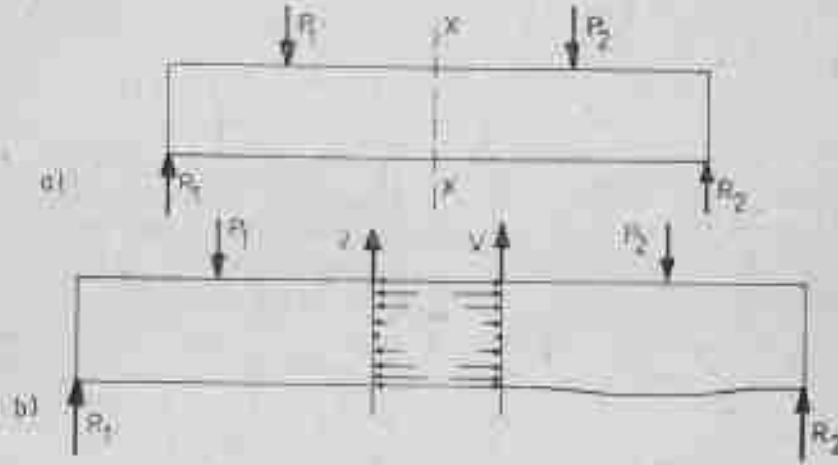
Moment diyagramının tetkikinden, bu diyagramın sol mesnet ve dönüm noktaları arasında simetrik olduğu görülür.

2.3 Kirişlerde Kesme Gerilmeleri

Kirişler üzerine gelen yüklerin etkisi altında statik yönden dengede ise, bu şartlar altında kirişin her hangi bir kesitinde ortaya çıkan geril-

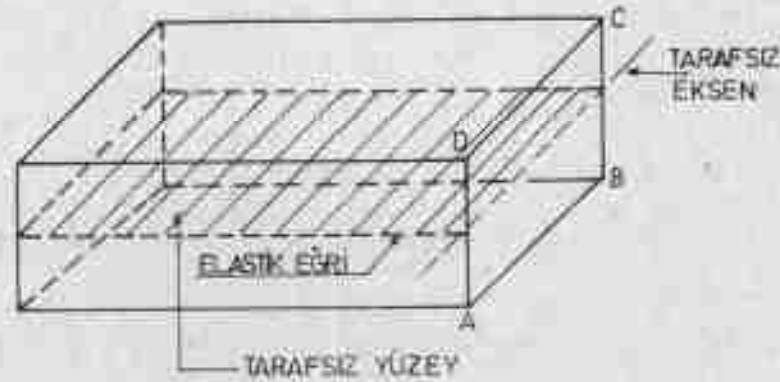
meler, kesitin her iki tarafındaki dış kuvvetleri denge halinde tutacaktır. Burada sözü edilen dış kuvvetlerin, kirişin ağırlığı dahil üzerine gelen bütün yükler ile mesnet tepkilerinden oluştuğuna daha önce değinilmiş idi.

Şekil 2.13 de gösterilen kirişin x-x kesitinde iki parçaya ayrıldığını kabul edelim. Denge şartının korunabilmesi için kesit yüzeylerinde şekil 2.13 b de gösterilen kuvvetlerin bulunması zorunludur. Bu kuvvetler kesit alınmadan önce kiriş liflerinde mevcut olan kuvvetlerdir.



Şekil 2.13 Kiriş gerilmeleri

Diğer taraftan şekil 2.13 de gösterilen kiriş yüklendiği zaman, yük etkisi altında kirişin üst yüzü konkav, alt yüzü ise konveks olma eğilimindedir. Bu durumda kirişin üst yüzeyindeki lifleri basınca maruz kaldığından kısalma, alt yüzeyindeki lifleri ise çekmeye maruz bulunduğundan uzama eğilimindedir. Kirişin üst ve alt yüzeyleri arasında, eğilme esnasında hiç bir gerilmeye maruz kalmayan yani gerilmenin sıfır olduğu bir eğrisel yüzey bulunur. Deneysel metodların uygulanmasında, kiriş kesitinde ortaya çıkan çekme ve basma gerilmelerinin büyüklüğünün, gerilmenin sıfır olduğu bu eğrisel yüzeyden olan uzaklıkla doğru orantılı olduğu görülür. Bu eğrisel yüzeye *Tarafsız yüzey*, tarafız yüzeyin, kirişten alınan her hangi bir kesitte teşkil ettiği çizgiye de *Tarafsız eksen* denir (Şekil 2.14) Homojen maddeden yapılmış dikdörtgen kesitli kirişlerde, tarafız eksen kesitin sentroidinden geçen kesit tabanına paralel eksenini ile çakışaktır.

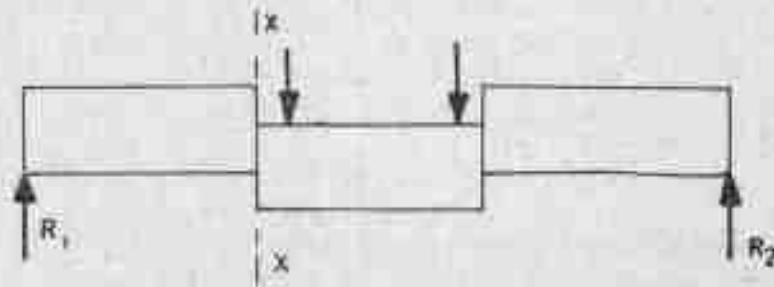


Şekil 2.11 Kirişin tarafsız yüzey ve tarafsız eksen.

2.3.1. Düşey Kesme Gerilmesi

Ağır yükü yüklenmiş kısa bir kiriş, şekil 2.13 de gösterilen tipte kesilerek başarmışlığa uğrayabilir. Kiriş üzerine gelen yükün etkisi altında başarmışlığa uğramış veya uğramamış, böyle bir kesme eğilimi her kirişte mevcuttur. $x-x$ kesiti dikkate alındığı takdirde, bu kesme eğiliminin, o kesitteki düşey kesme kuvvetine denk olduğuna daha önce değinilmişti. Eğer kiriş, üzerine gelen yüklerin etkisi altında statik dengeli koruyor ise, bu durumda, her hangi bir kesme veya hareket gerçekleşmediğinden, söz konusu kesitte ortaya çıkan *düşey iç kesme gerilmeleri* kesitteki kesme kuvvetini karşılar. Bu durumda, düşey kesme kuvvetine karşı koyan, bu iç kesme gerilmelerinin kesit yüzeyinde düzgün bir şekilde dağıldığı kabul edilirse, kiriş kesitinde ortaya çıkan düşey kesme gerilmesi şöyle ifade edilir:

$$\tau_{ok} = \frac{V}{A}$$



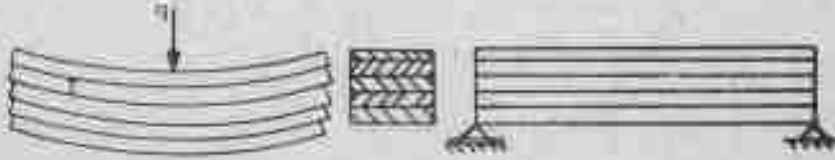
Şekil 2.13 Düşey kesme gerilmesi.

Formülde:

- f_{dx} = Düşey kesme gerilmesi
 V = Sız konusu kesitteki kesme kuvveti
 A = Kesit alanı

2.3.2 Yatay Kesme Gerilmesi

Yük altındaki bir kiriş düşey kesme yanında yatay doğrultuda da kesme gerilmelerine maruzdur. Şekil 2.16 da gösterildiği gibi üst üste levhalardan oluşmuş bir kiriş yüklendiği zaman, bitişik levhalar ortak yüzeylerinde bir diğeri üzerinde kayma eğiliminde olacaktır. Böyle bir eğilim, normal kesitli kirişlerde de olmakla beraber, kiriş liflerinde ortaya çıkan gerilmeler böyle bir kaymayı karşılar.



Şekil 2.16 Kirişlerde yatay kesme gerilmesi

Yatay kesme nedeniyle kirişlerde ortaya çıkan kesme gerilmeleri, kesit boyunca düzgün bir şekilde dağılmaz. Yatay kesme gerilmesinin değeri kirişin tarafsız yüzeyinde maksimum, alt ve üst yüzeylerinde ise sıfırdır.

Homojen maddeden yapılmış kirişlerde yatay kesme gerilmesinin maksimum değerini veren genel formül şöyle ifade edilir (Şekil 2.17):

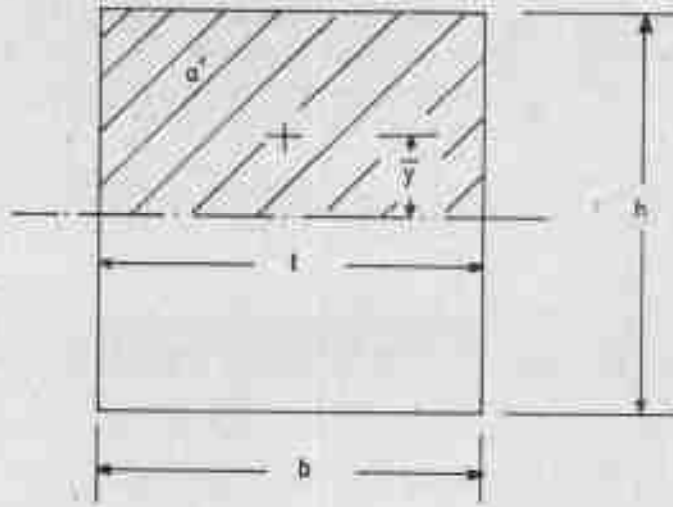
$$f_{yx} = \frac{V}{I_x} \cdot a \cdot \bar{y}$$

Formülde:

- f_{yx} = Maksimum yatay kesme gerilmesi
 V = Kesme kuvvetleri diyagramından elde edilen maksimum kesme kuvveti
 I = Sentrroidten geçen tarafsız eksene göre kiriş kesitinin atalet momenti
 t = Tarafsız eksen seviyesinde kiriş kesitinin genişliği

- \bar{a} = Tarafsız eksenin altındaki veya üstündeki kesit alanı
 \bar{y} = Tarafsız eksen den \bar{a} alanın sentroidine olan mesafe

Uygulamada çoğunlukla seçilen kiriş kesiti dikdörtgen olduğundan, dikdörtgen kesitli kirişler için maksimum yatay kesme gerilmesini veren formül şöyle ifade edilebilir (Şekil 2.17):



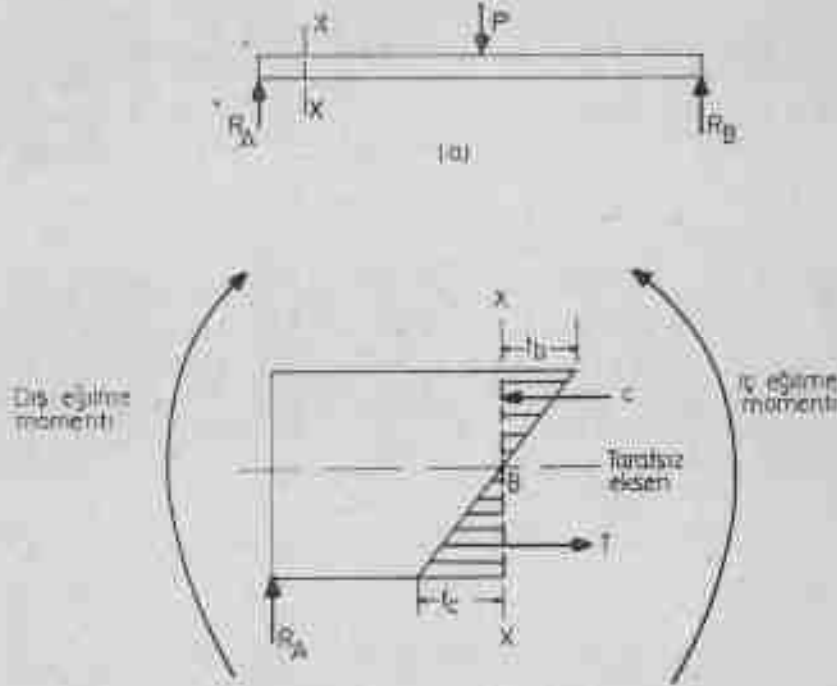
Şekil 2.17 Kiriş kesitine ilişkin tanımlar

$$\begin{aligned} \tau_{yk} &= \frac{V}{I_t} \bar{a} \bar{y} \\ &= \frac{V}{(bh^3/12) \cdot (b)} \left(b \frac{h}{2} \right) \left(\frac{h}{4} \right) \\ &= \frac{3}{2} \times \frac{V}{bh} = \frac{3}{2} \times \frac{V}{A} \quad \text{dır.} \end{aligned}$$

Formüldeki V/A terimi, kiriş kesitindeki ortalama düşey kesme gerilmesini temsil etmektedir. Bu durumda her hangi bir kiriş kesitindeki maksimum yatay kesme gerilmesi, o kesitteki ortalama düşey kesme gerilmesinin 1.5 katına eşit olmaktadır. Bu nedenle, kirişlerin analizi ve projelendirilmesinde düşey kesme gerilmesi yerine, yatay kesme gerilmesi yönünden kontrol yapılır.

2.4 Kirişlerde Eğilme Gerilmesi

Şekil 2.18 de gösterilen kiriş, üzerine gelen yüklerin etkisi altında statik denge durumundadır. Şekil 2.18 b de, x-x kesitinin solunda kalan parça büyülmüş olarak görülmektedir.



Şekil 2.18 Yük etkisi altında, kiriş kesitinde, dış kuvvetlerin ortaya çıkardığı eğilme momenti ile iç kuvvetlerin ortaya çıkardığı mukavemet momenti arasındaki ilişki

Şimdi bu x-x kesitinde, kiriş liflerinde yıklama nedeni ile eğilme momentinden ortaya çıkan iç gerilmeleri inceleyelim. Şekil 2.18 b de gösterilen serbest cisim diyagramında, sol mesnet tepkisi (R_{Ay}) kiriş parçasını B noktası etrafında saat ibresi doğrultusunda döndürmeğe çalışacaktır. Bu döndürme eğilimi daha önce belirtildiği gibi, x-x kesitindeki eğilme momenti ile ifade edilir. Fakat statik denge halindeki bir kirişte, böyle bir dönme gerçekleşmemektedir. Çünkü, x-x kesitinde ortaya çıkan iç gerilmeler, bu eğilme momentini karşılayın, saat ibresinin aksi yönünde bir iç mukavemet momenti meydana getirmektedir.

Böyle basit bir kirişte, yük altında tarafsız yüzeyin üstünde kalan lifler basınç, altında kalan lifler ise çekme gerilmesine maruz kalacak-

tır. Bu gerilmeler tarafıuz yüreyden itibaren, kiriş kesitinin alt ve üst yüzeyine kadar doğrusal bir şekilde artarak bu yüzeylerde maksimum değerine ulaşacaktır. Bu gerilmeler üçgen şeklinde bir dağılım gösterdiğinden, ortaya çıkan bileşke basma (C) ve bileşke çekme kuvvetleri (T), tarafıuz yüzeyin altında ve üstündeki gerilme prizmalarının hacmine eşdeğer olup bu prizmaların sentroidinde etki yaparlar. x-x kesitindeki iç gerilmelerden oluşan bu kuvvet çifti, kesitte dış kuvvetler nedeniyle ortaya çıkan eğilme momentini (buana değeri eğilme momenti diyagramından alınır) karşıladığından bu iç kuvvet çiftinin doğurduğu momente iç mukavemet momenti denir. Bu durumda statik denge halinde bulunan bir kirişte şöyle bir ilişki vardır:

Dış kuvvetlerin ortaya Kiriş kesitinde ortaya
çıkardığı eğilme momenti çıkan iç mukavemet momenti

Sözü edilen bu ilişki, kirişte yalnız x-x kesiti için değil, bütün diğer kesitleri için de geçerlidir. Kiriş analiz ve projelendirmelerinde göz önünde bulundurulana kesit, eğilme momentinin maksimum olduğu kesittir. Çünkü kiriş, eğilme momenti nedeniyle önce bu kesitte hasarlanacağına uğayacaktır. Kiriş kesiti bu kesitte yeterli ise, eğilme momenti yönünden diğer bütün kesitlerde yeterli olacaktır.

Kirişin her hangi bir kesitinde kesiti oluşturan malzeme ile kesitin şeklinin bir özelliği olarak ortaya çıkan bu iç mukavemet momentinin

değeri $f \times \frac{I}{e}$ dir. Söz konusu kesitteki eğilme momenti de M

ile gösterilirse, bu durumda analiz ve projelendirme amacıyla eğilme momenti ile iç mukavemet momenti arasındaki ilişki şöyle ifade edilebilir:

$$M = f \times \frac{I}{e} \quad \text{veya} \quad f = \frac{M e}{I}$$

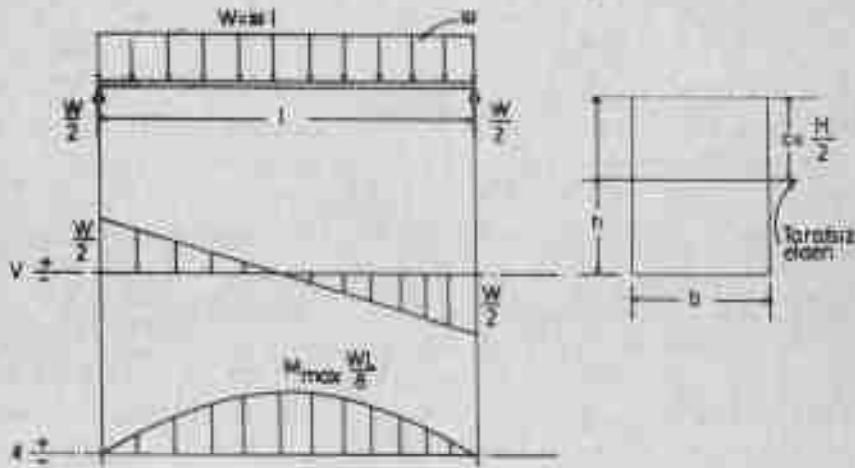
Formülde:

- M = Kirişin maksimum eğilme momenti (kg - cm)
- f = Kiriş kesitinde tarafıuz eksenden en uzak mesafedeki kiriş liflerinde meydana gelen eğilme gerilmesi (kg / cm²)
- I = Tarafıuz eksene göre kesitin atalet momenti (cm⁴)
- e = Tarafıuz eksenden en uzak kiriş lifine olan mesafe (cm).

Her hangi bir kesitte (I / e) terimine kesit modülü veya mukavemet momenti (Z) denildiği hatırlanırsa, formül daha da sadeleştirilebilir:

$$M = f \cdot Z \text{ veya } Z = \frac{M}{f}$$

Tarımsal inşaatla çoğunlukla düzgün yayılı yükle yüklenmiş dikdörtgen kesitli basit kirişler (şekil 2.19) için bu formül analiz ve projelende direkt olarak uygulanabilecek daha sade bir şekle sokulabilir:



Şekil 2.19 Düzgün yayılı yüklenmiş dikdörtgen kesitli bir kiriş

Maksimum eğilme momenti

$$M = \frac{Wl}{8}$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$e = \frac{h}{2}$$

$$Z = \frac{I}{e} = \frac{b \cdot h^3 / 12}{h/2} = \frac{bh^2}{6}$$

Bu durumda:

$$M = f \cdot Z$$

$$\frac{W L}{8} = f \frac{b h^2}{6} \text{ dan:}$$

$$f = \frac{6}{8} \frac{W L}{b h^2} \text{ veya } W = \frac{8}{6} \frac{f b h^2}{L}$$

Bu formüllerden yararlanarak kesiti, yükleme şartı verilen bir kirişin, üzerine gelen yükü eğilme yönünden taşıyıp taşıyamayacağı veya yükleme şartı ve açıklığı verilen bir kirişin kesitinin boyutlandırılması yapılabilir.

$M = f \cdot Z$ formülünde, f nin değeri yapıldığı malzeme için sabit olduğundan, belirli bir malzemeden oluşan kirişin yük veya eğilme momenti taşıma kapasitesinin direk olarak (Z) kesit modülüne (mukavemet momentine) bağlı olduğu görülür. Dikdörtgen bir kesit için

$$Z = \frac{b h^2}{6} \text{ olduğundan, kesit modülü veya mukavemet momenti}$$

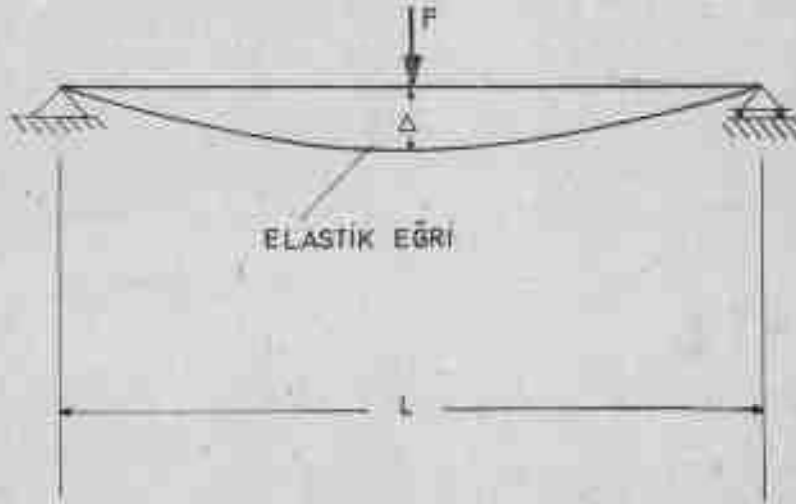
aynı kesit alanı ($A = b \cdot h$) için, kesitin tabanı (b) ile doğru orantılı olmasına karşılık kesitin yüksekliğinin karesi (h^2) ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu nedenle uygulamada, malzeme ekonomisi sağlamak amacıyla kirişlere verilecek kesitin, burkulma da dikkate alınarak en yüksek kesit modülüne (Z) sahip olması istenir. Ahşap kirişlerin boyutlandırılmasında imkân orarında $h = 1.4 b$ olması istenir.

2.5 Kirişlerde Sarkı

Kiriş yüklendiği zaman eğilir veya şeklini değiştirir. Kirişin üzerine gelen yükün etkisi altında eğilmesi esnasında tarafız yüzey üzerindeki bir noktanın, dikey doğrultuda kat ettiği mesafe sarkı olarak tanımlanır. Bu durumda tarafız düzlemin, dikey düzlem üzerindeki izdüşümüne de elastik eğri denir. Şekil 2.20 de basit mesnetli bir kirişte sarkı ve elastik eğri gösterilmiştir.

Her hangi bir kiriş, üzerine gelen yükü eğilme ve kesme yönünden emniyetle taşıyabilecek kadar mukavim olabilir. Uygulamada ise bu yükleme koşulunda ortaya çıkan sarkının (defleksiyonun) genellikle kiriş açıklığının $1/200 - 1/300$ inden fazla olmaması istenir. Bu nedenle

kiriş analiz ve projelendirmelerinde ortaya çıkan sarkımın (Δ) hesaplanması zorunludur.



Şekil 2.20 Kirişlerde sarkı ve elastik eğri

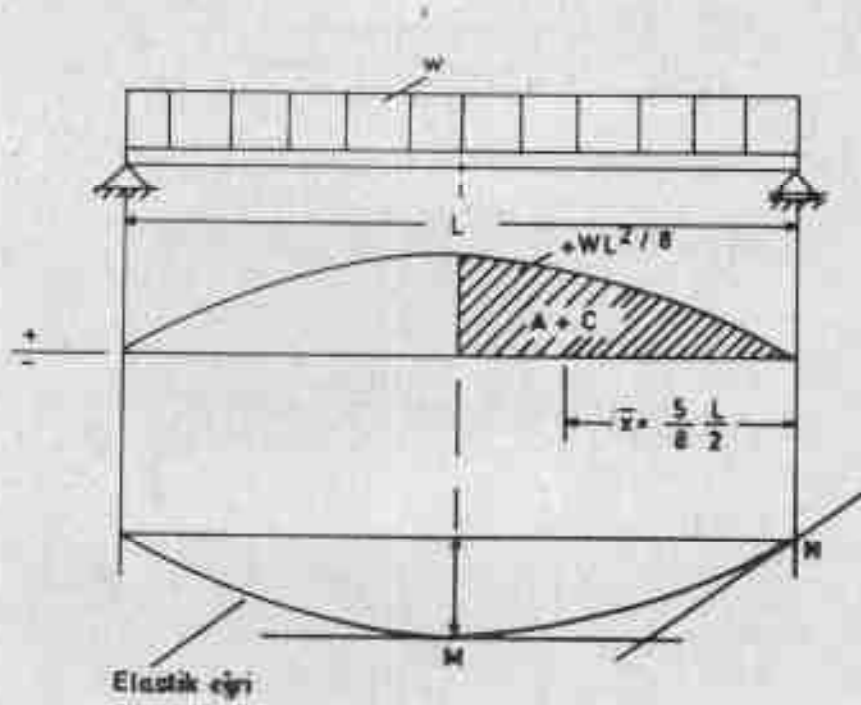
Kirişlerde sarkı hesaplamasında kullanılan formüller, eğilme gerilmesinin, kiriş oluşturulan malzemenin elastik limitinin altında bulunduğu hallerde geçerlidir. Kirişlerde sarkı formüllerinin derivasyonunda en çok yararlanılan yöntemlerden birisi moment-alan metodu'dur.

Moment Alan Metodunun Uygulanması:

Şekil 2.20 de gösterilen M ve N noktaları kirişin yüklenmeden önce yatay ve düz olan elastik eğrisi üzerinde iki nokta olsun. Bu durumda, M noktasının, elastik eğriye N noktasında teğet olan doğruya kadar dikey deplasmanı (Δ), bu iki nokta arasındaki eğilme momenti diyagramı alanının, N noktaya göre olan statik momentinin EI çarpımına bölünmesine eşittir.

Örnek 1. Şekil 2.21 de gösterilen düzgün yaylı toplam W yükü ile yüklenmiş basit bir kirişin maksimum sarkımını (Δ) bulunuz.

Çözüm: Eğilme momenti diyagramı, kiriş açıklığının ortasından geçen dikey doğruya göre simetrik olduğundan elastik eğride doğruya göre simetriktir. Bu nedenle, elastik eğrinin açıklığın ortasındaki teğeti yataydır. İstenen sarkı şekile (Δ) ile gösterilen uzaklıktır.



Şekil 2.21 Düzgün yayılı yüklemli bir basit kirişte sarık

$$A = \frac{2}{3} \times \frac{L}{2} \times \frac{WL}{8} = \frac{WL^2}{24} \text{ dir.}$$

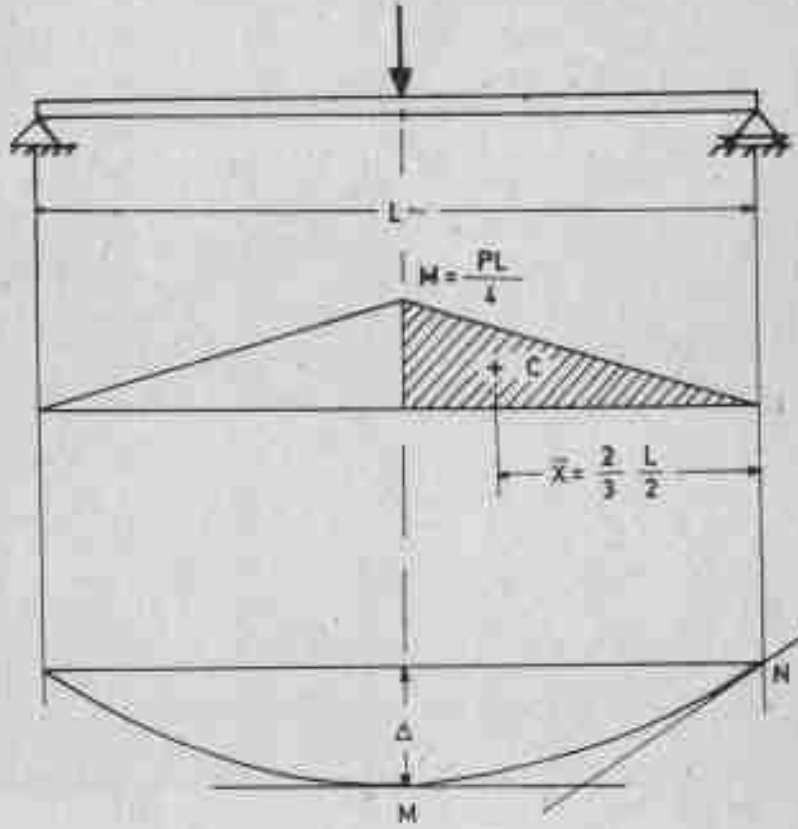
$$\bar{x} = \frac{5}{16} L$$

$$\Delta = \frac{A \cdot \bar{x}}{EI} = \frac{5}{16} L \times \frac{WL^2}{24} \times \frac{L}{EI} = \frac{5 WL^3}{384 EI} \text{ dir.}$$

Örnek 2. Şekil 2.22 de gösterilen ve ortasında bir konsatrc P yükü taşıyan basit kirişin maksimum sarıklım hesaplayınız.

Çözüm: Moment diyagramı kiriş açıklığının ortasına göre simetriktr. Moment diyagramının M ve N noktaları arasındaki alanı:

$$A = \frac{PL}{4} \times \frac{L}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{PL^2}{16}$$



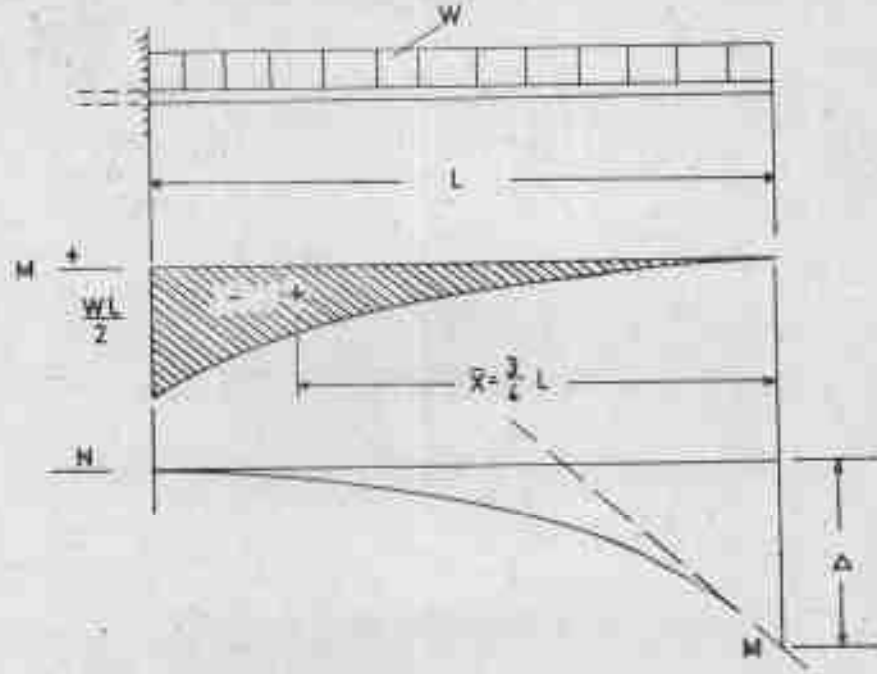
Şekil 2.22 Ortasında P konsantrasyon yükü taşıyan basit bir kirişte soke

N noktasından soke konusu moment diyagramının sentroidine kadar olan mesafe:

$$\bar{x} = \frac{2}{3} \times \frac{L}{2} = \frac{2L}{6}$$

$$\Delta = \frac{A\bar{x}}{EI} = \frac{PL^2}{16} \times \frac{2L}{6} \times \frac{1}{EI} = \frac{1}{48} \frac{PL^3}{EI} \text{ dir.}$$

Örnek 3. Şekil 2.23 de gösterilen düzgün yayılı toplam W yükü ile yüklenmiş bir konsol kirişin maksimum sarkmasını hesaplayınız.



Şekil 2.22 Düzgün yayılı yük taşıyan bir konsol kirişte sarkı

Çözüm: Moment diyagramının M ve N noktaları arasındaki alanı:

$$A = \frac{1}{3} \cdot \frac{WL}{2} \cdot L = \frac{WL^2}{6}$$

Moment diyagramının sentrodidin serbest uca olan mesafesi:

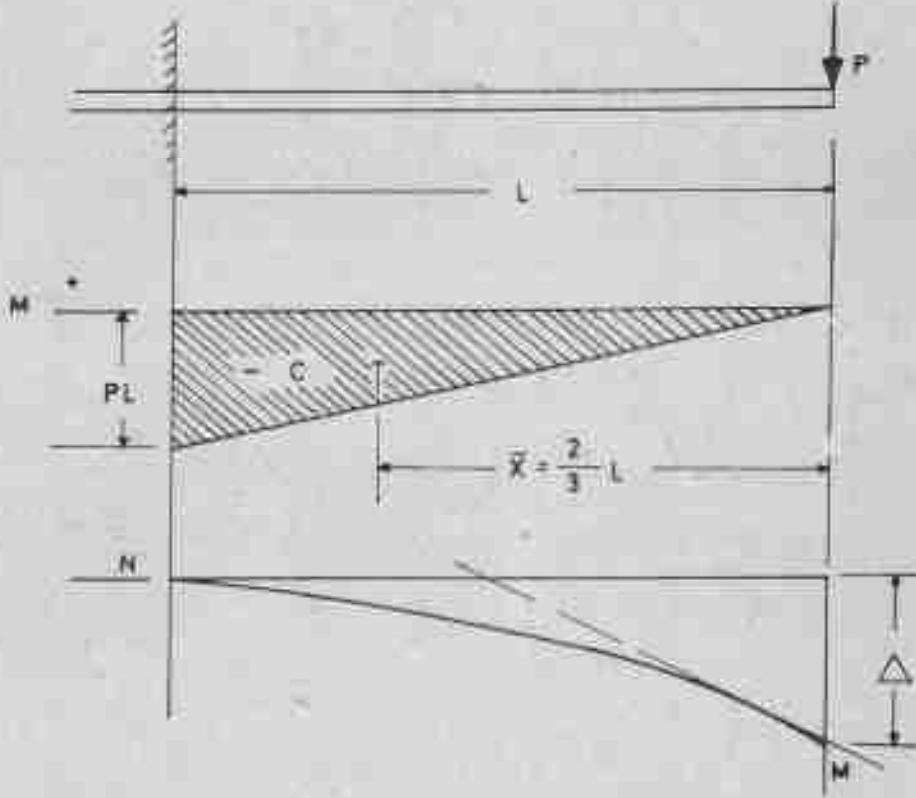
$$\bar{x} = \frac{3}{4} L$$

$$\Delta = \frac{A \bar{x}}{EI} = \frac{WL^2}{6} \times \frac{3}{4} L \times \frac{1}{EI} = \frac{WL^3}{8 EI} \quad \text{dir.}$$

Örnek 4. Şekil 2.24 de gösterilen ve ucunda P yükü bulunan bir konsol kirişin maksimum sarkması bulunuz.

Çözüm: Moment diyagramının M ve N noktaları arasındaki alanı:

$$A = \frac{PL \times L}{2} = \frac{PL^2}{2}$$



Şekil 2.24 Uzunlukta P konsantrasyon yükü taşıyan bir kancol kirişin şekli.

Moment diyagramının sentroidinin serbest uca olan mesafesi:

$$\bar{x} = \frac{2}{3} L$$

$$\Delta = \frac{A \bar{x}}{EI} = \frac{PL^2}{2} \times \frac{2}{3} L \times \frac{1}{EI} = \frac{PL^3}{3EI} \text{ dir.}$$

2.6 Ankastr ve Mükemmel Kirişler

Basit kirişlerin yüklenmesi halinde, taraftan yüzeyin üst kısmındaki kiriş liflerinin ksalması ve alt kısmındaki kiriş liflerinin uzaması kirişin tüm açıklığı boyunca aynı biçimde bir eğri teşkil eder. Genellikle kirişin üst yüzü konkav bir durum alır. Bir veya iki ucundan sabit bir

şekilde mesnetlenmiş ankastre kirişlerde ise, mesnetdeki ankastrelik, kirişin yukarıda belirtildi eğilme niteliğini değiştirmeye yeterlidir.

İki ucundan sabit bir şekilde mesnetlenmiş ankastre bir kirişte, elastik eğrinin mesnetlerdeki teğetleri yatayıdır.

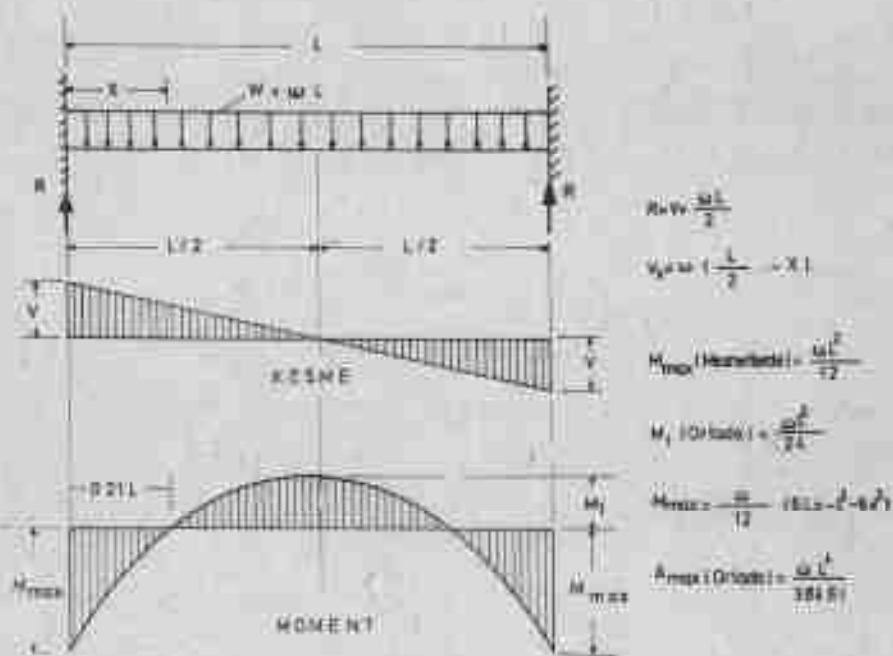
Daha önce de belirtildiği gibi sabit mesnetlerin üç adet bilinmeyen tepki bileşeni vardır. Bu nedenle sabit mesnetli bir kirişin diğer ucu serbest yani konsol kiriş değilse, bu kirişlerin, bilinmeyen mesnet tepki bileşenleri elde mevcut üç denge denkleminde fazla olacağından, bunlar statik kurallarla çözümlenemezler. Böyle kirişlere hiperstatik sistemler denir. Bunların çözümünde hiperstatik yöntemlerden yararlanır. Şekil 2.25 de, iki ucundan sabit olarak mesnetlenmiş ankastre bir kirişin, tarımsal inşaatla çoğunlukla karşılaşılan düzgün yayılı yüklemeye koşulundaki mesnet tepkileri, kesme kuvvetleri diyagramı, eğilme momenti diyagramı ve maksimum sarkma gösterilmiştir.

Şekil 2.25 in retkikinden anlaşılacağı üzere, bu tip kirişlerin mesnetlerinde eğilme momentleri negatif olmakta, bazı hallerde bu negatif eğilme momentininin mutlak değeri, pozitif momentinkinden büyük olmaktadır. Negatif eğilme momentininin, sız konusu kirişin üst liflerinde çekme, alt liflerinde ise basma gerilmeleri meydana getirmesi nedeniyle, bu hususun özellikle betonarme kirişlerde önemle gözönünde bulundurulması zorunludur.

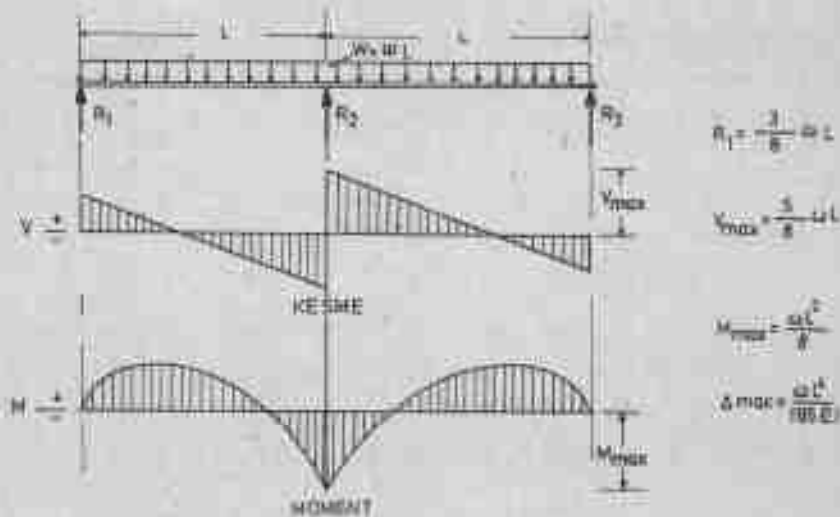
Modern inşaatla çoğunlukla kullanılan diğer bir kiriş tipi de, mütemadi kirişlerdir. Mütemadi kirişler adından da anlaşılacağı gibi ikiden fazla mesnet üzerinde devam eder. Bu tip kirişler özellikle betonarme ve çelik konstrüksiyonda yaygın bir şekilde kullanılırlar. Bunlar da ankastre kirişler gibi hiperstatik sistemlerdir. Bunların mesnet tepkileri, yalnız statik denge denklemlerinin uygulanması ile bulunamaz. Şekil 2.26 ve 2.27 de çeşitli açıklık ve yüklemeye şartlarındaki mütemadi kirişlerin mukavemet özellikleri gösterilmiştir.

2.7 Kirişlerin Analiz ve Projeleneşisi

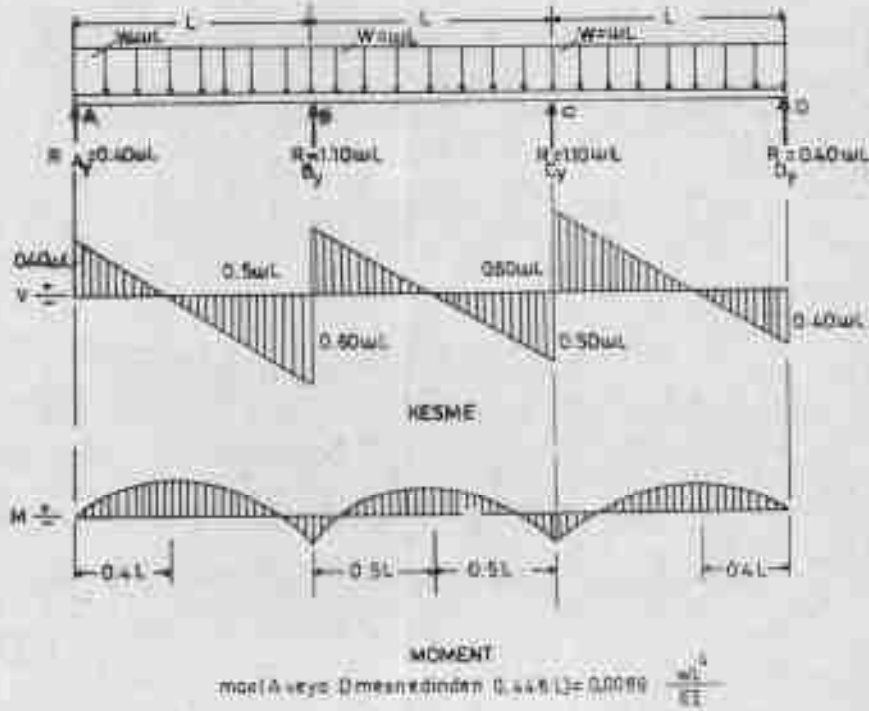
Açıklığı, yüklemeye şartı, malzemesi ve kesiti verilen bir kirişin üzerine gelen yükü bu koşullar altında taşıyıp taşıyamayacağına veya bu kirişin emniyetle taşıyabileceği yükün araştırılmasına kiriş analizi denir. Analiz işlemi, eğilme momenti, kesme ve sarkı yönünden yapılır.



Şekil 2.25 Sabit mesnetli (tekarka) kirişin mukavemet özellikleri



Şekil 2.26 İki uçlu ve durgun sayda yükler etkisindeki bir sürekli kiriş



Şekil 2.27 Düzgün yayılı yüklerle yüklenmiş üç eşit açıklıklı sürekli bir kiriş

Açıklığı, yükleme şartı ve malzemesi verilen bir kirişin kesit boyut-larını bulmanın, söz konusu kirişin projelenmesi olarak tanımlanır.

Projelirmede ilk aşama, kiriş üzerine gelmesi muhtemel yüklerin yeter derecede doğrulukla tayin edilmesidir. Bundan sonra kiriş kesit-inin boyutları eğilme gerilmesi, söz konusu malzemenin eğilme emni-yet gerilmesini aşmayacak şekilde tayin edilir. Hesaplanan kesit, ya-tay kesme gerilmesi ve sarfı yönünden de kontrol edilir.

Tarımsal inşaatta kiriş olarak çok kullanılan ahşap ve çeliğin çeşitli mekanik özellikleri cetvel 2.1 2.2 ve 2.3 de verilmiştir.

Çevre 2.1 Ahşap için emniyet gerilmeleri (kg/cm²)

Gerilme çeşidi	1. Sınıf		2. Sınıf		3. Sınıf	
	Çam	Kayın Meşe	Çam	Kayın Meşe	Çam	Kayın Meşe
Eğilme	100	140	100	110	70	75
Lifler doğrultusunda çekme	100	100	85	100	—	—
Lifler doğrultusunda basınç	110	120	85	100	60	70
Liflere dik doğrultuda basınç	30	30	30	30	20	30
Lifler doğrultusunda kesme	9	10	9	10	9	10

Çevre 2.2 Ahşabın elastiklik modülü (kg/cm²)

Ahşap çeşidi	Lifler doğrultusunda (E)	Liflere dik doğrultuda (E)
İğne yapraklılar	100 000	3 000
Meşe ve kayın	125 000	5 000

Çevre 2.3 Çelik yapı unsurları için emniyet gerilmesi (kg/cm²)

Gerilme çeşidi	Malzeme	
	St. 37	St. 32
Çekme, basınç, eğilme	1 400	2 100
Kesme	900	1 300
Pirçin veya uygun blümlü bileşimlerde delik etraflarında emilme	2 800	4 200

2.7.1 Kiriş Analizine İlişkin Örnekler

Örnek 1. Kesiti ve açıklığı bilinen bir kirişin ağırlığı dahil emniyetle taşıyabileceği yükün hesaplanması

Verilen : Kesiti $b = 10$ cm, $h = 15$ cm, açıklığı $L = 4,00$ m olan basit mesnetli bir ahşap kiriş.

İstenen: Ahşabın eğilmeye karşı emniyet gerilmesi 100 kg/cm², yatay kesmeye karşı 9 kg/cm² olduğuna göre:

- Kirişin emniyetle taşıyabileceği düzgün yayılı yük.
- Kirişin ortasından emniyetle taşıyabileceği konsantrasyon yükü.

Çözüm :

a) *Kirişin emniyetle taşıyabileceği toplam düğün yayılı yük :*

1. *Eğilme yönünden emniyetle taşınabilecek toplam yük :*

Emniyet gerilmesi: $f_{em} = 100 \text{ kg/cm}^2$

Maksimum eğilme momenti: $M = \frac{WL}{8}$ dir (Şekil 2.8).

2.8).

Dikdörtgen kirişin mukavemet momenti (Kesit modülü):

$$Z = \frac{bh^2}{6}$$

$$f = \frac{M}{Z} = \frac{\frac{WL}{8}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{WL}{8} \times \frac{6}{bh^2}$$

$$\frac{1}{8} WL = \frac{1}{6} \times bh^2 \times f_{em}$$

$$W = \frac{8}{6} \times \frac{f_{em} bh^2}{L} = \frac{8 \times 100 \times 10 \times 15^2}{6 \times 400} = 750 \text{ kg.}$$

2. *Yatay kesme yönünden emniyetle taşınabilecek toplam yük :*

Yatay kesmeye karşı emniyet gerilmesi: $f_{yk} = 9 \text{ kg/cm}^2$

Maksimum kesme kuvveti: $V = \frac{W}{2}$ dir (Şekil 2.6).

$$f_{yk} = \frac{3}{2} \frac{V}{A} = \frac{\frac{3}{2} \frac{W}{2}}{bh} = \frac{3}{2} \frac{W}{2 bh} = \frac{3W}{4 bh}$$

$$W = \frac{4 bh f_{yk}}{3} = \frac{4 \times 10 \times 15 \times 9}{3} = 1800 \text{ kg.}$$

Sonuç: Kirişin emniyetle taşıyabileceği yükü eğilme sınırlanmakta olduğundan $W = 750 \text{ kg}$ dir. Bu da kirişin birim uzunluğu

$$\text{için } w = \frac{750 \text{ kg}}{4 \text{ m}} = 187,5 \text{ kg/m dir.}$$

b) Kirişin orta noktasında emniyetle taşıyabileceği konsantr yük:

1. Eğilme yönünden emniyetle taşınabilecek konsantr yük:

$$\text{Emniyet gerilmesi: } f_{em} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Eğilme momenti: } M = \frac{PL}{4}$$

$$\text{Mukavemet momenti (Kesit modülü): } Z = \frac{bh^2}{6}$$

$$f = \frac{M}{Z} = \frac{\frac{PL}{4}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{6 \cdot PL}{4 \cdot bh^2}$$

$$P = \frac{4 f b h^2}{6 L} = \frac{4 \times 100 \times 10 \times 15^2}{6 \times 400} = 375 \text{ kg}$$

2. Yatay kesme yönünden emniyetle taşınabilecek konsantr yük:

Yatay kesmeye karşı emniyet gerilmesi: $f_{yk} = 9 \text{ kg/cm}^2$

Maksimum kesme kuvveti $V = \frac{P}{2}$ dir (Şekil 2.5).

$$f_{yk} = \frac{3 V}{2A} = \frac{3 \cdot \frac{P}{2}}{2 \cdot bh} = \frac{3 P}{4bh}$$

$$P = \frac{4 b h f_{yk}}{3} = \frac{4 \times 10 \times 15 \times 9}{3} = 1800 \text{ kg}$$

Sonuç: Kirişin ortasında emniyetle taşıyabileceği konsantr yükü eğilme sınırladığından $P_{em} = 375 \text{ kg}$ ↓ dir.

Örnek 2. Kesiti, açıklığı ve üzerine gelen yükü bilinen bir kirişin, bu yükü emniyetle taşıyıp taşıyamayacağını saptanması.

Verilen: Kesiti $b = 12 \text{ cm}$, $h = 16 \text{ cm}$, açıklığı $L = 4.00 \text{ m}$ olan bir ahaç kirişin üzerine gelen düğün yayılı yük

(kendi ağırlığı dahil) 400 kg / m dir (Ağacın emniyet gerilmesi eğilmeye karşı 100 kg / cm², yatay kesmeye karşı 9 kg / cm² dir).

İstenen: Kirişin bu yükü emniyetle taşıyıp taşıyamayacağı araştırılması.

Çözüm:

1) *Eğilme yönünden kontrol:*

Kiriş üzerine gelen toplam düzgün yayılı yük:

$$W = a \cdot L = 400 \text{ kg/m} \times 4 \text{ m} = 1600 \text{ kg}$$

$$M = \frac{WL}{8} \quad (\text{Şekil 2.8})$$

$$Z = \frac{b h^2}{6}$$

$$f = \frac{M}{Z} = \frac{\frac{WL}{8}}{\frac{b h^2}{6}} = \frac{6 WL}{8 b h^2} = \frac{6 \times 1600 \times 400}{8 \times 12 \times 256}$$

$$f = \frac{160000}{1024} = 156 \text{ kg/cm}^2 > f_{em} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

Bu nedenle, üzerine gelen bu yükü eğilme yönünden emniyetle taşıyamaz.

2) *Yatay kesme yönünden kontrol:*

$$V = \frac{W}{2} = \frac{1600 \text{ kg}}{2} = 800 \text{ kg} \quad (\text{Şekil 2.6})$$

$$f_{yk} = \frac{3 V}{2 b h} = \frac{3 \times 800}{2 \times 12 \times 10} = 6.25 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{yk} = 6.25 \text{ kg/cm}^2 < f_{em} = 9 \text{ kg/cm}^2$$

Sonuç: Eğilme yönünden başarısızlık olacağından kiriş üzerine gelen bu yükü taşıyamaz.

2.7.2 Kiriş Projelmesine İlişkin Örnekler

Örnek 1. Verilen: Boyutu 4 x 12 m olan bir döşeme sisteminde ahşap kirişler, kısa kenara paralel olarak, 1,0 m aralıkla döşenmiştir. Döşeme sisteminin ağırlığı dahil gelen toplam yük 300 kg/m² dir. Ahşabın emniyet gerilmesi eğilmeye karşı $f_{em} = 100 \text{ kg/cm}^2$, yatay kesmeye karşı ise $f_{em,yk} = 9 \text{ kg/cm}^2$ dir.

İstenen: Yükün emniyetle taşınabilmesi için gerekli kiriş kesitini hesaplayınız.

Çözüm:

Kirişler 1 m aralıkla döşendiğine göre her bir kirişe gelen toplam düzgün yayılı yük:

$$W = A \cdot a = 4m \times 1m \times 300 \text{ kg/m}^2 = 1200 \text{ kg dir.}$$

1) Eğilmeye karşı projelendirme:

$$\text{Maksimum eğilme momenti: } M = \frac{WL}{8} \quad (\text{Şekil 2.8})$$

$$\text{Mukavemet momenti (Kesit modülü): } Z = \frac{h \cdot b^2}{6}$$

$$\text{Emniyet gerilmesi: } f_{em} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{İdeal kesitde: } \frac{h}{b} = \frac{7}{5} \text{ yani } h = 1,4 \cdot b \text{ dir.}$$

$M = f \cdot Z$ formülünde, yukarıdaki değerler yerine konursa:

$$\frac{WL}{8} = f \cdot \frac{h \cdot b^2}{6} = \frac{f \times b \times (1,4b)^2}{6} = f \cdot \frac{1,96 \times b^3}{6}$$

$$\frac{1200 \times 400}{8} = \frac{100 \times 1,96 \cdot b^3}{6} \text{ dir.}$$

Yukarıdaki eşitlikten, kiriş kesitinin tabanı (b) çözülür:

$$b^3 = \frac{1200 \times 400 \times 6}{8 \times 100 \times 1,96} = \frac{3600}{1,96} = 1837$$

$$b = \sqrt[3]{1837} = 12,5 \text{ cm}$$

$$h = 1.4 b = 1.4 \times 12.3 = 17.2 \text{ cm}$$

Seçilecek kesit: 13 x 18 cm dir.

2) Yatay kesmeye karşı kontrol:

$$V = \frac{W}{2} = \frac{1200}{2} = 600 \text{ kg}$$

$$f_{1x} = \frac{3}{2} \frac{V}{bh} = \frac{1.5 \times 600}{13 \times 18} = 3.84 \text{ kg/cm}^2 < f_{em} = 9 \text{ kg/cm}^2$$

Bu nedenle seçilen kesit, yatay kesme yönünden emniyetlidir.

3) Sarkıya karşı kontrol:

$$\Delta = \frac{5 W L^3}{384 EI}$$

$$\Delta = \text{Sarkı (cm)}$$

$$W = \text{Toplam yayılı yük (1200 kg)}$$

$$L = \text{Kiriş açıklığı (400 cm)}$$

$$E = \text{Elastiklik modülü (Ahşap için 100000 kg/cm}^2\text{)}$$

$$I = \text{Kesitin centroidinden geçen eksene göre atalet momenti (cm}^4\text{)}$$

$$I = \frac{b h^3}{12} = \frac{13 \times 18^3}{12} = 6318 \text{ cm}^4$$

$$\Delta = \frac{5 \times 1200 \times 400^3}{384 \times 100000 \times 6318} = 1.58 \text{ cm} > \frac{L}{360} = \frac{400}{360} = 1.1 \text{ cm}$$

Bu durumda seçilen kesit yatay kesme ve eğilme yönünden başarılı olmasına karşın sarkı yönünden emniyetsizdir. Bu nedenle kiriş kesiti büyütülerek yeniden emniyet kontrolleri yapılmalıdır.

Problemler:

1. Açıklığı $L = 3 \text{ m}$ olan basit bir ahşap kiriş, sol mesnedinden 1 m mesafede $P = 900 \text{ kg}$ konsantr bir yük uygulanmıştır. Kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri diyagramını çizerek bu değerlerin maksimum ve sıfır olduğu noktaları bulunuz.

2. Açıklığı $L = 3,6$ m olan basit bir ahşap kiriş üzerine gelen yük 600 kg/cm^2 dir. Kesme ve eğilme momenti diyagramını çizip, bu yükleme koşulunda kirişte ortaya çıkan maksimum sarkmayı hesaplayınız.
3. Kesiti 10×20 cm, açıklığı $L = 3,40$ m olan ikinci sınıf basit bir kirişin:
 - a) Ortasında emniyetle taşıyabileceği konsantrre yükü
 - b) Tüm açıklığı boyunca taşıyabileceği düzgün yayılı yükü hesaplayınız.
4. Kesiti 5×25 cm, uzunluğu $L = 1,60$ m olan ikinci sınıf çamdan yapılmış bir konsol kirişin:
 - a) Serbest ucunda emniyetle taşıyabileceği konsantrre yükü
 - b) Tüm açıklığı taşıyabileceği düzgün yayılı yükü hesaplayınız.
5. Uçlarından 1 or m içeride basit olarak mesnetlenmiş $L = 6$ m uzunluğundaki ikinci sınıf çamdan yapılmış bir çukmal kirişin üzerine gelen düzgün yayılı yük $w = 400 \text{ kg/m}$ dir. Kirişin kesitini tayin ediniz.
6. 5×12 m boyutunda bir hububat deposunun döşeme sistemini teşkil eden kirişler, kısa kenara paralel olarak $0,50$ m aralıkla dizilmiştir. Döşeme sisteminin ağırlığı dahil kirişlere gelen yük 500 kg/m^2 dir. Kullanılan malzeme ikinci sınıf çamdır. Kirişlere verilecek kesitin boyutlarını tayin ediniz.
7. Sabit mesnetli (ankastre) bir kirişin açıklığı $L = 4,20$ m, kesiti ise 10×25 cm dir. İkinci sınıf çamdan yapılan bu kirişin emniyetle taşıyabileceği yükü hesaplayınız.
8. İki eş açıklıklı bir mütamadı kirişin uzunluğu 8 m dir. İkinci sınıf çamdan yapılan bu kirişin kesiti 15×25 cm, üzerine gelen yük ise 800 kg/m dir. Kiriş üzerine gelen bu yükü emniyetle taşıyabilir mi?

3. KOLONLAR

Kolonlar aksenal basma yükü taşımak amacıyla projelenen yapı elemanlarıdır. Eğer kolon uzun ve narin ise, taşıdığı aksenal yükün etkisi altında yanlamasına bir defleksiyon (burkulma, flambaj) ortaya çıkar. Bu burkulma eğilimi nedeniyle kolonlarda önemli bir seviyeye ulaşan eğilme gerilmeleri ortaya çıkabilir. Kolonların özellikleri üzerinde, pek fazla deneysel araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalarda kolonların yük altındaki burkulma (flambaj) özelliklerine ilişkin elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir:

1) Kolon uzunluğu arttıkça, burkulma eğilimi artmaktadır. Bu nedenle, kolon uzunluğu projelirmede önemli bir parametredir. Genellikle kolon uzunluğu arttıkça, kolonda burkulmayı ortaya çıkaracak yük azalır.

2) Bütün koşullar aynı kalmak şartıyla, kolonun burkulmadan taşıyabileceği maksimum yük, yükün eksantrisitesi ve kolonun başlangıçta çarpık olup olmadığına bağlıdır.

3) Kolon projelirmede göz önünde bulundurulması gereken diğer önemli bir parametre de, kolon kesit alanının, eksenine göre dağılımıdır. Kolon kesit alanının dağılımında ölçü olarak kesitin atalet yarı çapı kullanılır.

Narinlik Oranı : Projelirmede burkulmaya (flambaja) ilişkin kolon özelliklerinin saptanmasında *Narinlik oranı* bir ölçü olarak kullanılır.

Ahşap kolonlarda narinlik oranı (λ) şöyle ifade edilir:

$$\lambda = \frac{L_k}{d} \text{ dir.}$$

Formülde:

λ = Narinlik oranı

L_k = Kolon serbest uzunluğu (Flambaj boyu)

d = Kolon kesitinin en küçük boyutu veya çapı

Çelik kolonlarda ise narınlık oranı:

$$\lambda = \frac{L_{eff}}{r} \text{ dir.}$$

Formüle:

λ = Narınlık oranı

L_{eff} = Serbest kolon uzunluğu (flambaj boyu)

r = Kolon kesitinin en küçük atalet yarı çapı

Atalet yarı çapı:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

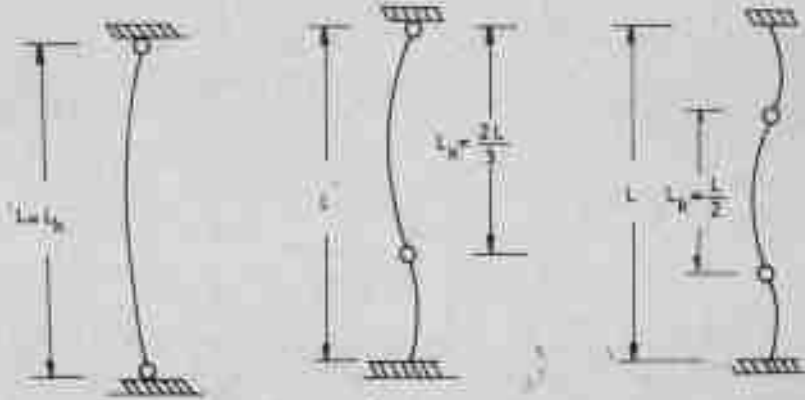
Formüle:

I = Kolon kesitinin sentroidten uzun kenara paralel eksenine göre atalet momenti (En küçük atalet momenti)

A = Kolon kesitinin alanı.

Yukarıda verilen eşitliklerde boyut uygunluğuna dikkat edilmelidir.

Kolon serbest uzunluğu (flambaj boyu) nun tayininde aşağıda belirtilen kriterler kullanılır (Şekil 3.1).



a) İki ucu mafaslı

b) Bir ucu mafaslı diğeri ankastre

c) İki ucu ankastre

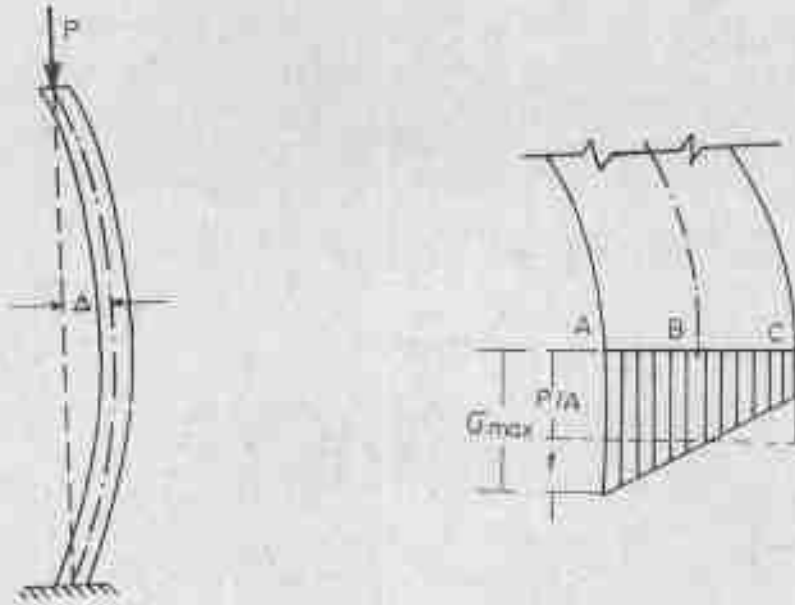
Şekil 3.1 Kolonların üç şartları

1) Kolun uçlarının bağlantılar yolu ile yana doğru hareketleri önlenmiş ise, bu uçlar mafsallı kabul edilir. Kolun yük altında yay gibi eğilir. Bu durumda flambaj boyu (L_k), kolun uzunluğuna eşit olur ($L_k = L$).

2) Bir ucu ankastre, diğer ucu mafsallı olan koloularda flambaj boyu, kolun uzunluğunun $2/3$ üne eşit olur ($L_k = 2L / 3$).

3) İki ucu da ankastre olan koloularda flambaj boyu, kolun uzunluğunun yarısına eşit olur ($L_k = L / 2$).

Koloularda uç şartı, kolunun yük altında nasıl eğileceğini belirler ve kolunun mukavemetine etki yapar. Eğilmeye maruz bir kolunda maksimum gerilme konkav kenardadır. Şekil 3.2 den görüleceği gibi, bu maksimum gerilmenin değeri, ortalama basınç gerilmesi (P / A) ile eğilmeden ortaya çıkan gerilme σ_c toplamına eşittir.

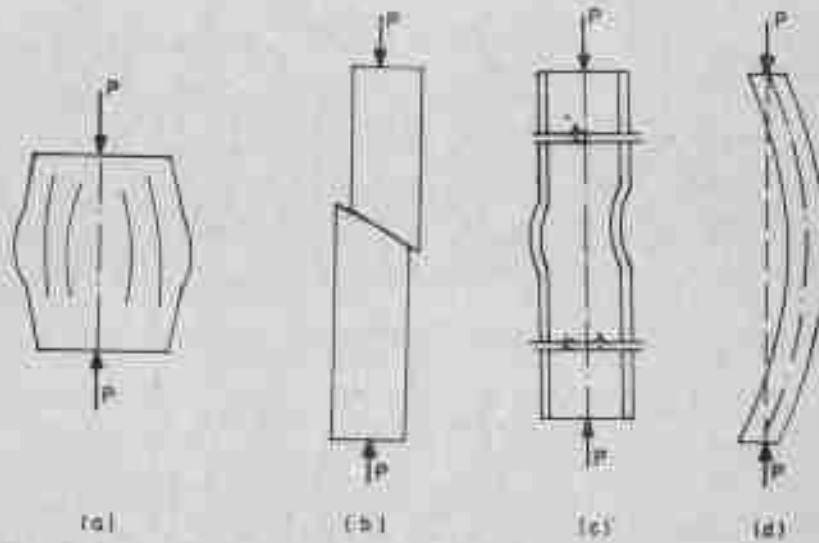


Şekil 3.2 Koloularda eğilme gerilmesi.

3.1 Deneysel İzenimler

Kolouların analitik ve projelendirilmesine ilişkin yaklaşımlara geçmeden önce, kolun testlerinde elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde yarar vardır. Eğer kısa bir basınç elemanına aksenal yük uygulanırsa, önce uzunluğu kısalacak ve sonra da ezilerek veya kesme nedeniyle başarısızlığa uğrayacaktır (Şekil 3.3 a ve b).

Kolonun uzunluğu arttırılırsa, genellikle Şekil 3.3 e de gösterilen tipte bir başarsızlık ortaya çıkar. Bu başarsızlığın özelliği, belirli bir noktada burkulma olmasıdır. Eğer kolonun uzunluğu daha da arttırılırsa Şekil 3.3 de de gösterilen tipte bir başarsızlık olacaktır. Bu başarsızlığın en önemli özelliği, tüm kolonun burkulmasıdır. Kolonda aynı kesit koşulunda uzunluk arttıka yukarıda sr edilen çeşitli tiplerdeki başarsızlığı doğuran P yükünün miktarı azalır. Bu nedenle, kolonlar uzunlukları yönünden 1) Kısa, 2) Orta ve 3) Uzun kolonlar olmak üzere  genel sınıfta toplanabilirler:



Şekil 3.3 Kolonun yük altındaki durumları

3.2 Ahşap Kolonlar

Ahşap kolonlar genellikle tek parçadan oluşan dikdörtgen kesitler Şeklinde yapılırlar. Bunlar başarsızlığa uğramaları yönünden kısa, orta ve uzun kolonlar olmak üzere  grupta incelenebilirler:

3.2.1 Kısa Ahşap Kolonlar

Kısa kolonlarda narinlik oranı $\left(\lambda = \frac{L_k}{d} \right)$ 11 den küçüktür.

Bu tip kolonlar yük altında yalnız direkt basıncıtan ezilerek başarsızlığa uğrarlar. Kısa ahşap kolonların emniyetle taşıyabilecekleri yk Şöyle ifade edilir:

$$P = A \cdot \sigma_{em}$$

Formülde:

- P = Kısa kolunun emniyetle taşıyabileceği aksenal yük (kg)
A = Kolunun kesit alanı (cm²)
 σ_{em} = Ahşabın çeşidine göre, liflere paralel basınç emniyet gerilmesi (kg / cm²)

3.2.2 Orta Ahşap Kolunlar

Ahşap kolunda narinlik oranı 11 den büyük K değerinden küçük ise orta kolun olarak nitelenir. K değerinin saptanmasında aşağıdaki ilişkiiden yararlanılır:

$$K = 0,64 \sqrt{\frac{E}{\sigma}}$$

Formülde:

- E = Ahşabın elastiklik modülü
 σ = Ahşabın basınç emniyet gerilmesi'dir.

Orta bir ahşap kolunun emniyetle taşıyabileceği yükün bulunmasında aşağıda belirtilen formül kullanılır:

$$\frac{P}{A} = \sigma_{em} \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{L_k}{K \cdot d} \right)^4 \right]$$

Formülde:

- P = Orta kolunun emniyetle taşıyabileceği aksenal yük (kg)
A = Kolunun kesit alanı (cm²)
 σ_{em} = Ahşabın liflere paralel basınca karşı emniyet gerilmesi (kg / cm²)
L_k = Kolunun serbest uzunluğu (cm)
K = Ahşabın çeşidine bağlı bir katsayı

$$\left(K = 0,64 \sqrt{\frac{E}{\sigma}} \right)$$

- d = Kolon kesitinin küçük kenarı (cm)

3.2.3 Uzun Ahşap Kolonlar

Narinlik oranı $\left(\lambda = \frac{L_k}{d} \right)$ K değerinden büyük fakat 50 den küçük olan $(50 > \lambda > K)$ kolonlar uzun kolon olarak nitelenir. Uzun ahşap kolonların emniyetle taşıyabilecekleri aksenal yük:

$$\frac{P}{A} = \frac{0.30 K}{\left(\frac{L_k}{d} \right)^2} \text{ dir.}$$

Formülde:

P = Kolonun emniyetle taşıyabileceği aksenal yük (kg)

A = Kolon kesit alanı (cm²)

E = Ahşabın elastiklik modülü (kg / cm²)

L_k = Kolon serbest uzunluğa (cm)

d = Kolon kesit alanının kısa kenarı (cm)

Bu formülün uygulanmasında $\frac{P}{A}$, hiç bir zaman söz konusu ahşap cisminin liflere paralel basınç emniyet gerilmesini (σ_m) aşmamalıdır.

3.3 Çelik Kolonlar

Çelik kolonlar genellikle profil çeliklerinden yapılırlar. Örneğin I profilinin kesit alanı, iki ana simetri eksenine göre elverişli bir şekilde dağılmadığından kolon için ekonomik kesit teşkil etmezler. Bunlar genellikle kesitin gövdesine dik düzlem üzerinde burkulma eğilimindedirler. Teorik olarak en edial kolon kesiti çelik borulardan oluşur. Çünkü bunlarda, merkezden geçen her doğrultudaki eksene göre olan atalet yarı çapı aynı büyüklüktedir. Uygulamada genellikle geniş başlıklı I veya H profilleri kullanılır. Taşınması gereken yükün çok büyük olduğu durumlarda, kolonun yük taşıma kapasitesi, kesite çelik levhalama perçinlenmesi veya kaynatılması ile arttırılır. Bu şekildeki bileşik kesitler, iki I profilinin birleştirilmesiyle de (□) elde edilebilir.

Çelik Kolon Formülleri:

Çelik kolonların projeleneğinde kullanılan formüllerin hemen hepsinde narinlik oranı $\left(\lambda = \frac{L_k}{r} \right)$ bir parametre olarak bulunur.

Uygulamada kolonların projeleneğinde genellikle IP 20, IP 24, IP30, IP 36, IP 40 geniş başlıklı I (H) çelikleri kullanılır. Bu profillerin kesit özellikleri cetvel 3.1 de gösterilmiştir. Bütün kesitlerde iki ana eksen (x-x ve y-y) söz konusu olduğundan, atalet momentinin (I) en küçük olduğu eksen en büyük atalet yarıçapını verir.

Nazirlık oranı $\left(\lambda = \frac{L_k}{r}\right)$ 120 den küçük olan aksenal yüklü

çelik kolonların analiz ve projeleneğinde aşağıda gösterilen formül kullanılabilir:

$$\frac{P}{A} = 1200 - 0,034 \cdot \frac{(L_k)^2}{r^2}$$

Formülde:

P = Faaliyetle taşınabilecek toplam aksenal yük (kg)

A = Kolon kesit alanı (cm²)

L_k = Serbest kolon uzunluğu (cm)

r = En küçük atalet yarı çapı (cm), $\left(r = \sqrt{\frac{I}{A}}\right)$

3.4 Kolonların Analiz ve Projeleneşi

Aşağıda çözülen örneklerde, kolonun iki ucu mafsallı kabul edilecek yani L = L_k olacaktır.

Örnek 1. Verilen: Elastiklik modülü E = 10⁵ kg / cm², basınca karşı emniyet gerilmesi σ_{em} = 85 kg / cm², serbest uzunluğu 2,5 m olan bir ahşap kolonun üzerine gelen aksenal yük P = 15 tondur.

İstenen: Kolon kesitini tayin edinix.

Çözüm: a) Önce kısa kolon olarak kesiti tayin edelim:

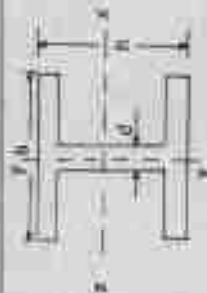
$$A = \frac{P}{\sigma_{em}} = \frac{15000}{85} = 176 \text{ cm}^2$$

$$b = d = \sqrt{176} = 13,35 \text{ cm} \quad 14 \times 14 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{d} = \frac{250}{14} = 17,8 > 11$$

Nazirlık oranı : 50 > λ > 11

Çizim 3.1 Kökür olarık kılınılın barı genıı baplılık t çalıkkılınılın çanıkkılınıl



- 1 - Ağırlık momenti
- 2 - Kesit momenti (mekaniksel moment)
- $\gamma = \sqrt{\frac{I}{A}}$ Ağırlık yarıçapı
- A - Kesit alanı
- G - Birim uzunluğundaki ağırlığı

No 10	Boyutlar (mm)			A (mm ²)	G (kg/m)	Kıstas Elkesel					
	h	b	d			x - x			y - y		
						I_x (cm ⁴)	Z_x (cm ³)	r_x (cm)	I_y (cm ⁴)	Z_y (cm ³)	r_y (cm)
10	100	100	9	65,0	31,6	108	7,03	1360	151	4,53	
20	200	200	10	82,7	61,9	103	6,48	2160	214	5,00	
22	220	220	10	61,1	71,2	102	6,37	2060	230	3,39	
24	240	240	11	131	87,4	97	10,3	4370	346	6,31	
26	260	260	11	121	94,8	110	11,2	5280	406	6,51	
28	280	280	12	144	113	140	12,0	7830	523	7,14	
30	300	300	12	154	121	170	12,9	9010	600	7,65	
32	320	300	13	171	135	200	13,7	9910	661	7,00	
34	340	300	13	174	137	210	14,5	9910	661	7,35	
36	360	300	14	192	150	230	15,2	10810	721	7,53	
38	380	300	14	194	152	240	16,2	10810	721	7,40	
40	400	300	14	200	164	260	17,0	11710	781	7,40	

Bu nedenle kolonun orta veya uzun kolon olarak projelenmesi gerekir.

b) Bundan önceki aşamada yapılan hesaplar kolonun, kısa kolon olarak kabul edilemeyecek kadar uzun olduğunu göstermiştir. O halde orta kolon olarak deneyelim. Bunun için de önce bir kesit kabul edelim (Örneğin 15 x 15 cm) ve bu kesitin verilen yükü emniyetle taşıyıp taşıyamayacağını kontrol edelim.

$$K = 0,64 \sqrt{\frac{E}{\sigma_{em}}} = 0,64 \sqrt{\frac{100000}{85}} = 22$$

$$\lambda = \frac{L_k}{d} = \frac{250}{15} = 16,7$$

$$11 < \lambda = 16,7 < K = 22$$

Bu nedenle kolon orta kolon olarak projelenecektir.

Bu kesitin emniyetle taşıyabileceği aksenal yük:

$$\begin{aligned} P &= A \sigma_{em} \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{L}{K d} \right)^4 \right] \\ &= (15 \times 15) (85) \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{250}{22 \times 15} \right)^4 \right] \\ &= 19125 [1 - 0,33 (0,33)] = 19125 [1 - 0,11] \\ P &= 19125 \times 0,89 = 17021 \text{ kg} > 15000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Bu nedenle seçilen 15 x 15 cm lik kesit orta kolon olarak verilen koşul-
daki aksenal yükü emniyetle taşıyabilir.

Örnek 2. Verilen: Kesiti 10 x 10 cm ,serbest uzunluğu ($L_k = L$)
4,00 m olan bir ahşap kolon. Ahşabın liflere paralel basınç
emniyet gerilmesi $\sigma_{em} = 85 \text{ kg/cm}^2$, elastiklik modülü
 $E = 10^5 \text{ kg/cm}^2$ dir.

İstenen: Kolonun emniyetle taşıyabileceği yükün hesap-
lanması.

Kolonun yapıldığı ahşabın, liflere paralel basınç emniyet gerilmesi
 $\sigma_{em} = 85 \text{ kg/cm}^2$, $E = 10^5 \text{ kg/cm}^2$ dir.

Çözüm: Analiz aşağıdaki aşamalarda gerçekleştirilir:

$$1) \text{ Narınlık oranı hesaplanır: } \lambda = \frac{L_k}{d} = \frac{400}{10} = 40$$

$$K = 0.64 \sqrt{\frac{E}{\sigma_{em}}} = 0.64 \sqrt{\frac{10^3}{85}} = 22$$

$$50 > \lambda > K = 22$$

Bu nedenle kolon uzun kolon olarak analiz edilecektir.

2) Bilinen değerler uzun kolon formülünde yerine konur:

$$\frac{P}{A} = \frac{0.30 E}{(L/d)^2} = \frac{0.30 \times 100\ 000}{(400/10)^2} = \frac{30\ 000}{1600} = 18.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{P}{A} = 18.8 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{em} = 85 \text{ kg/cm}^2$$

Bu nedenle emniyetle taşıyabilecek eksenel kolon yükü:

$$P = 18.8 \times A = 18.8 \times (10 \times 10) = 1880 \text{ kg dir.}$$

Eğer formülde $\frac{P}{A}$ değeri $> \sigma_{em} = 85 \text{ kg/cm}^2$ olsa idi, kolon kesitinde

ortaya çıkan gerilmenin, hiç bir zaman söz konusu ahşabın liflere paralel basınç emniyet gerilmesini (σ_{em}) aşmasına izin verilmeyeceğinden,

eksenel yük, formülle bulunan bu değer yerine $\frac{P}{A} = \sigma_{em}$ ilişkisinden

hesaplanacaktır.

Örnek 3. Verilen: Kesiti 18 x 18 cm, serbest uzunluğu 4.20 m olan ahşap kolon ($\sigma_{em} = 85 \text{ kg/cm}^2$, $E = 10^3 \text{ kg/cm}^2$)

İstenen: Kolonun emniyetle taşıyabileceği yük.

Cözüm:

$$1) \lambda = \frac{420}{18} = 23.4$$

$$K = 0,64 \sqrt{\frac{E}{\sigma_{em}}} = 22$$

$$50 > \lambda > K = 22$$

Bu nedenle kolon uzun kolon olarak analiz edilecektir.

3) Bilinen değerler uzun kolon formülünde yerine konursa:

$$\frac{P}{A} = \frac{0,30 E}{(L/d)^2} = \frac{30\ 000}{(23,4)^2} = \frac{30\ 000}{548} = 54,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{P}{A} = 54,7 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{em} = 85 \text{ kg/cm}^2$$

Bu nedenle:

$$P = 54,7 \times A = 54,7 \times (18 \times 18) = 17723 \text{ kg dir.}$$

Örnek 4. Verilen: IP20 geniş başlıklı I çeliğinden yapılan bir kolonun, serbest uzunluğu 4 m dir.

İstenen: Kolonun emniyetle taşıyabileceği aksenal yükü bulunuz.

Çözüm:

1) Geniş başlıklı I çeliklerinin kesit özelliklerini veren cetvel 3.1 den IP20 için:

$$\text{Kesit alan } A = 82,7 \text{ cm}^2$$

$$\text{En küçük atalet yarıçapı } r = 5,08 \text{ cm bulunur.}$$

2) Narinlik oranı $\lambda = \frac{L_g}{r} = \frac{400}{5,08} = 79 < 120$

Bu nedenle, analizde çelik kolon formülü kullanılabilir.

3) Formüle bilinenler yerine konursa:

$$\frac{P}{A} = 1200 - 0,034 \frac{L_g^2}{r^2} = 1200 - 0,034 \frac{(400)^2}{(5,08)^2}$$

$$\frac{P}{A} = 1200 - 0,034 (79)^2 = 1200 - 212 = 988 \text{ kg/cm}^2$$

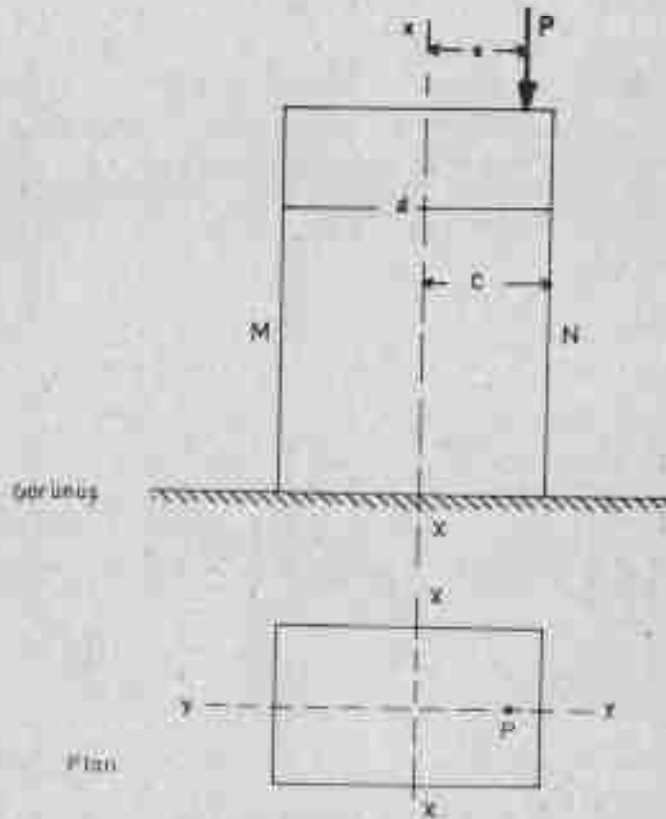
$$P = 988 \times A = 988 \times 82,7 = 81708 \text{ kg}$$

$$P = 81,7 \text{ tondur.}$$

3.5 Eksantrik Yükleme

Dikdörtgen kesitli bir basınç elemanı daha önce belirtilen kısa kolon ($\lambda < 11$) sınırları içerisinde ve üzerine gelen yük ve kesitin sentroidinde (eksenel) uygulanmışsa, ortaya çıkan gerilme tüm kesitte eş bir şekilde yayılacağından, bir eğilme eğilimi söz konusu olmayacaktır.

Şekil 3.4 de gösterilen kısa kolona gelen P yükü ekstenel ise, kesitin her yerindeki basınç gerilmesi $\sigma = P/A$ olacaktır. Buna karşılık P yükü, kolonun düşey eksenini $x-x$ den bir (e) mesafesinde uygulanmışsa, bu (e) mesafesine eksantrisite denir. Bu durumdaki yüklemeye de eksantrik yükleme denir. Böyle bir koşul altında tüm kesitteki gerilme dağılımı eş olmayacak, kolonun N ile gösterilen kenarındaki gerilme, M kenarından büyük olacaktır.



Şekil 3.4 Eksantrik kolon yükü

N kenarındaki gerilme (σ), ortalama gerilme $\left(\frac{P}{A}\right)$ ile P yükünün eksantrisitesi nedeni ile ortaya çıkan eğilme gerilmesinin toplamına eşittir (şekil 3.2). Kolun kesitin tarafsız eksenini ($x - x$) in, N kenarına olan uzaklığı e , kesitin tarafsız eksenine göre atalet momenti (I), atalet yarı çapı da (r) olsun. N kenarındaki eğilme gerilmesi f ise, bunun değeri $f = \frac{Mc}{I}$ dir. Bu durumda eğilme gerilmesi doğuran eğilme momentinin değeri $M = P \cdot e$ dir. Eğilme momentinin bu değeri eğilme gerilmesini veren formülde yerine konursa:

$$f = \frac{Pec}{I} \text{ elde edilir.}$$

Diğer taraftan $I = A r^2$ olduğundan, bu değer yerine konursa

$$f = \frac{Pec}{Ar^2} \text{ olur.}$$

Kolonun eksantrik yük etkisiyle eğilmesinden ortaya çıkan bu gerilme, kolon kesitindeki yukarıda sözü edilen ortalama basınç gerilmesi (P/A)'ne ilâve edilirse kolon kesitinin, eksantrik yük P'ye en yakın kenarındaki (N) basma gerilmesi elde edilir.

$$\sigma_{\max} = \frac{P}{A} + \frac{Pec}{Ar^2} \text{ veya } \sigma_{\max} = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{ec}{r^2}\right)$$

Aynı yaklaşımla, kolonun eksantrik yük P'den en uzak kenarındaki (M) gerilme ise:

$$\sigma_{\min} = \frac{P}{A} \left(1 - \frac{ec}{r^2}\right) \text{ olacaktır.}$$

Dikdörtgen kesit için:

$$r^2 = \frac{I}{A} = \frac{d^3 b}{12} \times \frac{1}{bd} = \frac{d^2}{12} \text{ ve } e = \frac{d}{2} \text{ olduğundan}$$

bu değerler yukarıdaki eşitliklerde yerine konursa:

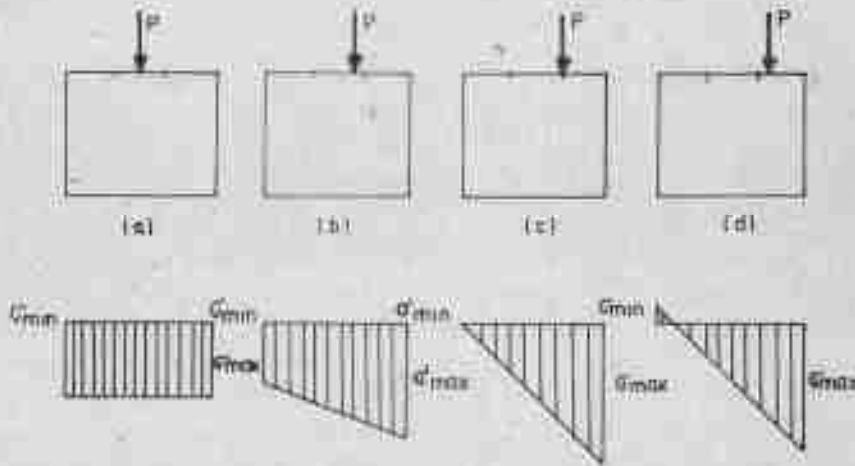
Kolonun N kenarındaki gerilme:

$$\sigma_{\max} = \frac{P}{A} \left(1 + 6 \frac{e}{d}\right)$$

Kolonun M kenarındaki gerilme :

$$\sigma_{\min} = \frac{P}{A} \left(1 - 6 \frac{e}{d} \right)$$

Şekil 3.5 de P yükünün $x-x$ ekseninde çeşitli eksantrisitelerde uygulanması ile kolon kesitinde ortaya çıkan gerilme dağılımları gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Çeşitli eksantrisitelerde direksiyonda kolon kesitinde gerilme dağılımı

Yükün eksenel olması halinde, her hangi bir eksantrisitelerde söz konusu olmadığından, kolon kesitinde gerilme düzgün bir şekilde dağılmıştır. Yani $\sigma_{\max} = \sigma_{\min}$ dir (şekil 3.5a). Şekil 3.5b de gösterilen durumda yük küçük bir eksantrisitelerde ile uygulandığından, $\sigma_{\max} = (P/A + f)$, ortalama gerilme $\left(\frac{P}{A} \right)$ dan büyük, buna karşılık $\sigma_{\min} = (P/A - f)$ ise ortalama gerilmeden küçüktür. Şekil 3.5c de ise P kolon yükü, kolon kesit ekseninin orta üste birinin de kenarında uygulanmıştır. Yani eksantrisitelerde $e = d/6$ dir. Bu değer gerilme formüllerinde yerine konursa:

$$\sigma_{\max} = \frac{P}{A} \left(1 + 6 \frac{e}{d} \right) = \frac{P}{A} \left(1 + 6 \frac{d/6}{d} \right)$$

$$\sigma_{\max} = 2 \frac{P}{A}$$

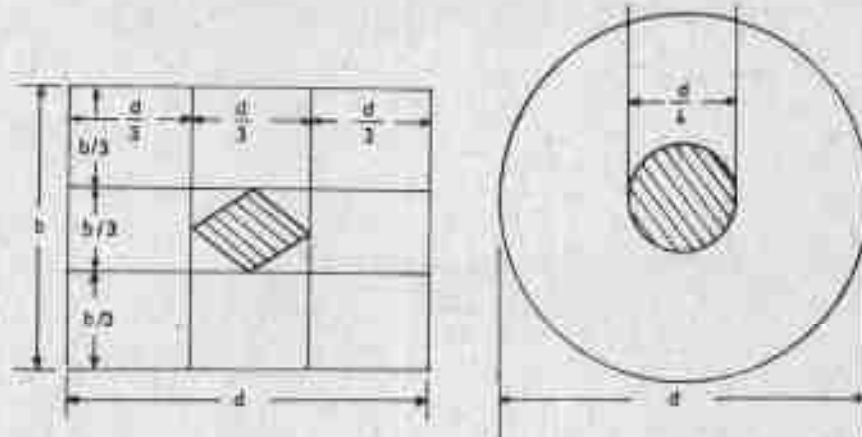
$$\sigma_{\min} = \frac{P}{A} \left(1 - 6 \frac{e}{d} \right) = \frac{P}{A} \left(1 - 6 \frac{d/6}{d} \right)$$

$$\sigma_{\min} = 0 \text{ dir.}$$

Elde edilen bu sonuçlar, Orta üçte bir kuralının doğruluğunu göstermektedir. Bu kurala göre, bileşke kuvvet kesitin orta üçte birinde uygulandığı sürece, tüm kesit alanı basınç (basma) gerilmesine maruzdur. Eğer yük, kesit alanın orta üçte birinin dış kenarında uygulanırsa, yüke yakın kesit kenarındaki basınç gerilmesi, ortalama gerilmenin iki katına karşı kenardaki gerilme ise sifıra eşittir.

Şekil 3.5 d de, P kuvvetinin kesitin orta üçte biri dışında uygulandığı hal görülmektedir. Bu durumda, kolon kesitindeki maksimum buma gerilmesi (σ_{\max}) kesitin basınca maruz alandaki ortalama gerilmenin iki katının alınması ile bulunur. Şüphesiz basınç gerilmesine maruz alan, kolonun tüm kesit alanından daha azdır.

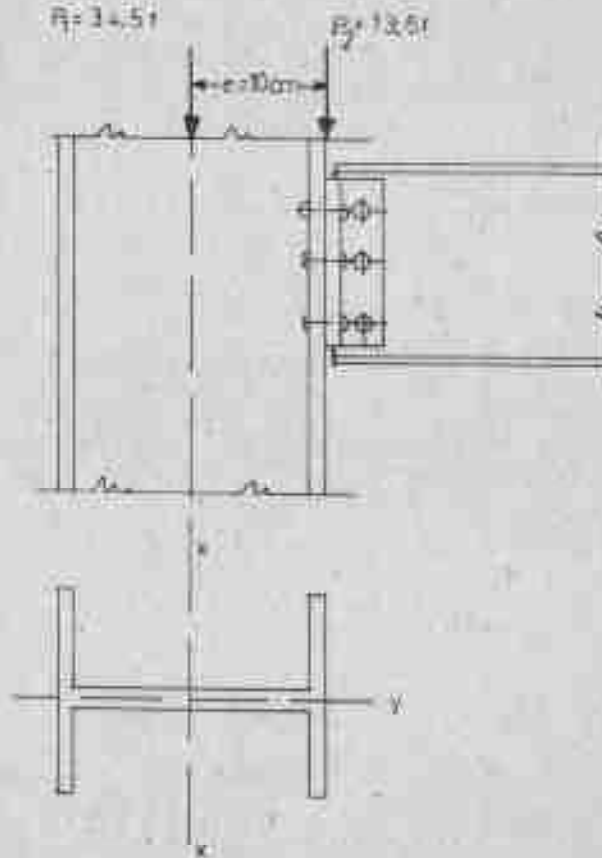
Eksantrik yüklemeye ilişkin daha önceki tartışmalarda, (Şekil 3.5) eksantrik yük (P) nin y-y eksenini üzerinde her hangi bir noktada etki yaptığı kabul edilmisti. Uygulamada, ise, P kuvvetinin hem x-x eksenine ve hem de y - y eksenine göre bir eksantrisitesi söz konusu olabilir. Şekil 3.6 da dikdörtgen ve dairesel kesitli kolonlarda, tüm kesitte basınç gerilmesinin olması için, yükün uygulanması gerektiği alan, taralı olarak gösterilmiştir. Bu taralı alanlara *Çekirdek* denir. Eksantrik yüklemeye için yukarıda verilen formüller sadece kısa kolonların analiz ve projeleneğinde uygulanabilir.



Şekil 3.6 Kolon kesitinde çekirdek alan

3.6 Kolonlarda Eğilme Faktörleri

Kolonlar çoğunlukla, aksenal yük haricinde eksantrik yükleme nedeniyle eğilme gerilmelerine de maruz kalabilirler. Şekil 3.7 de hem aksenal ve hem de eksantrik yüklemeyle maruz bir kolon kesiti gösterilmiştir. Eksantrik yüklü kolonların projeleneğinde tatonman (hata ve tecrübe) yaklaşımına başvurulur. Projelirmede, aksenal ve eksantrik yükün eğer aksenal yük'e çevrilmesinde yarar vardır. Bu işlem yapıldıktan sonra proje işlemine başlamak için, kolon tablularından uygun bulunan bir kesit seçilebilir.



Şekil 3.7 Kolonlarda aksenal ve eksantrik yükleme

Kolon kesitlerinin özelliklerini gösteren tablularda, B_x ve B_y eğilme faktörleri de vardır. Eğilme faktörü (A/Z) kolon kesit alanının, kesit

modülüne (mukavemet momentine) bölünmesiyle elde edilir. Her kesitin iki kesit modülü (mukavemet momenti) olduğundan, söz konusu kesitin $x - x$ ve $y - y$ eksenine göre sırasıyla B_x ve B_y olmak üzere iki eğilme faktörü vardır.

Eşdeğer eksenel yükün bulunmasıyla, eksantrik yükten ortaya çıkan eğilme momenti, eğilme faktörü ile çarpılır.

Örnek 1. Verilen: Şekil 3.7 de gösterilen IP 20 geniş başlıklı I çeliğinden oluşan kolonda, serbest kolon uzunluğu ($L = L_k$) 4.30m, eksenel yük 34.5 ton, $x - x$ ekseninden eksantrisitesi $e = 10$ cm olan eksantrik yük 13.6 tondur.

İstenen: Kolon, üzerine gelen yükü emniyetle taşıyabilir mi?

Çözüm:

- 1) Eksantrik yük kolon ekseninden 10 cm mesafede etki yaptığını göre, ortaya çıkan eğilme momenti:

$$M = P \cdot e = 13,6 \text{ t} \times 10 \text{ cm} = 136 \text{ t} \cdot \text{cm}$$

- 2) Eğilme faktörü: (Cotvel 3.1) den

$$A = 82,7 \text{ cm}^2$$

$$Z_x = 495 \text{ cm}^3$$

$$B_x = \frac{A}{Z_x} = \frac{82,7}{495} = 0,17 \text{ dir.}$$

Bu durumda eksantrik yük için eşdeğer eksenel yük eğilme momenti ile eğilme faktörünün çarpımına eşittir.

$$M = 136 \text{ t} \cdot \text{cm} = 136 \cdot 1000 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$B_x = 0,17$$

$$P_2 = M \cdot B_x = 136 \cdot 1000 \times 0,17 = 23120 \text{ kg dir.}$$

- 3) Kolona etki yapan toplam eksenel yük:

$$P_{\text{et}} = P_1 + P_2 + P_3 = 34500 + 13600 + 23120 \\ = 71220 \text{ kg}$$

$$P_{\text{et}} = 71220 \text{ kg.}$$

Bu durumda eşdeğer eksenel yük 71220 kg dir.

- 4) Kolonun emniyetle taşıyabileceği yük:

$$A = 82,7 \text{ cm}^2$$

Çerçel (3.1) den

$$r = 5,08 \text{ cm}^2$$

$$\lambda = \frac{I_{xx}}{r} = \frac{430}{5,08} = 85 < 120$$

$$\frac{P}{A} = 1200 - 0,034 \frac{I_{xx}^2}{r^2} = 1200 - 0,034 \frac{430^2}{5,08^2}$$

$$\frac{P}{A} = 1200 - 245 = 955$$

$$P = 955 \times 82,7 = 78979 \text{ kg} > P_{es} = 71220 \text{ kg}$$

Bu nedenle, kolon üzerine gelen aksenal ve eksantrik yükü emniyetle taşıyabilir.

Örnek 2. Verilen: Şekil 3.8 de gösterilen ahşap kolonun kesiti 30 x 30 cm, serbest uzunluğu ise 3,00 m dir. Kesitin y-y eksenini üzerinde $e = 10$ cm de $P = 27000$ kg lık bir eksantrik yük etki yapmaktadır.

İstenen: Kolon kesitindeki maksimum ve minimum gerilmeyi bularak gerilme diyagramını çiziniz. Kolon bu yükü emniyetle taşıyabilir mi?

Çözüm:

1) Narınlık oranı $\lambda = \frac{300}{30} = 10 < 11$

Kolon kısa kolondur.

2) Eksantrik yüklü kısa kolonlarda

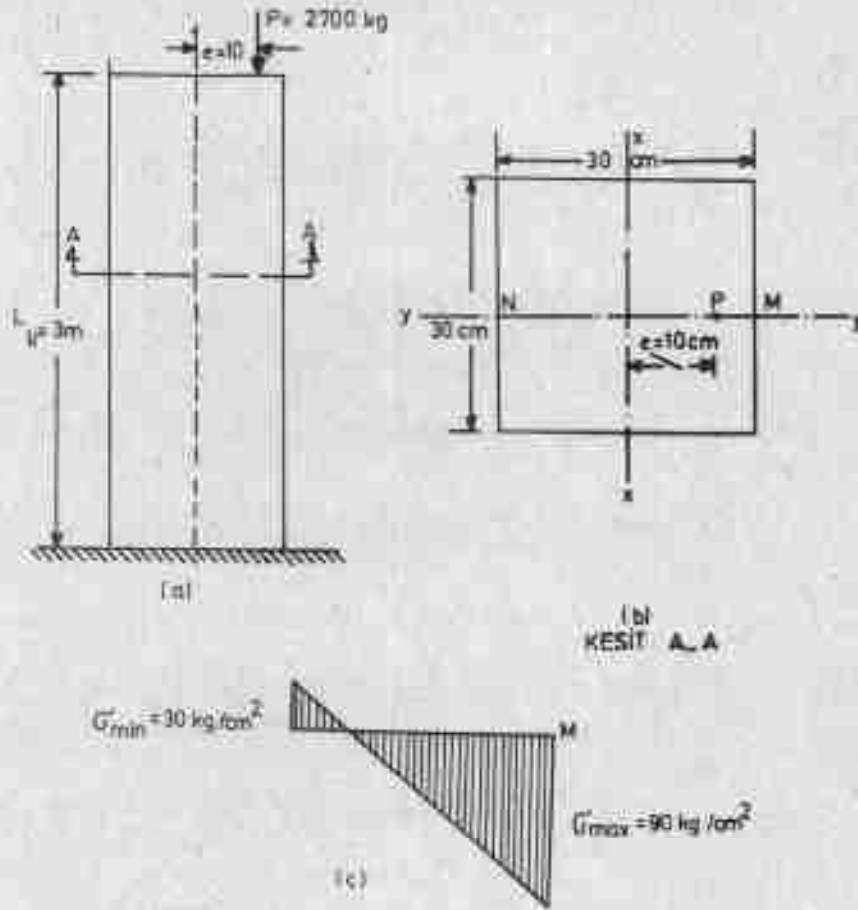
$$\sigma_{max} = \frac{P}{A} \left(1 + e \frac{e}{d} \right) = \frac{27000}{900} \left(1 + \frac{6 \times 10}{30} \right)$$

$$\sigma_{max} = 30 (1 + 2) = 90 \text{ kg/cm}^2 \text{ (basınç)}$$

$$\sigma_{min} = \frac{P}{A} \left(1 - e \frac{e}{d} \right) = \frac{27000}{900} \left(1 - \frac{6 \times 10}{30} \right)$$

$$\sigma_{min} = 30 (1 - 2) = -30 \text{ kg/cm}^2 \text{ (çekme)}$$

Gerilme diyagramı şekil 3.8 c de gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Eksantrik yükü kolon.

- 3) Kolonun yapımında kullanılan ahşabın liflere paralel basınç emniyet gerilmesi $\sigma_{em} = 85 \text{ kg/cm}^2$ ise:
- $\sigma_{max} = 90 \text{ kg/cm}^2 > \sigma_{em} = 85 \text{ kg/cm}^2$
- olduğundan kolon üzerine gelen $P = 27000 \text{ kg}$ lik eksantrik yükü emniyetle taşıyamaz.

Problemler:

1. Kesiti 20×20 cm, serbest uzunluğu $L = 3,00$ m olan ikinci sınıf çamdan yapılmış bir kolonun üzerine gelen aksenal yük 12 ton dur. Kolon üzerine gelen yükü emniyetle taşıyabilir mi?
2. Kesiti 20×10 cm, serbest uzunluğu $L = 4,00$ m olan ikinci sınıf çamdan yapılmış bir kolonun üzerine gelen aksenal yük 3 tondur. Kolon üzerine gelen bu yükü emniyetle taşıyabilir mi?
3. Serbest uzunluğu $L = 3,00$ m, üzerine gelen aksenal yük $P = 6$ ton olan ikinci sınıf çamdan yapılmış bir kolonun gerekli kesitini bulunuz.
4. Serbest uzunluğu $L = 4,5$ m, üzerine gelen aksenal yük $P = 4$ ton olan ikinci sınıf çamdan yapılmış bir kolonun gerekli kesitini bulunuz.
5. Kesiti 25×30 cm, serbest uzunluğu 2,5 m olan ikinci sınıf çamdan yapılmış bir kolona, kesitin uzun akseni üzerinde eksantritesi $e = 10$ cm olan 8 ton luk bir yük gelmektedir. Kolon kesitinde ortaya çıkan gerilmeleri tayin ediniz. Kolon üzerine gelen bu yükü emniyetle taşıyabilir mi?
6. Serbest uzunluğu $L = 4,00$ m olan IP 30 geniş başlıklı I profilinden yapılan bir kolonun emniyetle taşıyabileceği yükü hesaplayınız.
7. Serbest uzunluğu $L = 5,00$ m, üzerine gelen aksenal yük $P = 60$ ton olan geniş başlıklı I profilinin kesiti ve nitelikleri ne olmalıdır?

4. EKYERLERİ VE BAĞLANTILAR

Yapı analiz ve projelendirmesinde son aşama, yapı unsurlarının ek yerleri veya bağlantıların projelendirilmesi ve detaylandırılmasıdır. Uygulamada ek yeri teşkilinde genellikle çelik ve ahşap malzeme söz konusudur. Her iki malzemeye uygulanan projelendirme prensibi benzer olmakla beraber, ayrıntılar malzemenin özelliğine göre tesbit edilir. Bu nedenle çelik ve ahşap yapı elemanlarının ek yerleri ayrı başlıklar altında tartışılacaktır.

Hangi malzeme söz konusu olursa olsun, ek yeri teşkilinde, kuvvet eksantrisitesinden sakınılmalıdır. Aksi takdirde, ek yerinde direk gerilmeler yanında, önemli seviyelere varan eğilme gerilmeleri de ortaya çıkar. Ek yerinde eksantrisiteden kaçınmanın tek yolu söz konusu elemanların boyolanma eksenlerinin ek yerinde tek bir noktada kesişmesidir. (Şekil 4.1). Örneğin çelik elemanların birleştirilmesinde perçin veya kaynaktan yararlanılıyorsa, bunların teşkil ettiği grupların ağırlık merkezleri, söz konusu elemanların taraflık eksenleri üzerinde olmalıdır. Eksantrisite önemli seviyeye varıyorsa bu husus projelendirmede gözünde bulundurulmalıdır.

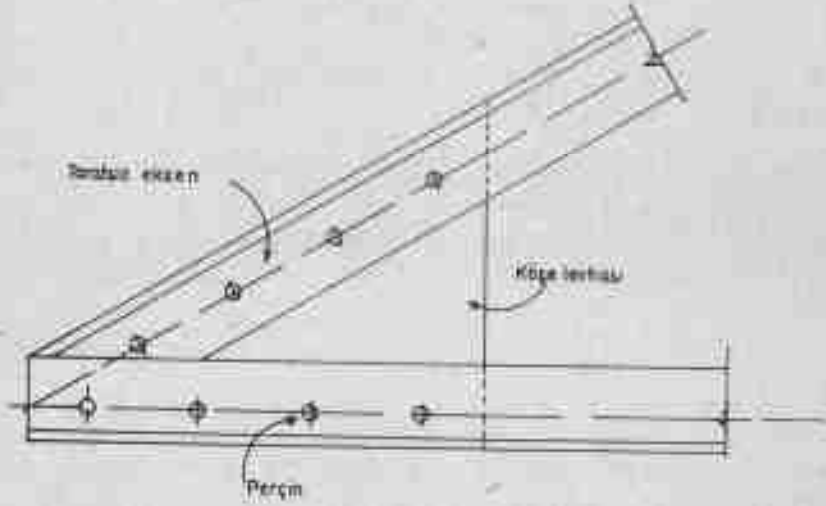
4.1 Çelik Yapı Elemanlarında Ek yerleri

Çelik yapı elemanları genellikle perçin, blon (rivata) veya kaynakla eklenir (Şekil 4.2).

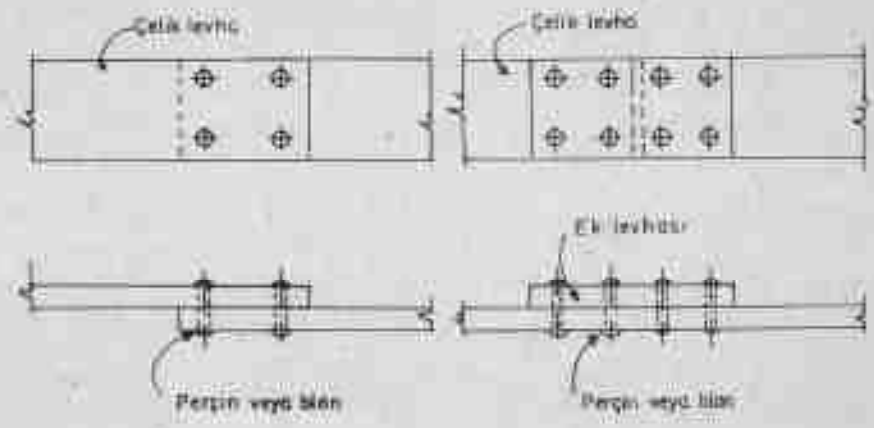
4.1.1 Perçinli Ek yerleri

Perçin hafif kesik koni bir gövde ile, yarım küre şeklinde bir başlıktan oluşur. Perçinler yuvarlak ve gömme başlıklı olmak üzere iki tiptir. Ek yerlerinin yapımında perçinler sıcak veya soğuk olarak kullanılır. Soğuk perçinler taşıyıcı olmayan elemanlarda, daha ziyade demir doğramalarda kullanılır.

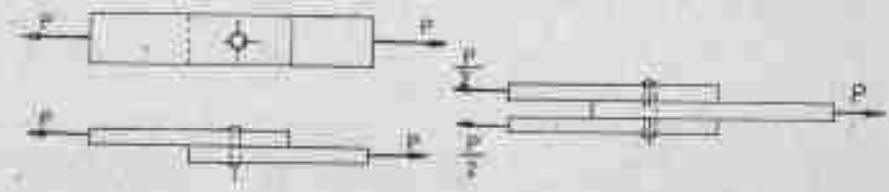
Perçinler, ek yerlerinde tek veya çift tesvili olarak çalışır (Şekil 4.3).



Şekil 4.1 Ekseninde eksantrik olarak sabitleme



Şekil 4.2 Çelik yapı elemanlarının alınması şekilleri



Şekil 4.3 Tak ve çift taraflı çalınan perçinler

Şekil 4.3 a da gösterilen bindirmeli basit bir ek yerini düşünelim. Sol elemandaki (üst) çekme kuvveti perçin aracılığı ile sağ elemana (alt) aktarılmaktadır. Bu durumda perçin kesiti kesme gerilmesine maruzdur.

Perçinli ek yerlerinin projelendirilmesinde aşağıda belirtilen hususlar gözönünde bulundurulur.

1) Ek yerinde birden fazla perçin kullanıldığı zaman, toplam gerilme her bir perçine eş olarak dağılır.

2) Her hangi bir perçin kesitindeki kesme gerilmesi kesitin her noktasına eş olarak dağılır.

3) Perçin gövdesi deliği tamamen doldurur. Delik cidarında ortaya çıkan ezilme gerilmesi, boyutu cidarın kalınlığı ve perçinin çapı olan bir dikdörtgen alanda eş olarak dağılır.

4) Perçin mukavemeti, perçinin nominal çapına göre hesaplanır. Ancak, kritik kesitlerde ise perçin çapı 3 mm artırılır.

5) Hesapla bulunan gerilme taşıyan ek yerleri angari kaynaklı ise en az 5000 kg lık bir kuvvete göre projelenir. Perçinli veya blonlu ek yerlerinde en az iki adet perçin veya blon kullanılır.

Ek yerinde tek bir perçinin proje mukavemetinin karşılaştırılmasında, perçinin kesilme veya levhanın ezilmesi için gerekli kuvvetler hesaplanır. Bu kuvvetlerden hangisi küçük ise o kuvvet perçin mukavemeti için esas alınır.

Ek yerinde tek bir perçinin kesme yönünden aktarabileceği kuvvet şöyle ifade edilir:

$$P = \frac{\pi d^2}{4} \times T \times n$$

Formülde :

P = Perçinin kesme yönünden emniyetle taşıyabileceği kuvvet (kg)

d = Perçin çapı (cm)

T = Perçinin yapıldığı malzemenin kesme emniyet gerilmesi (kg / cm²)

n = Perçinde kesilen yüzey sayısı

Şekil 4.3 den görülebceği gibi yukarıda verilen formüldeki n değeri, tek tesirli perçinlerde $n = 1$, çift tesirli perçinlerde ise $n = 2$ alınması zorunludur.

Perçinin birleştirdiği levhanın ezilmesi yönünden emniyetle aktarabileceği kuvvet ise aşağıda belirtilen formülden hesaplanır:

$$P = t \times d \times \sigma$$

Formülde:

P = Perçinin birleştirdiği levhanın ezilmesi yönünden emniyetle aktarabileceği kuvvet (kg)

t = Birleştirilen parçaların en incisinin kalınlığı (cm)

σ = Birleştirilen parçalara yapıldığı malzemenin ezilmeye (hasıma) karşı emniyet gerilmesi (kg/cm^2)

Belirli bir kuvveti, perçinli bir ekyeri ile aktarırsa, hesaplar aşağıda belirtilen iki alternatiften birisine göre yapılır:

1) Perçin çapı ve sayısı önceden kararlaştırılarak, her bir perçine düşen kuvvet, perçinin emniyetle aktarabileceği kuvvetle karşılaştırılır.

2) Ekyerinde kullanılacak perçinin çapı seçilir, bu perçinin emniyetle taşıyabileceği kuvvet bulunduğundan sonra, ekyerinde aktarılacak kuvvet, bulunan bu kuvvete bölünerek gerekli perçin sayısı bulunur.

Uygulamada genellikle kullanılan yuvarlak ve gömme başlıklı perçinlerin karakteristikleri Cetvel 4.1 de gösterilmiştir.

Örnek 1. Verilen: Çelik bir çatı makasının bir taban düğümünde birleşen yatay çubuklar St 37, Çift L 100.100.10 profiline yapılmıştır. Yatay çubuklar 40 tonluk bir çekme kuvveti taşımaktadır.

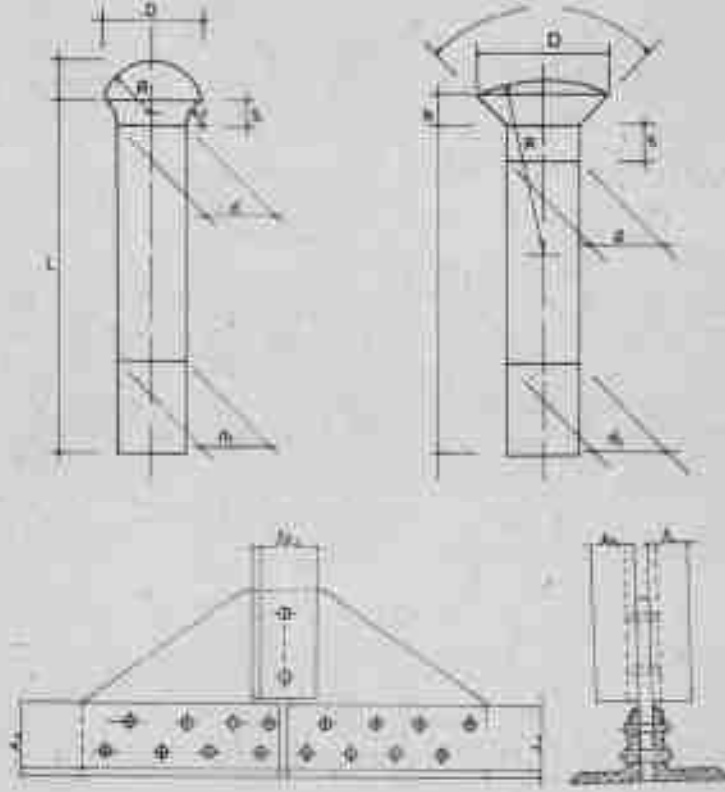
İstenen: Yatay çubuklar düğümde 10 mm kalınlığında bir çelik levha aracılığı ile yuvarlak baş perçinle eklenmektedir. Gerekli perçin sayısını hesaplayınız (Şekil 4.4).

Çözüm: Ek yerinde $d = 16$ mm perçin kullanılması öngörülürse, kuvvet aktarılması bir bağlama levhası aracılığı ile yapılacağına göre, her bir perçin çift tesirli olacaktır. Boşer perçinin keeme yönünden emniyetle aktarabileceği kuvvet ($T_{em} = 1400 \text{ kg/cm}^2$):

$$P = \frac{\pi d^2}{4} \times T_{em} \times n = \frac{3.14 \times (1.6)^2}{4} \times 1400 \times 2 = 5627 \text{ kg}$$

Gedvid 4.1. Pārējo āraukšņušķidrumi

Pārējo cips d (mm)	Iedzīk cips da (mm)	Eis kateģorija csp d _g (mm)	Kārti f (mm ²)	Yvontāks - Iuģh pūstāris			Lābumu hūds pūstāris			
				D (mm)	A (mm)	H (mm)	D (mm)	A (mm)	H (mm)	
10	11	9,4	0,02	16	6,5	8	14,3	3	21	75
12	13	11,1	1,22	19	7,5	9,5	18,9	4	43	75
14	15	13,2	1,77	22	9	11,6	21,3	5	58	75
16	17	15,2	2,47	25	10	13	26,0	6,5	82	75
18	19	17,1	3,44	28	11,5	14,5	30,0	8	113	75
20	21	19,1	4,65	32	13	16,5	33,5	10	134,5	60
22	23	20,9	6,15	36	14	18,5	38,5	11	151,5	60
24	25	22,9	8,91	40	16	20,5	43,0	12	171	60
27	28	25,8	12,19	45	17	22,6	49,0	13,5	211	60
30	31	28,6	17,35	51	19	24,3	55,5	15	234	45



Şekil 4.4 Döğmede perçin ekviti

Profil ve bağlama levhasının kalınlığı aynı olduğundan, her bir perçinin ezilme (basınç) yönünden aktarabileceği kuvvet ($\sigma_{em} = 2800 \text{ kg/cm}^2$):

$$P = r \times d \times \sigma = 0.1 \times 1.6 \times 2800 = 4480 \text{ kg}$$

$$P_{aktim} = 4480 \text{ kg}, P_{aktm_2} = 5627 \text{ kg}$$

Bu nedenle, perçin hesabında her bir perçinin emniyetle aktarabileceği yük $P_{aktm} = 4480 \text{ kg}$ kabul edilecektir. Bu durumda ek yerinde gerekli perçin sayısı (n):

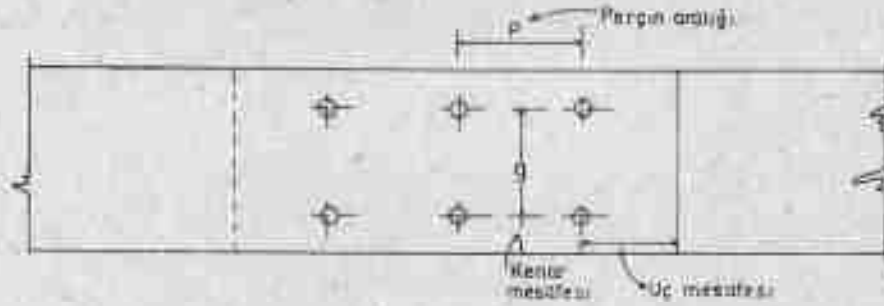
$$n = \frac{40000 \text{ kg}}{4480 \text{ kg}} = 8.9 \text{ dir}$$

Bu durumda iki yatay çubuğun birleştirilmesinde bir net tam sayı olan 9 gerekli perçin sayısı olacaktır.

Perçin Aralığı: Yukarıdaki problemde üst konusuk ek yerinin projelendirilmesinin tamamlanması için, ekyerinde perçin aralıklarının ve perçinlerin levha kenarlarından olan uzaklıklarının belirlenmesi zorunludur.

Perçin aralığının saptanmasında uygulanan kurullar daha önce kazanılan tecrübeler ve laboratuvar deneylerine dayanır.

Perçinler birbirinden büyük aralıklarla yerleştirilirse, birleştirdiği levhalar birbirine iyice yapışmaz ve aralarına su girerek pas teşekkül eder. Perçin aralığı, perçin deliklerinin merkezleri arasındaki uzaklığı (P ve g), uç mesafesi (E), perçin deliğinin merkezinden, bağlama levhasının ucuna kadar olan mesafeyi, kenar mesafesi (e) ise perçin deliğinin merkezinden bağlanan elemanların kenarına kadar olan uzaklığı ifade eder. (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 perçin aralığına ilişkin tanımlar

1. **Uç mesafesi (E):** Uç mesafesi, perçinin kesmeye maruz alanının (Çift tesirli perçinlerde alanının iki katı), levha kalınlığına bölünmesi ile elde edilecek uzunluktan daha az olmamalıdır.
2. **Kenar mesafesi (e):** Kenar mesafesi, levha kalınlığının 12 katından veya 15 mm den fazla olmamalıdır.
3. **Perçin aralığı:** Perçin delikleri arasındaki P mesafesi, perçin çapının 3 katından g mesafesi ise levha kalınlığının 32 katı veya çökme elemanlarında perçin çapının 3 katından az olmamalıdır.

Yukarıda yapılan açıklamadan anlaşılacağı üzere, örnek 1 de gözülen problemde:

Uç mesafesi E :

$$\text{Profilde} = \frac{\text{Kesme alanı}}{\text{Levha kalınlığı}} = \frac{2 \text{ cm}^2}{1 \text{ cm}} = 2 \text{ cm}$$

$$\text{Bağlama levhasında} = \frac{2 \times \text{Kesme alanı}}{\text{Levha kalınlığı}} = \frac{2 \times 2}{2} = 2 \text{ cm}$$

Kenar mesafesi e :

$$e = 12 \times t = 12 \times 1.6 \text{ cm} = 19.3 \text{ cm} > 15 \text{ cm} \therefore e = 15 \text{ cm}$$

Perçin aralığı:

$$P = 3 d = 3 \times 1.6 = 4.8 \text{ cm}$$

Çekme elemanlarının eklenmesi söz konusu olduğundan:

$$g = 3 \times d = 3 \times 1.6 = 4.8 \text{ cm dir.}$$

4.1.2. Blonlu (Cıvatalı) Ekyerleri

Blonlu ekyerlerinin projelentusunda izlenecek işlem, perçinlerde süzül edilebilir aynı olup, sadece dikkate alınacak nokta malzeme kesme ve ezilme emniyet gerilmelerinin farklılığıdır. Perçinlerden farklı olarak blonlar, çekmeye de çalıştırılabilirler ve bu halde çeliğin çekme emniyet gerilmesi kullanılır.

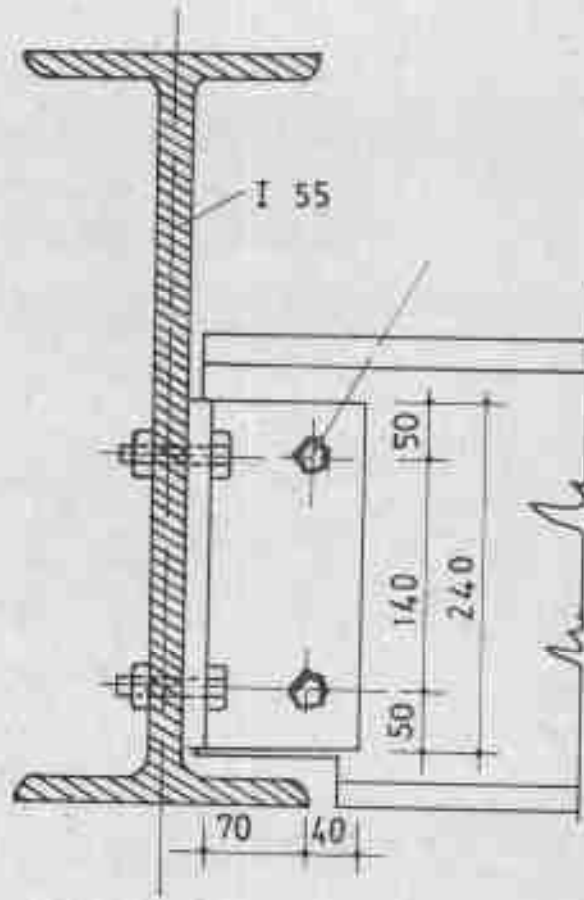
Blonlar, diğ açılmış silindirik bir gövde ve baştan, diğer ucunda da altıgen şeklinde bir somundan oluşur. Somunda mevcut dişler yardımı ile sıkıştırılarak parçalar birbirine bağlanır. Bazı hallerde somunun altına bir pul konur. Özellikle ahşap aksamları ezilmemesi için pul daima kullanılır.

St 37 çeliğinden yapılmış blonlarda, emniyet gerilmeleri kesmeye karşı $T_s = 1120 \text{ kg/cm}^2$, ezilmeye karşı $\sigma_z = 2800 \text{ kg/cm}^2$ ve çekmeye karşı da $\sigma_t = 1000 \text{ kg/cm}^2$ alınır.

Metrik sistemde kullanılan blonlar cetvel 4.2 de gösterilmiştir. Taşıyıcı elemanlarda M 12 den küçük blon kullanılmaz. Blon aralıkları 3.5 - 4.0 d arasında seçilir. Hesaplarda blon gövdesinin d_k çekirdek çapı dikkate alınır.

Örnek 1. Verilen: 1 30 luk bir döşeme kirişinin mesnet tepkileri $R_{AY} = R_{BY} = 14$ tondur. Bu kiriş iki L 110.110.12 profilli yardım ile 1 55 lik bir ana kirişe blonla bağlanacaktır (Şekil 4.6).

İstenen: Bağlantılar için gerekli blonun ve sayısının hesaplanması.



Şekil 4.6 Döşeme kirişinin ana kirişe blonla bağlanması

Çözüm : Çizvel 4.2 den M 24 blon seçelim. Blonun çekirdek çapı $d_k = 2,019$ cm, kesit alanı $f_k = 3,170$ cm² dir.

1) Kozmilyerleri ana kirişe bağlayan blonlar:

Bunlar tek tesirli olarak çalıştıklarından her blonun emniyetle taşıyabileceği yük:

Çevre 4.2 Matریك sırtında kullanılan blonlar

Blon No	Çekirdek çapı d_k (mm)	Çekirdek alan I_k (mm ²)
M 12	0.973	0.743
M 16	1.340	1.410
M 20	1.625	2.200
M 22	1.875	2.760
M 24	2.010	3.170
M 27	2.310	4.190
M 30	2.545	5.090
M 33	2.845	6.360
M 36	3.000	7.450
M 39	3.380	8.970
M 42	3.615	10.270
M 45	3.915	12.040
M 48	4.150	13.530
M 52	4.500	16.260

$$P = \frac{\pi d^2}{4} \times T_{em} \times n = \frac{3.14 \times (2.010)^2}{4} \times 1120 \times 1$$

$$P = 3552 \text{ kg}$$

$$\text{Gerekli blon sayısı} = \frac{14.000}{3552} = 3.9 \approx 4 \text{ dür.}$$

2) Korniyerleri döşeme girişine bağlayan blonlar:

Bunlar çift tezriklilerdir, beher blonun kesme yönünden emniyetle taşıyabileceği yük $P = 2 \times 3560 = 7120 \text{ kg}$ dir. Bu nedenle sadece ezilme yönünden kontrol yapılacaktır. 1 30 profilinin kalınlığı $t = 1.03 \text{ cm}$ dir. Beher blonun ezilme yönünden emniyetle taşıyabileceği yük:

$$P = d \cdot t \cdot \sigma_c = 2.010 \times 1.03 \times 2000 = 6078 \text{ kg.}$$

$$\text{Gerekli blon sayısı} = \frac{14.000}{6078} = 2.3 \approx 3 \text{ dür.}$$

4.1.3 Kaynaklı Ekyuvleri

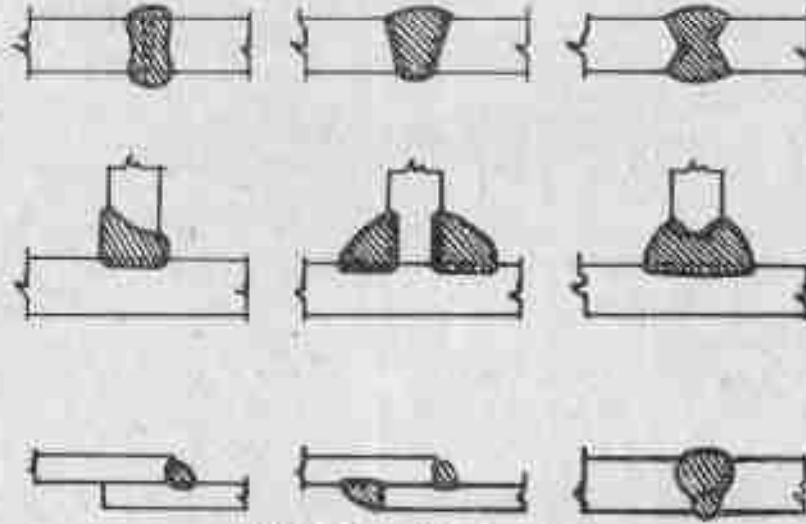
Çelik yapı elemanlarının birleştirilmesinde kaynak özellikle son zamanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu durumun başlıca nedenleri şöyle açıklanabilir:

- 1) Çelik inşaatta gürültünün azaltılması.
- 2) Malzeme tasarrufu.
- 3) Kaynaklı bileşimlerle elde edilen rijidite.

4) Elemanlarda perçin delikleri nedeniyle ortaya çıkan kayıflamanın önlenmesi

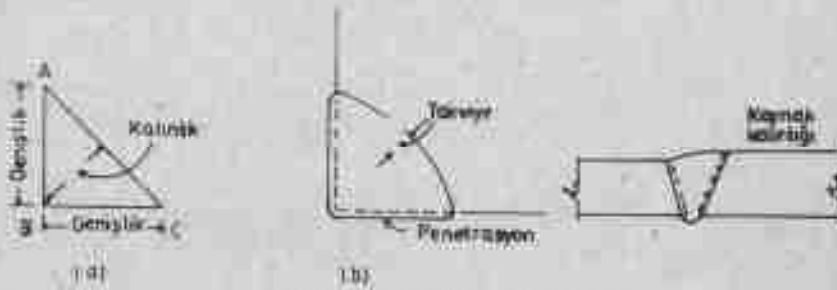
Uygulamada gaz ve elektrik kaynaklarının her ikisi de kullanılmakta ise de, inşaatta genellikle elektrik kaynağı tercih edilir. Bu tür kaynakta, elektrod ve ekyerinde birleştirilen iki parça arasında bir elektrik arkı teşkil edilir. Ortaya çıkan yüksek ısı, birleştirilen elemanların küçük bir kısmını ve elektrodun ucunu eritir. Birleştirilen elemanların yüzeyinde kaynak yerindeki erime derinliğine penetrasyon denir.

Ekyerinde iki çelik elemanı birleştiren (birbirine bağlayan) kaynak parçalarına dikiş denir. Kaynak dikişlerinin bir çok tipleri mevcuttur (Şekil 4.7). Seçilecek kaynak tipi, ek yerindeki yükün büyüklüğüne, uygulanış biçimine, gerekli hazırlığa ve kaynak maliyetine bağlıdır.



Şekil 4.7 Kaynaklı birleşim şekilleri

Çelik yapı elemanlarının birbirine bağlanmasında kullanılan kaynaklar, köşe ve küt kaynak olmak üzere ikiye ayrılır. Köşe kaynağının kesiti yaklaşık olarak bir üçgene benzer. Köşe kaynağının (a) dikiş kalınlığı dikişin içine çizilen üçgenin yüksekliği ile ölçülür. Bu üçgenin kenarlarına kaynak genişliği denir ve maksimum kaynak genişliği kaynatılan elemanların (t) kalınlığı kadar olabilir (Şekil 4.8). Bu durumda genişliği birim uzunlukta olan bir köşe kaynağının kalınlığı $a = 0.7$ dir. Kaynak kenar uzunluğunun 0.7 ile çarpımı dikiş kalınlığını verir.



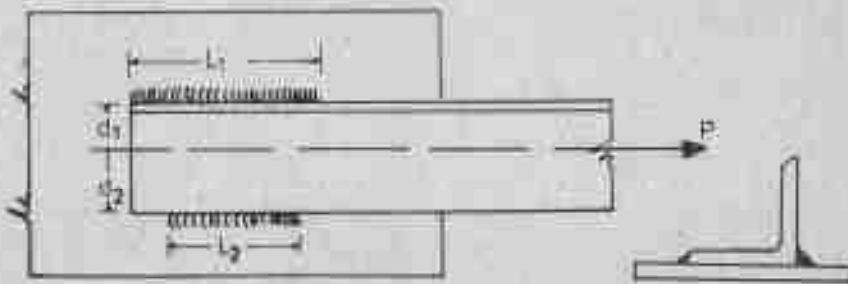
Şekil 4.8 Köşe kaynağının özellikleri

Küt kaynakta ise dikiz kalınlığı (a), birleştirilen parçalardan ince olanının kalınlığına (t) eşit alınır. Yapılarda köşe kaynak, dikiz kalınlığının normal yapılarda olabileceği değerler $a_{\min} = 3 \text{ mm}$, $a_{\max} = 0.7 t_{\min}$ dur.

Köşe kaynağında etkili dikiz alanı, dikiz uzunluğu (L), etkili dikiz kalınlığının (a) çarpımı ile bulunur.

Birleştirilen elemanlar simetrik ise, elemanların ortak boylama ekseninin her iki tarafında eş miktarda dikiz bulunmalıdır. Eğer birleştirilen elemanlar simetrik değil ise, toplam kaynak dikiz uzunluğu her iki taraftaki dikizde eş ortalama gerilme meydana gelecek şekilde bölünür. Diğer bir deyişle, kuvvetin etki yaptığı eksene göre her iki taraftaki momentler eş olur. Simetrik olmayan elemanlar için dikiz uzunluğu şöyle hesaplanır.

Şekil 4.9 da gösterilen ve P eksenel yükü taşıyan bir (L) profili, köşe kaynağı ile birleştirilecektir. Dikişin birim uzunluğunun emniyetle taşıdığı yük (F) ile gösterilirse, kaynak dikişinin toplam uzunluğu:



Şekil 4.9 Kaynak dikiz uzunluğu, $L = L_1 + L_2$

$$L = \frac{P}{F} = L_1 + L_2 \text{ dir.}$$

Her bir kaynak dikişindeki kuvvetin, yükün tesir çizgisine (boylamasına eksene) göre momenti aynı ve sadeleştirilirse:

$$L_1 d_1 = L_2 d_2 \text{ dir.}$$

Yukarıdaki eşitlik L_1 ve L_2 dikiş uzunluğu için çözülebilir:

$$L_1 = \frac{L d_2}{d_1 + d_2}$$

Örnek 1. Verilen: Şekil 4.9 da gösterilen 60.60.10 L profili, x - x ekseni doğrultusunda $P = 20$ tonluk bir kuvvet taşımaktadır. Profil, levhaya köşeli kaynakla kaynaklanmıştır. L_1 ve L_2 dikişlerini projelendiriniz.

Çözüm: Kaynak emniyet gerilmesi σ çekmede $0.75 \sigma_z$, basımda $0.85 \sigma_z$, eğilmeye $0.80 \sigma_z$, kesmede ise $0.65 \sigma_z$ alınır.

- 1) Örneğinizde kaynak dikişi kesmeye maruzdur.
 $\sigma = 0.65 \times 1400 \text{ kg/cm}^2 = 910 \text{ kg/cm}^2$ dir.
- 2) Kaynatılan L profilinin kalınlığı $t = 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$ dir. Kaynak dikiş kalınlığı $a = 0.7 t = 0.7 \text{ cm}$ dir. Bu durumda birim dikiş uzunluğunun emniyetle taşıyabileceği yük:

$$F = 0.7 \times 910 = 637 \text{ kg/cm} \text{ dir.}$$

Gerekli toplam dikiş uzunluğu:

$$L = \frac{P}{F} = \frac{20.000}{637} = 31.4 \text{ cm} \text{ dir.}$$

L 60.60.10 profil için $d_1 = 1.85 \text{ cm}$ (Cetvelden)

$$d_2 = 6.00 - 1.85 = 4.15 \text{ cm} \text{ dir.}$$

$$L_1 = \frac{L d_2}{d_1 + d_2} = \frac{31.4 \times 4.15}{6.0} = 21.7 \text{ cm.}$$

$$L_2 = L - L_1 = 31.4 - 21.7 = 9.7 \text{ cm} \text{ dir.}$$

4.14 Bağlamı Levhalarındaki Gerilmeler

Perçinli, blonlu ve kaynaklı ek yerlerindeki bağlama levhaları, hem kesme ve hem de eğilme gerilmelerine maruzdur. Özellikle hafif çerçeveli tarımsal yapılarla eğilme gerilmeleri çok önemsiz olduğundan genellikle ihmal edilebilir. Buna karşılık kesme gerilmesi yönünden bağ-

lama levhaları mutlaka kontrol edilmelidir. Kesme gerilmesinin niteliği ekyerlerinin analizi ile ortaya çıkar (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 Bağlama levhası

Şekil 4.10 da gösterilen ekyerinin yatay çubuğunun hemen üzerinde $x - x$ yatay düzleminde otki yapan kuvvetleri dikkate alalım. Şekildeki kuvvet üçgeninin tekdikinden anlaşılacağı üzere, bağlama levhası bu düzlem boyunca 12 000 kg'lık bir kesme kuvvetine mukavemet etmektedir. Bu levhadaki kesme gerilmesi:

$$T = \frac{12\ 000}{23 \times 0,8} = 652 \text{ kg/cm}^2 < T_{em} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

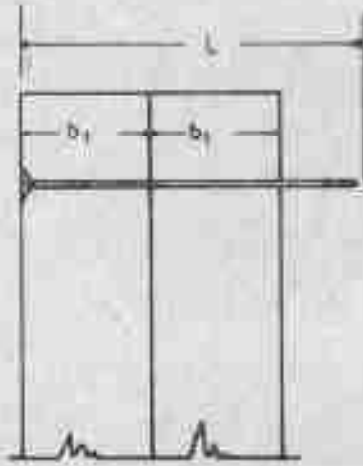
4.2 Ahşap Yapı Elemanlarında Ekyerleri

Ahşap yapılarında kiriş, kolon ve benzeri amaçlar için başarılı bir şekilde kullanılır. Uygulamada ahşap yapı elemanlarında karşılaşılan başarısızlığın en büyük nedenlerinden birisi ek yerinin yeterli bir şekilde projelendirilmesi olmamasıdır.

Son zamanlarda ahşap ekyerlerinin projelendirilmesinde önemli gelişmeler olmuştur. Çivi ve vidaların tutma mukavemetleri test edilip değerlendirilebilmektedir. Bugün elde mevcut olanaklar ek yerinin ekonomik ve randımanlı bir şekilde yapılmasına imkân vermektedir.

4.2.1 Çivili Bağlantılar

Ahşap ekyerlerinin teşkilinde en yaygın olarak kullanılan araçlardan birisi çividir. Çiviler uygulamada kesirli bir numara ile ifade edilir. Çivi numarasını gösteren kesirde pay, mm olarak çivi çapının (d) on katını, payda ise çivinin mm olarak uzunluğunu gösterir. Örneğin numarası 34/90 olan bir çivinin çapı, 3,4 mm, uzunluğu ise $L = 90$ mm dir. Çiviler kesmeye çabıtlıklarında tek veya çift tesirli hesaplanırlar (Şekil 4. 11).



$$L > 25 b_1$$

Tek tesirli



$$L = 2 b_1 + b_2$$

Çift tesirli

Şekil 4.11 Çivinin tek ve çift tesirli çalışması

Bir çivinin taşıyabileceği kesme (lateral) kuvveti:

$$\text{Tek tesirli çivilerde} \quad F = 3,5 \cdot D^2$$

$$\text{Çift tesirli çivilerde} \quad F = 7 \cdot D^2$$

Yukarıdaki formüllerde (D) çivinin mm olarak çapıdır. F de kg olarak emniyetle taşıyabileceği kesme kuvvetidir.

Bu durumda ekyeri için gerekli çivi sayısı:

$$n = \frac{P}{F} \text{ dir.}$$

Formülde :

$$n = \text{Çivi sayısı}$$

$$P = \text{Ekyerindeki toplam kesme kuvveti (kg)}$$

$$F = \text{Bir çivinin emniyetle taşıyabileceği kesme kuvveti (kg)}$$

Çivilerin çakılmasında aralıklar:

Kuvvet doğrultusunda:

Kuvvetin olduğu kenardan	: 12 D
Çivilerin aralıkları	: 10 D
Diğer kenardan	: 5 D

Kuvvet doğrultusuna dik doğrultuda:

Kenarlardan	: 5 D
Çivi aralığı	: 5 D dir.

Bir çivinin tek veya çift tesiri olduğuna göre taşıyabileceği kesme kuvveti (kg) ve kullanıldıkları ahşap kalınlıkları cetvel 4.3 de gösterilmiştir. Her çivinin taşıyabileceği kuvvet, ahşap emniyet gerilmesi gözönünde bulundurularak hesaplanır. Ahşabın yarılmaması için, belirli ahşap kalınlığı için belirli çivi çapı kullanılır.

4.2.2 Blonlu Bağlantılar

Blonlu ahşap ek yerinin mukavemeti kullanılan blonun çapına, uzunluğuna ve ahşabın mukavemetine bağlıdır. Blonlar ağacın çalışması sona erdikten sonra kullanılmak, deliklere iyice geçiş oynanmamalıdır. Şekil 4.12 de blonlu ek yerindeki gerilme dağılımı gösterilmiştir.

Blonların taşıyabileceği liflere paralel kesme kuvveti cetvel 4.4 de gösterilmiştir.

Blonla yapılan ek yerlerinde aşağıdaki hususlar görünümünde bulundurulmalıdır.:

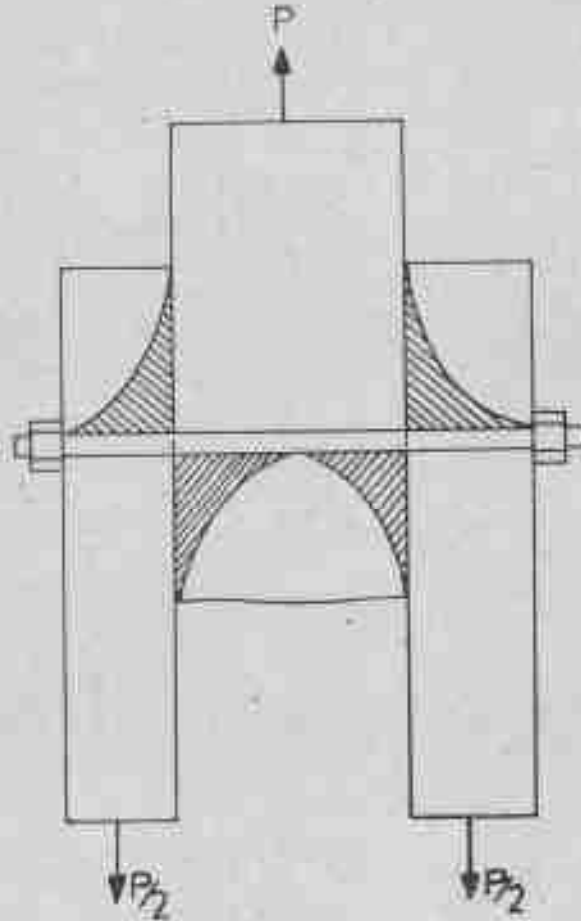
- 1) Blonlar kesme düzlemine dik konulmalıdır.
- 2) Blonlar deliklere gayet iyi geçmeli ve içerisinde oynamamalıdır. İki den fazla ağacı birleştiren blonlarda delikler makina ile açılmalıdır.
- 3) Kullanılacak blon çapı en az 10 mm, en küçük ahşap kalınlığı 8 cm olan ağaçlarda 12 mm olmalıdır.
- 4) Blonların araları liflere paralel doğrultuda $e > 7 d$ veya $e > 10$ cm alınmalıdır.

4.2.3 Kamalarda Bağlanın

Uygun şekilde projelendiği takdirde, ahşap veya çelik kamalar kullanmak suretiyle sağlam ve etkili ahşap ek yerleri yapmak mümkündür. Kama ahşaptan yapıldığı takdirde bu amaçla sert ağaç kullanılır. Bağlantı temin edilecek iki ahşap arasında teşkil edilen yuvaya,

Tablo 4.2 Bir çözümlü taşıyılabilir yük

Alt katın kalınlığı (mm)	Çivi aralığı (mm) esp. (1/10' mm)	Bir çözümlü taşıyılabilir yük (kg)	
		Tek yönlü	Çift yönlü
20	20/65	30	60
	31/70	37,5	75
	34/90	42	84
22	20/65	30	60
	31/70	37,5	75
	34/90	45	90
24	31/70	37,5	75
	34/90	45	90
	38/100	52,5	105
26	34/90	45	90
	38/100	52,5	105
	42/110	62,5	125
28	34/90	45	90
	38/100	52,5	105
	42/110	62,5	125
30	38/100	52,5	105
	42/110	62,5	125
	46/120	72,5	145
32	38/100	52,5	105
	42/110	62,5	125
	46/120	72,5	145
34	42/110	62,5	—
	46/120	72,5	145
	50/130	82,5	165
36	46/120	72,5	145
	50/130	82,5	165
	54/140	92,5	185
38	46/120	72,5	145
	50/130	82,5	165
	54/140	92,5	185
40	50/130	82,5	—
	54/140	92,5	185
	58/150	102,5	205
42	54/140	92,5	185
	58/150	102,5	205
	62/160	112,5	225
44	58/150	102,5	—
	62/160	112,5	225
	66/170	122,5	245
46	62/160	112,5	225
	66/170	122,5	245
	70/180	132,5	265
48	66/170	122,5	—
	70/180	132,5	265
	74/190	142,5	285
50	70/180	132,5	265
	74/190	142,5	285
	78/200	152,5	305

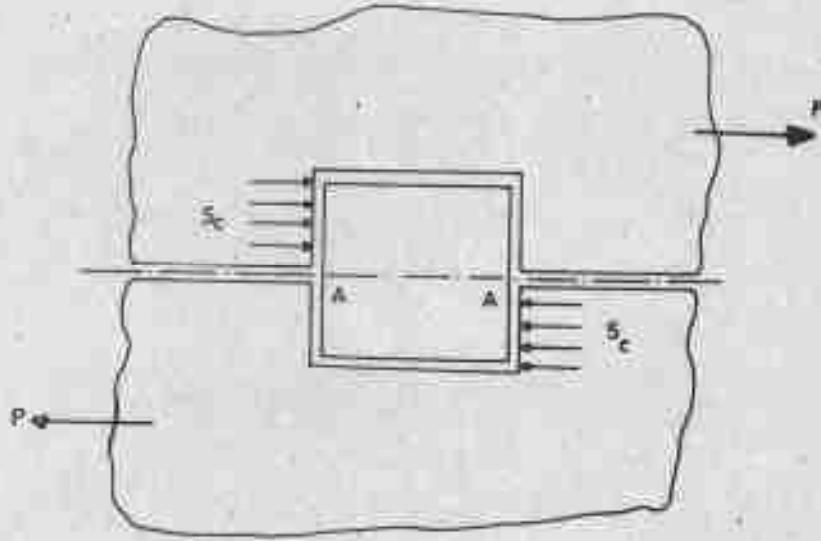


Şekil 4.12 Hüsula ekvivalans görünüşü (a) plan

Çizelge 4.4 Hüsulanın taşıyıcılığında ilkönce paralel kesitler

Çift tekerli	Çam	Meşe ve Kayın
<p>Çift tekerli</p>	Orta ağaç 65 a d veya max. 200 d ² Kuru ağaç 55 a d veya max. 200 d ²	Orta ağaç 100 a d veya max. 450 d ² Kuru ağaç 85 a d veya max. 300 d ²
<p>tek tekerli</p>	40 a d veya max. 170 d ²	50 a d veya Max. 200 d ²

đüz bir bloktan oluşan kama şekil 4.13 de görüldüğü gibi yerleştirilir. Kamaların fonksiyonu çökme veya basma kuvvetlerini bir elemandan diğereine iletmeektir. Uygulamada kamaları yerinde tutmak için, bağlantı teğkil edilen elemanlar birbirine bñmler bağlanır. Bu durumda kama perçin gibi kesmeye maruz bulunur ve eklediğı ağırlı çar.



Şekil 4.13 Kamaların kullanımı

5. TARIMSAL İNŞAATA KULLANILAN YAPI MALZEMESİ

Doğada mevcut ham malzemenin işlenerek yapıda kullanılabilirlik durumuna getirilmesi, yapıların projelendirilerek realize edilmesi mühendisin görev sorumluluk alanına girer. Mühendisin yapıları başarı ile projelendirip inşa edebilmesi için, kullanacağı malzemenin özelliklerini iyi bir şekilde bilmesi gereklidir. Malzemenin bilinmesi gerekli en önemli özellikleri, su, rüzgar, güneş, yük v.b. tahrip edici etkenlerin sürekli etkileri altında ne gibi reaksiyon göstereceğidir.

Yapı malzemesi hakkında bugün bilinen prensip ve gerçekler, bir çok araştırıcının uzun senelere dayanan gözlem ve çalışmalarını sonucunda ortaya çıkmıştır. Bugün inşaatda kullanılan taş, ahşap, tuğla metal, beton v.b. malzemenin özelliklerini ortaya koyan prensipler yeter derecede bilinmektedir. Buna karşılık toprak, plastik v.b. malzemenin özellikleri ise günümüzde bile araştırma konusudur.

5.1 Yapı Malzemesinde Aranılan Özellikler

Belirli bir yapı için en uygun malzemenin seçimi basit bir işlem değildir. Seçimde malzemenin bir çok özelliklerinin gözönünde bulundurulması zorunludur. Çoğu kez, birden fazla malzeme, karşılıklı fayda ve sakıncaları ile yani amaç için başarı ile kullanılabilir. Bu nedenle mühendisin malzeme seçiminde bütün teknik bilgi, tecrübe ve sağduyusunu kullanması gereklidir. Her hangi bir amaç için en uygun malzeme, yeter derecede dayanıklı ve uygun görünüşü olan en ucuz malzemedir. Bu niteliklerin değerlendirilmesinde, malzemenin kullanılma yerine ilişkin faktörlerin gözönünde bulundurulması zorunludur.

Malzemenin Dayanıklılığı: Malzemenin belirli bir amaca uygun olması için dayanıklı olması istenir. Dayanıklılıktan kasıt, yapının servis ömrü boyunca tahrip edici dış etkenlere mukavemet etmesi ve kendisinden beklenen fonksiyonu yerine getirmesidir. Malzemenin tahribatı yolaçan etkenler çeşitlidir. Bu etkenler çeşitli enerji şekillerinin malzeme

ile ilişkisi sonucunda ortaya çıkarlar. Mekaniksel, kimyasal ve elektrik enerjisi, ışık ve radyasyon gibi etkenler yapı malzemesinin niteliklerini değiştirmeye çabır. Malzemenin dayanıklılığı, yapının servis ömrü boyunca bütün bu tahrip edici etkenlere mukavemet edebilme niteliği ile ölçülür.

Malzemenin Görünüşü: İyi projelenmiş bir yapı, çevresi ile uyum halindedir. Yapının genel görünüşüne, hem yapının formu ve hatları hem de kullanılan malzeme çeşidi etki yapar. Örneğin taş, ahşap, v.b. malzemenin işleme kolaylığı görünüşüne önemli ölçüde etki yapar.

Malzemenin Ucuzluğu: Malzemenin fiyatı ve inşaat yerine taşınması ve inşaatta kullanılmasının mümkün olduğu kadar ucuz olması istenir. Bu nedenle, özellikle tarımsal inşaatta malzeme seçiminde lokal malzemeden yararlanma olanağının iyice araştırılması son derece önemlidir.

Tarımsal inşaatta kullanılan belli başlı malzeme 1) Ahşap ve ahşap yan ürünleri, 2) Tuş ve toprak malzeme, 3) Beton malzeme, 4) Metal malzeme ve 5) Diğer malzeme olmak üzere beş genel grupta incelenebilir.

3.2 Ahşap ve Ahşap Yan Ürünleri

3.2.1 Ahşap

Ahşap, hemen her yerde bulunması, işlenmesindeki kolaylık, görünüşündeki güzellik, uygun mukavemet-ağırlık oranı v.b. nitelikleri nedeniyle tarımsal inşaatta yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. Botanik yönden, iğne yapraklı ağaçlardan elde edilen yumuşak, geniş yapraklı ağaçlardan elde edilen de sert ahşap olarak tanımlanır.

Ahşabın Yapısı: Ahşap, lignin (odun maddesi) ile çimentolaşmış selüloz liflerinden oluşur. Bu liflerin uzunlukları sert ağaçlarda, 0.75-2.5 mm, yumuşak ağaçlarda ise 2.5-6.0 mm arasında değişir. Yumuşak ağaçlarda lifler suyu iletmeye yarar. Sert ağaçlarda ise lifler yapı elemanı olarak fonksiyon görür. Ahşap türlerinin ayrılmasında, yıllık halkaların karakteristikleri, boğukların diziliş biçimi, renk, koku, özgül ağırlık gibi özelliklerden yararlanılır.

Ahşabın Elde Edilmesi: Ahşabın elde edilmesinde ilk aşama, ormanda ağaçların büyüklük ve kerestede istenilen özelliklere göre belirli bir sistem ayuruna seçilmesidir. Ormanda seçilen ağaçlar genel olarak suyunun en az olduğu mevsimlerde (Sembahar ve Kış) kesilir.

Kesilen ağaçlar dallarından ayıklanır ve uygun büyüklüklerde parçalandıktan sonra tomruk halinde pazarhanelere getirilir ve burada standart boyutlarda biçilir. Genellikle, tomruktan elde edilen standart keresteye gerçek hacmin üçte biri kadardır.

Ağacın Kurutulması: Kerestenin elde edilmesinde ağacın kurutulması diğer bir deyimle olgunlaştırılmasıdır. Normal hava şartlarında ağaç hava nemli ile bir dengeye ulaşmaya kadar kurutulabilir. Bu denge değeri, havanın sıcaklığına ve nem oranına bağlıdır. Ağaçtaki nemin % 25 den aşağı düşmesi halinde bünyesini bir büzülme ortaya çıkar. Bu büzülmenin ağacın yapıda kullanılmasından sonra meydana gelmesi sakıncalı olduğundan, ağaç pazarlanmadan önce kurutulur. Ağacın kurutulması doğal yolla veya kurutma fırınları ile gerçekleştirilir.

Doğal kurutma, ağacın üstü kapalı bir yerde, havadar bir şekilde istif edilmesi ile gerçekleştirilir. Ağacın evisine ve kalınlığına göre değışmekle beraber doğal kurutma genellikle en az altı ayda gerçekleştirilebilir.

Kurutma fırınlarında ağacın daha çabuk ve istenilen kuruluk derecesinde kontrolle olarak kurutulması kolayca temin edilebilir. Bu nedenle doğal kurutma yerini bugün fabrikasyon kurutma metoduna terkettmiştir.

Fabrikasyon metodunda kurutma, kapalı odalarda 105-120 °C sıcaklığında hava akımı altında yapılır. Kurutma işlemi genellikle aşağıda belirtilen üç aşamada gerçekleştirilir.

1) Hazırlık aşaması: Ağaçta üniform bir nem temin etmek ve lifleri yumuşatmak amacıyla önce kurutma odasına sıcak su buharı verilir.

2) Kurutma aşaması: Kurutma odasında ortam sıcaklığı yükseltilir ve az miktarda su buharı sevk edilir. Ortam havası vantilatörlerle sürekli olarak değıştirilir. Kurutma işlemi, ağacın evisi, boyutu, nem oranı ve kurutma sonunda istenilen nem seviyesine göre 4-30 saatte tamamlanır.

3) Soğutma aşaması: Bu aşamada, kurutma odasına verilen buhar kesilir ve sıcaklık 30-35°C a kadar düşürülür.

Kurutmanın Yararları: Ağacın kurutulması ile elde edilen yararlar şöyle özetlenebilir:

- 1) Kurutulmuş ahşap kuruluğu korunduğu sürece çürümez.
- 2) Ahşabın mukavemeti ve sertliği artar.
- 3) Kurutulmuş ahşap, yaş olana göre havadan daha az nem alır.
- 4) Kurutulmuş ahşap, kullanıldığı yerin hava şartlarına göre genleşme ve büzülme göstermez.
- 5) Kurutulmuş ahşap boya, vernik ve cilayı daha iyi kabul eder.
- 6) Kurutulmuş ahşap daha etkili emprenyeye edilir.
- 7) Kurutulmuş ahşap daha kolay taşınır.

Ahşabın Korunması: Ahşabın korunmasında en etkili işlem, zararlılara besin maddesi olan odunun zehirlenmesidir. Doğal, canlı ağacın nem yüzünden zararlıların yaşamamasına en elverişli kısmı olan odunu ilaçlar (doğal emprenyeye). Bu doğal ilaçlama nedeniyle bir çok ağaç türlerinin öz kısmı renklidir.

Ağaç türlerinin çoğunluğu koruma yönünden bir tedbir alınmadığı takdirde açık havada 2-7 yıl, pek azı ise 7-15 yıl kadar dayanır. Ahşabın korunmasında kullanılan belli başlı emprenyeye maddeleri 1) Katran, 2) Bazı tuzlar (Cıva klorür, çinko klorür, bakır sülfat), 3) Halojenli bileşikler (Sodyum florür), 4) Fenoller (Pento klorofenol) ve 5) Yukarıda sözü edilenlerin özel karışımlarından oluşan patentli maddelerdir.

Ahşabın bünyesi hücre zarı ve boşluklardan oluşur. Odunun hücre zarlarının tamamen ilaçlanmasına TAM EMPRENYE, sadece dış yüzündeki hücre zarlarının ilaçlanmasına da kısmi veya yüzeysel emprenyeye denir. Ahşap korumada uygulanan basit emprenyeye metodları 1) Sıcak veya soğuk daldırma, 2) Fırça ile sürme veya püskürtme ve 3) Bulamaç metodudur.

İnşaatte Kullanılan Yapı Kerestesinin Sınıflanması ve Muhafazası :

Biçilip hazırlanarak kullanılır hale getirilen yapı kerestesi lif, budak, kalite ve biçim niteliklerine göre üç sınıf halinde gruplanır. Önemli yapı elemanları, doğrama ve kaplamalarda 1. sınıf daha az kaliteli inşaat ise 2. sınıf kereste kullanılabilir. 3. sınıf kereste ise, mukavemet durumu gözönünde bulundurularak daha az önemli yerlerde döşeme altlarında, kaplamaların ikinci konstrüksiyonlarında kullanılır.

Ahşap, baskma çekmeye, eğilmeye ve kesmeye çalıştırılabilen bir maltemedir. Ancak bu gerilmelere her üç boyutu doğrultusunda aynı ölçüde mukavemet gösteremediğinden liflerine dik ve paralel doğrultuda emniyet gerilmeleri farklı kabul edilmiştir. Üç sınıf ahşabın emniyet gerilmeleri cetvel 5.1 de gösterilmiştir.

Çevre 5.1 Abşap emniyet gerilimleri

Abşap kalitesi	Abşap emniyet gerilimi	Lütfen parabol yük emn. geril. kg/cm ²	Lütfen dik ju- vaz emn. geril. kg/cm ²	Lütfen parabol yük emn. geril. kg/cm ²	Yük emn. gerilimi kg/cm ²	Mafrazat alanları kirişlerde eğilim kg/cm ²	Lütfen parabol yük emn. geril. kg/cm ²
1. Sınıf	Çatılar	110	20	105	100	100	0
	Mey. koruy.	120	30	110	100	125	10
2. Sınıf	Çatılar	85	20	85	110	110	0
	Mey. koruy.	100	30	100	110	120	10
3. Sınıf	Çatılar	60	20	0	70	75	0
	Mey. koruy.	70	30	0	75	80	10

İnşaatta Kullanılan Yaptı Kerestesinin İsimleri :

Direk : Yuvarlak, köşeli veya kare kesitli kerestedir. Yapıda taşıyıcı dikme (kolon) olarak kullanılır. Boyutları 14/14 cm den 24/24 cm ye kadar değişir.

Kiriş : Dikdörtgen kesitli ve b/b oranı 1/3 - 5/7 arasında değişir. Kesitleri çoğunlukla 8/12, 10/14, 14/18, 16/22 cm v.b. dir.

Katran (Dilme) : Kare kesitlidir. Kesitleri 4/4, 5/5, 6/6, 7/7, 8/8, 10/10 ve 12/12 cm dir. Genellikle kalıplarda ahşap duvar inşaatında dikme (baba) olarak kullanılır.

Lata : Küçük dikdörtgen kesitli kerestedir. Kesitleri genellikle 2.5/6, 2.5/8, 3/8, 2.5/10, 3/10, 4/10 ve 4/12 cm dir. Kalıplarda tegera, çatıda mertek ve kuşaklama olarak kullanılır.

Kalan : Kalınlığı 4-7 cm, genişliği 25-30 cm olan dikdörtgen kesitli kerestedir. Kalıp ve ahşap döşemelerde kullanılır.

Tahta : Kalınlığı 1-4 cm ve çeşitli genişlikte hiçilen en ince kerestedir. Kalıplarda, iskele bağ kuşaklarında, tavun, döşeme ve duvar kaplamalarında, kiremit altlarında kullanılır.

Çeşitli Yaptı Unsurlarında Kullanılan Ağaç Türleri :

- 1) **Doğramalar :** Çıralı çam, sedir (katran), ladin, göknar.
- 2) **Kirişler ve dikmeler :** Çam, göknar.
- 3) **Kaplamalar :** Meşe, dişbudak, ceviz.
- 4) **Parke :** Meşe, karaağaç, gürgen.
- 5) **Zemin döşeme tahtaları :** Çam.

3.2.2 Ahşap Yan Ürünleri :

Ahşap malzemenin lütun niteliklerini kapsayan levhalar belli başlı dört şekilde kullanılır.

Lif Levhaları : Odun artıkları ve bitkisel maddelerden yapılan lif levhaları, ilkönemde genellikle kontralit adı altında satılmaktadır. Bunlardan yumuşak levhalar ser ve su tecridinde, sert levhalar ise hülme, örtü ve döşeme işlerinde kullanılır.

Yonga Levhaları : Kereste fabrikası artıklarından ve düşük değerli ağaçlardan elde edilen yongalardan yapılır. Piyasada çoğunlukla sunta adı altında satılır. Hafif olan bu malzemenin genellikle kapı ve pencere doğraması yapımında yararlıdır.

Kontraplak Levhaları: Kontraplak, kızılçam, kayın v.b. yapraklı ağaçların gövdelerinden soyularak çıkarılan ince plakların lif dağıtulanı birbirlerinin dik gelecek şekilde yapıştırılmaları ile elde edilir. Kontraplak genellikle kapı ve pencere doğramaları ile tavsan kaplamalarında kullanılır.

Kaplama Levhaları: İyi görünüş veren ağaçların soyulmasından elde edilen çok ince levhalar, yapıştırılıp cilalanarak kaplama şeklinde kullanılırlar.

5.3 Taş ve Toprak Malzeme

5.3.1 Taş

Taş, inşaatta kullanılan en eski yapı malzemesinden birisidir. Doğal bir malzeme olması nedeniyle fiziksel ve mekanik özellikleri değiştirilemez. İnşaatta kullanıldık, taş ya ocaktan çıkarılır veya ocak yakınından ve yamaç eteklerinden toplanır. Toplama taşlar genellikle taşıyıcı yapı elemanlarında kullanılmaz. Ocaktan yatay tabakalara paralel olarak çıkarılan taşların, duvarlarda da yatay olarak yerleştirilmeleri istenir. Ocaktan parçalanarak çeşitli boylarla çıkarılan taşlar, duvarda moloz, yunu ve kaplama taşı olarak kullanılır.

Taş yapısı yönünden, çeşitli mineral maddelerin birbirleriyle bağlanmasyla oluşan bir karışımdır. Taşlar jeolojik yönden püskürük, tortul ve metamorfik olmak üzere üç grupta incelenebilir.

Püskürük taşlar: Magmanın yeryüzünde veya yeryüzeyine yakın yerlerde soğuması ile oluşan taşlardır. Püskürük taşlar, dayanıklılığı yönünden çok iyi inşaat taşı grubuna girerse de, içlenmeleri güçtür. İnşaatta yaygın olarak kullanılan püskürük taşların belli başlıları granit, trakit, andezit, bazalt, siyanit ve porfirdir.

Tortul taşlar: Jeolojik erozyon ürünlerinin dış etkenlere (su, rüzgar) uğremasıyla oluşan tabakalaşmış taşlardır. Bu gruptaki taşların en belirgin örnekleri kalker, traverten, serpantin, kumtaşı ve konglomeradır.

Metamorfik taşlar: Püskürük ve tortul taşların su veya basınç etkisi altında şekillerini değiştirmesinden oluşan taşlardır. Bu gruptaki taşların belli başlı örnekleri, mermor, gnays, kuarsit, arduvas, anfilolit v.b. dir.

İnşaat Taşında Aranılan Nitelikler:

İnşaat taşında, geometrik, fiziksel ve mekanik yönünden bazı minimal niteliklerin bulunması istenir.

1) *Taşın Geometrik Özellikleri*: Taşın geometrik nitelikleri özellikle yama taşında söz konusudur. Genellikle küçük, orta ve büyük bloklardan söz edilir. Küçük bloklar, inşaat için büyük güçlük çekmeden manipüle edileceği 30 kg'ı geçmeyen taşlardır. Buna karşılık, 200 kg a kadar olan taşlar orta, bu sınırdan üstündekiler ise büyük blok olarak nitelenir.

2) *Taşın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri*: İnşaat taşının belirli bir amaç için uygunluğu, kullanılma yerinde beklenen istekler ve taşın kendi niteliklerine bağlıdır. Değerlendirmede gösönünde bulundurulmuş belli başlı nitelikler, özgül ağırlık, porozite (permeabilite), mekaniksel direnç, harca yapışma, işleme kolaylığı, ısı ve sese karşı yalıtımlıdır.

Taş üniform bir malzeme olmadığundan, aynı ocaktan çıkarılan iki örneğin mekanik dirençleri (mukavemetleri) farklı olabilir. Taşın mekanik direnci başlıca karşı yüksek olmasına karşılık çekmeye karşı düşüktür. Çeşitli taşların ortalama mukavemet değerleri cetvel 5.2 de gösterilmiştir.

Cetvel 5.2 Çeşitli taşların mukavemet değerleri (kg/cm²)

Taşın türü	Birimç	Çekme	Kısmı
Granit	1000-2100	85-105	125-190
Kalker	200-1000	18-200	70-140
Mermer	700-1100	60-160	70-120
Kumtaş	500-1400	35-140	85-175

Aynı tür kayadan elde edilen taş örneklerinin mukavemet değerleri cetvel 5.2 de verilenlerden çok büyük sapma gösterebilir. Örneğin taşın porozitesinin artması, hacim ağırlığının azalması demek olduğundan mukavemeti düşürür. Bu nedenle taş, inşaatla kullanılırken emniyet sayısının çok yüksek (5-25) tutulması zorunludur.

5.3.2 Tuğla

Tuğla pek eski zamanlardan beri inşaatla yaygın olarak kullanılan bir yapı malzemesidir. Bunun başlıca nedenleri şöyle sıralanabilir:

1. Tuğla elverişli toprak bulunan her yerde kolayca yapılabilir.
2. Özgül ağırlığı, taş ve beton malzemeye göre çok düşük olduğundan ısı iletimi az, yani yalıtım kabiliyeti yüksektir.
3. Boyut ve şekilleri standard olduğundan tuğla ile duvar örülmesi kolaydır.

4. Taş ve kerpiç e göre duvar kalınlığı daha az tutulabildiğinden, yapı faydalı alan büyüktür.

Tuğla killi-kumlu toprakların su ile hamur haline getirildikten sonra kalıpları, özel ocak veya fırınlarda pişirilmesi (yakılması) ile elde edilen bir malzemedir. Tuğla yapımında kile kum karıştırılmasının nedeni, kurutma ve pişirme işleminde ortaya çıkacak çatlakların önlenmesidir. Yakma sıcaklığı 900 - 1400 °C arasında değişir. Tuğlanın özellikleri, yakma sıcaklığına ve ortam havasının oksijen oranına göre değişir. Duvar yapımında kolaylık temin için tuğlanın boyutları arasında aşağıda belirtilen ilişki gözönünde bulundurulur.

$$b = 2 a + c$$

Formülde:

b = Tuğlanın boyu (cm)

a = Tuğlanın eni (cm)

c = Davarda tuğlalar arasında kalan derz genişliği (cm)

Ölkemizde yapılan normal (dolgu) tuğlanın standard boyutları şöyledir:

Boy	:	22	cm
En	:	10.5	cm
Yükseklik	:	5.5	cm

Uygulamada el ile yapılar pişirilen tuğlalara *hane tuğla*, fabrikada yapılanlara da *makina tuğlası* adı verilir. Kesme tuğlalar dolu gövdeli olup, yatay konan yüzeylerinden *birinde* harcı dış yapmasına yarayan bir çukurluk bulunur. Kesme tuğlaların basınca karşı dirençleri çoğunlukla 30-50 kg/cm² civarındadır. Makina tuğlaları hem dolu gövdeli hem de boşluklu olarak yapılır. Boşluklu olanlarına *delikli tuğla* denir. Makina tuğlalarının basınca karşı mukavemetleri delikli olanlarında 100 - 150 kg/cm², deliksiz olanlarında ise 250 - 300 kg/cm² sınıfları arasındadır. Yatay taşıyıcı olmayan iç ve dış bölme duvarlarında kullanılmak üzere özel boyutlu büyük tuğlalar da yapılmaktadır. Bunlar daha ziyade *blok tuğla* olarak adlandırılır. Bunlar genellikle 2,4 ve 3 tuğla büyüklüğündedir.

Çok pişirilmiş sert tuğlalara *klinker tuğlası* denir. Bunlar genellikle sıvanmayacak dış duvarlarda kullanılır. Klinker tuğlasının basınç mukavemeti 300 - 350 kg/cm² dir.

Yapıda ateş ve sıcak duruma maruz yerlerde, ocak ve fabrika bacalarının duman kanalları v.b. yerlerde kullanılan tuğlalara *ateş tuğlası* denir. Bunların basınç mukavemetleri 300 – 350 kg / cm² aralıktadır.

Dekoratif amaçlar için kullanılmak üzere özel boyutlu *ince tuğlalar* yapılır. Bunlar *serit tuğla* olarak da adlandırılır.

İyi tuğla gerek renk ve gerekse şekil bakımından hoş bir görünüme sahiptir. Birbirine vurulduğu zaman berrak bir ses çıkarır. Çakı ile kuznamayacak kadar serttir. Çatlak ve farklı renkte damarları yoktur. Boyutları yönünde standarttır. Su içerisinde 12 saat bırakıldığı zaman, kuru ağırlığının % 20' den fazla su emmez.

5.3.3 Briket

Briket, kum, ince çakıl, sünger taşı ve iyi yanan kök veya maden kömürü cürufununun 200 doz çimento ile karıştırılıp az miktarda su ile karıştırılarak yapılan karışımın, özel kalıplarda sıkıştırılması ve havada sertleştirilmesi ile elde edilen bir yapı malzemesidir.

Briketin tam ve yarım olmak üzere iki tipi vardır. Tam briketin boyutları 20 x 20 x 40 cm dir. Bunlar genellikle taşıyıcı duvarların örülmesinde kullanılır. Yarım briketin boyutları 10 x 20 x 40 cm olup, bunlar daha ziyade yük taşımayan bölme duvarlarında kullanılır.

Briket, her yüzü kapalı bir yüzü açık ve içi boş olan dikdörtgen prizması şeklindedir. İçinin boşluğu brikete hafiflik ve aynı zamanda ses ve ısı yalıtımı için iyi bir özellik verir. Basınç mukavemeti az olduğundan daha ziyade, betonarme karkas yapıların yük taşımayan duvarlarında kullanılır. Yığma yapılarda ise duvarlar taşıyıcı olduğundan iki kattan daha fazla binaya izin verilmez.

5.3.4 Kerpici

Kerpici, kum, kil ve silt karışımı olan toprağın saman ve su ile karıştırılıp belirli boyutlardaki kalıplara dökülerek şekillendirildikten ve güneşte kurutulduktan sonra elde edilen büyük, pişmemiş bir tuğladır.

Köylerimiz ile tarımsal karakterli kasabalarımızdaki ekonomik durum ve taş, tuğla, ahşap v.b. yapı malzemesinin pahalı ve güç temin edilebilmesi, yerli ve ucuz malzeme olan kerpici kullanımını teşvik etmektedir.

Kerpici, ucuz ve kolay temin edilebilen, içi boş ve köy şartlarına uygun bir malzemedir. Diğer taraftan basınca direncinin yeterli olma,

suyu az geçirmesi, yandan az zarar görmesi ve soğuğu az geçirmesi gibi faydalarına karşılık, suya karşı dirençsizliği, mekaniksel etkenlere karşı az dayanıklı olması gibi sakıncaları vardır. Bu nedenle taşkın yataklarında ve su basma tehlikesi olan yerlerdeki yapılarda ve deprem bölgelerinde kullanılması istenmez.

Kerpiç toprağı ülkemizde fiziksel bünyesi yönünden geniş sınırlar içerisinde değişmektedir. Doğal toprakların bünyesinde kil, silt, tın, kum ve çakıl çeşitli oranlarda bulunur. Kerpiç toprağında bağlayıcı olarak bir miktar kila bulunması arzu edilir. İncel malzemenin fazla büzülme ve çatlamaına neden olduğundan istenmez. Kerpiç toprağında kaba kum ve bir miktar da incecil kum bulunması arzu edilir. Bana karşılık çakıl ve daha kaba malzeme arzu edilmez. İdeal kerpiç toprağı kil, silt ve kum karışımıdır. Bu amaçla doğal toprağı kil veya kumu katılarak bünyesi geliştirilebilir.

Toprağı 1 metre küpünün kerpiç çamuru olarak hazırlanması için kullanılacak su miktarı 370-640 litre arasında değişirse de, çoğunlukla 500 litre su yeterlidir.

Ülkemizde kerpiç çeşitli şekil ve boyutlardaki kâhplarda kesilmektedir. Kâhp çeşitlerinin çok fazla oluşu yüzünden elde edilen kerpiçler de çeşitli boyutlardadır. Bu yüzden, bu kerpiçlerle yapılan duvarlar da boyutları bakımından değişiklikler göstermektedir. Gerek işçilikteki kolaylığı gerekse yapıda kullanılacak diğer malzemenin standardi bir duruma getirilmesi bakımından kerpiçlerin bir kaç tip altında toplanması uygundur. Ülkemiz koşullarında önerilen boyutlar cetvel 5.3 de gösterilmiştir.

Cetvel 5.3 Uygun kerpiç boyutları

Tip	Boyut cm	Hacim dm ³	Ağırlık kg
I	12 x 19 x 40	9.1	16-22
II	12 x 22 x 30	8.3	10-15
	12 x 18 x 30	6.7	7-10
III	12 x 30 x 40	14.5	15-25
	12 x 19 x 40	9.0	10-15
	12 x 19 x 30	6.8	7-10

Cetvel 5.3 de önerilen üç kerpiç tipinin hepsi de kullanılmada kolaylıklar sağlayacak şekilde tertiplenmiş olmakla beraber, üçüncü tip

olarak tavsiye edilen 12 x 30 x 40 cm boyutundaki kerpiç ile yardımcı olan küçük kerpiçler bazı özel faydaları yönünden duvar yapımında daha elverişlidir. Özellikle duvar içerisinde diğerlerine göre daha az harç boşluğu bırakması, bunlarla yapılan duvarların diğerlerine göre daha sağlam olmasını sağlamaktadır.

Kerpiçin basınca karşı ortalama direnci 33.5 kg/cm^2 dir. Emniyet sayısı 10 alındığı takdirde projelirmede 3.35 kg/cm^2 lik bir değer esas alınabilir. Projelirmede kerpiçin çekme direnci sıfır kabul edilir.

Kerpiçin basınca ve suya karşı direncini arttırmak amacıyla çeşitli katkı maddeleri kullanılmıştır. Bu amaçla kullanılan stabilize edici katkı maddelerinin belli başlıları portland çimentosu ve emülsiyon asfalttır. Çimento ve emülsiyon asfalt gibi bağlayıcı maddeler ilavesiyle elde edilen kerpiç toprağı sıkıştırılırsa katkı maddesi oranının yüksekliğine bağlı olarak prese kerpiçin direnci yükselir.

Toprağına çimento ilâve edilmesiyle elde edilen prese kerpiç, suya karşı tam anlamıyla geçirimsiz değilsede, su emmesine rağmen yumuşamaz. Kullanılacak çimento miktarının toprak hacminin % 10-15 arasında olması uygulamada çoğunlukla iyi sonuç vermektedir.

Kerpiç toprağına emülsiyon asfalt ilave edilmesiyle kerpiçin özellikle suya karşı geçirgenliği azalır. Basınca karşı dirençte bir azalma olmaması için ilave edilecek asfalt, toprak hacminin % 5-10 undan aşağı olmamalıdır.

Kerpiçin çatlamaması için, harç içerisine katkı maddeleri katılır. Bu amaçla en çok kullanılan katkı maddesi ince düğün samandır. Katılacak saman miktarı kullanılacak toprağına göre değişir. Çoğu kez toprağına her metre küpüne 20 kg saman katılması yeterlidir.

5.3.5 Harçlar

Taş, tuğla, briket v.b. yapı malsemesini birbirine bağlamakta kullanılan harçlar, çok eski zamandan beri bilinmektedir. Harç kum gibi iskelet maddesi ile kireç, çimento v.b. bağlayıcı maddelerin, belirli oranda karıştırılıp su ile iyice karışmasından oluşan akıcı bir hamurdur. İyi bir harçta aranan özellikler şöyle özetlenebilir:

1. Sıkışık
2. Basınç ve çekmeye karşı direnç
3. Su geçirmezlik
4. Kâğır malsemeye (taş, tuğla v.b.) yapışma niteliği

5. Pirit ve sertleşme konusunda hacminin değişmemesi
6. Dış etkilerin etkisi altında ayrılmaması
7. İnşaat yerinde yapılabilmesi
8. Mala ile işlenebilme kolaylığı

Sözü edilen bu özelliklerin elde edilmesine etkili faktörler:

1. İskelet maddesi kumun niteliği
2. İskelet maddesi kumun granülometrisi
3. Bağlayıcı malzemenin kalitesi
4. Bağlayıcı malzemenin dozajı
5. Yoğurma suyunun miktarı
6. Harç yapımı ve yerine konmasıdır.

5.3.5.1 Harcı Teşkil Eden Elemanların Seçimi

İskelet Maddesi (Kum)

Harçta kum kullanılmasının başlıca nedeni ekonomidir. Çünkü kum, bağlayıcı malzemeye göre daha ucuzdur. Harçta kullanılan kum doğal veya suni olabilir. Doğal kum daha ziyade akarsu yatakları, plajlar veya kum ocaklarından elde edilir. Bunların daneleri genellikle yuvarlak olduğundan, doğal kumla yapılan harçlar mala ile daha kolay işlenir. Suni kum, doğal taşların veya çuruf v.b. endüstri artıklarının kırılması ile elde edilir. Bunlar keskin kenarlı olduklarından, suni kumla yapılan harçların mala ile işlenmeleri kolay değildir. Biz burada sadece harçta kullanılan doğal kumda istenen özelliklerden söz edeceğiz.

Dane büyüklüklerine göre kum, ince (0-1 mm), orta (1-3mm) ve iri (3-7mm) olmak üzere üç gruba ayrılır. Bunlardan ince kum (perdeh kumu) sadece ince sıvalarda, çaplarda ve derz harçları gibi yerlerde kullanılır. Normal harcı teşkil eden kumun 2/3 ünün iri kum, 1/3 ünün de orta kum olması arzu edilir.

Harçta kullanılacak kumun 1) Sert olması, 2) Bağlayıcı madde ile kimyasal reaksiyona girmemesi, 3) Yuvarlak olması, 4) Granülometrisinin elverişli olması, 5) Harç suyunu emmemesi ve 6) Kil veya silt ihtiva etmemesi arzu edilir.

Bağlayıcı Malzeme :

Harçta kullanılan bağlayıcı malzeme genellikle kalker ve kil gibi maddelerin (taşların) piserilmesi ile elde edilen ve sertleşme özelliğine

sahip maddelerdir. Bağlayıcı malzeme bileşimleri ve sertleşme özelliklerine göre hidrolik bağlayıcılar (Su kireci, Horasan ve Portland çimentosu) ve hidrolik olmayan bağlayıcılar (kireç, alçı, kıl) olmak üzere iki gruba ayrılır. Hidrolik bağlayıcılar havada veya suda sertleşirler. Hidrolik olmayan bağlayıcılar ise sadece havada sertleşirler.

Su Kireci: Su kireci, % 20 oranında kıl ihtiva eden kireç taşının 850-900 °C ye kadar pişirilip, su ile hidrasyona tabi tutulması ile elde edilir. Su kireci, suda erimeden sertleşme özelliğine sahiptir.

Horasan: Çok iyi pişirilmiş tuğla ve kiremit kırıklarının toz haline getirildikten sonra, iyice söndürülmüş ve bekletilmiş 2 hacim kireçle karıştırılmasından oluşan bir bağlayıcıdır.

Çimento: Killi kireç taşının özel fırınlarda pişirilip öğütülmesi ile elde edilen bir bağlayıcı malzemedir. Piyasada 50 kg lık torbalar halinde satılır.

Kireç: Kirecin ham maddesi kireç taşıdır. Kireç taşı ($CaCO_3$) yaygın olup, çeşitli kayaların bileşiminde mevcuttur. Kireç taşına kireç ocagında 1000 °C de yakılmasıyla sönmemiş kireç elde edilir:



Sönmüş kireç, ya topraklar halinde veya öğütülmüş olarak piyasaya arz edilir. Sönmemiş kirecin inşaatla kullanılabilmesi için atılacak ilk adım, bunun hidrasyona yani söndürülmesidir.



Bu hidrasyon ürününe sönmüş kireç denir. İyi bir söndürme işleminde sönmüş kireci yumuşak plastik bir hamur haline getirecek miktarda su verilmelidir. Sönmüş kireç hamuru, kurumasına engel olundukça ve hava ile temas kesildiği takdirde uzun zaman muhafaza edilebilir. Söndürme işleminde, 100 kg sönmemiş kirecin hidrasyonu ile 200 lt sönmüş kireç hamuru elde edilir.

Sönmüş kirecin kum ve su ile karıştırılmasından meydana gelen harın sertleşebilmesi için diğer bir kimyasal işlem ihtiyacı vardır.



Bu durumda, harın sertleşmesiyle kirecin elde edildiği kireç taşına ($CaCO_3$) dönüştüğü anlaşılmaktadır. Sertleşme işleminde kirecin bünyesindeki su buharlaşmakta ve sertleşme için gerekli CO_2 ise ortam havasından temin edilmektedir.

Alçı: Alçının ham maddesi alçı taşı (Jips) dir. Bu malzeme kalsiyum sülfat olup, bünyesinde kristal suyu bulunur. Alçı taşı öğütülür ve 125-200°C sıcaklığa kadar ısıtılınca bünyesindeki kristal suyunun dörtte üçü buharlaşır:



Bu şekilde kristal suyunun buharlaşması ile oluşan malzemeye *Paris plâsteri* denir. Eğer ısıtma işlemi devam eder ve sıcaklık 250°C ye kadar yükseltirirse, kalan su da buharlaşarak anhidrit (CaSO_4) meydana gelir.

Yukarıda sözü edilen malzemenin her ikisine de su ilavesiyle plastik bir hamur yapılırsa hidrasyonuna uğrayarak sertleşir ve orta derecede bir mukavemet kazanır. Alçı harcıma kum katılmaz, tavan sıvası, dekorasyon v.b. işlerde kullanılır.

Kil: Kil, tuğla kerpiç v.b. yapı malzemesinin yapımında ham madde olarak kullanıldığı gibi, su ve katkı maddesi ile yoğrulularak harç olarak da kullanılır.

Dozaj veya Bağlayıcı Miktarı: Harçta, kullanılacak bağlayıcı madde miktarının bütün kum zerrelerini sarmaya ve daneler arasındaki boşlukları doldurmaya yeterli olması istenir. Bağlayıcı maddenin daha az kullanılması halinde zayıf, daha fazla kullanılması halinde ise yağb (zeengin) harç elde edilir. Harçta kullanılacak bağlayıcı madde miktarı yani dozaj büyük ölçüde kumun niteliklerine bağlıdır. Uygulamada harcı dozajı denilince bir metre küp kuma karıştırılması gerekli kg bağlayıcı madde miktarı anlaşılır.

Yoğurma Suyu: Harçta yoğurma suyunun fonksiyonları çeşitlidir. İskelet maddesini yani kumu ıslatarak doymasını sağlar. Bağlayıcı maddenin prizi ve sertleşmesi için gerekli kimyasal reaksiyonu temin eder. Yoğurma suyunun fazla harcın mala ile işlenmesini kolaylaştırırsa da, mukavemetini düşürür, permeabilitesini ve çötesini artırır.

Diğer şartlar aynı olduğun takdirde, maksimum harç mukavemeti, yoğurma suyunun tam yeterliden fazla olmaması halinde elde edilir. Bu şekilde ortaya çıkan harcı işlenmesi biraz güçtür. Böyle bir durumda harcı işleme kabiliyetini arttırmak için, harç kumunun yarıvırlak daneli olması, ince kum oranının, yoğurma suyunun ve dozajın bir miktar arttırılması, özel kimyasal maddelerin ilavesi v.b. tedbirlere başvurulur.

5.3.5.2 Harcan Özellikleri

Harcan Randımanı: Harcan hacmi ve buna elde etmek için kullanılan kumun hacmi arasındaki oran, harcan randımanı olarak tanımlanır. Zayıf harçların randımanı birden küçüktür. Yani bir metreküp kum ve buna katılan bağlayıcıdan, bir metreküpten daha az harç elde edilir. Böyle bir paradoksu nedeni, bağlayıcının yağlayıcı etkisi sonucunda kum danelerinin doğal hacminden daha küçük hacim işgal edecek şekilde yeniden düzene girmesidir. Buna karşılık harcan dozu arttıkça randımanı yüksektir.

Çimento Harcan Rötreni: Harca iskelet maddesi olarak kum katılması, rötreyi (hüzmeyi) saf çimento hamurundakine göre yaklaşık olarak 1/3 oranında azaltır. Harcan rötresini arttıran belli başlı nedenleri (1) Yoğurma suyunun fazla olması, (2) Harcan yağlı (zengin) olması, (3) Kullanılan çimentonun mukavemetinin yüksek olması, (4) Çimentonun çok ince öğütülmüş olması, (5) Yıkama suyu ve kumda fazla miktarda yabancı madde bulunması, (6) Harcan sıkı olmaması ve (7) Harcan prizini aldığı ortamın çok kuru olmasıdır. Harçta rötrenin azaltılması için yukarıda sözü edilen faktörlerin bu doğrultuda ayarlanması gereklidir.

Harcan Mekanik Mukavemeti: Harcan mekanik mukavemetine etki yapan faktörler çeşitlidir. Mukavemeti olumlu yönde arttıran faktörler arasında: (1) Kumun sıklığı ve yerine konan harcan yoğunluğu, (2) Bağlayıcı maddenin dozu, (3) Kullanılan kum ve yoğurma suyunun temizliği, (4) Bağlayıcı maddenin cinsi, (5) Harcan prizi ve sertleşmesi sırasında kurumaya karşı alınan tedbirlerdir. Yoğurma suyunun miktarının gereğinden fazla olması harcan mukavemetine olumsuz yönde etki yapar.

Harcan Porozitesi ve Permeabilitesi: Harcan porozitesinin az olması, permeabilitesini de azaltır. Harcan geçirgenliği, kalkerli, silisli ve kili özel katkı maddelerinin ilavesiyle bir dereceye kadar azaltılabilir. Normal şartlar altında, harcan geçirgenliği zamanla ve ortam rutubetinin artması ile azalır.

Harcan Malzemeye Yapışma Kabiliyeti: Harcan yapı malzemesine yapışma kabiliyeti, tüm kâgir yapı unsurunun çekmeye ve ayrılmaya karşı direncini tayin eder. Yapışma işleminin arzu edilen seviyede gerçekleşebilmesinin ön koşulu, harç ve kâgir malzemenin nem seviyelerinin birbirine yakın olmasıdır.

Harcın Çevre Sıcaklığına Mukavemeti: Soğuk taze harca olumsuz yönde etki yapar. Özel tedbirler alınmadığı takdirde çimento harcının prizi + 5 °C'nin altında yavaşlar, 0°C'de ise pratik olarak durur. Buna karşılık sıcaklık harcin sertleşmesini, buharlaşmayı ve rötreyi hızlandırır. Harç sertleştikten sonra ıso menk ve soğuga iyi mukavemet eder.

5.3.5.3 Tarımsal İnşaatın Kullanılan Harç Çeşitleri

Kireç Harcı: Kireç harcı küçük ve basit inşaatlarda, temel, bodrum duvarlarında ve her türlü sıva işlerinde kullanılır. Kireç harcında sönmüş kireç haccen kullanılır. 1 m³ kireç harcı için gerekli malzeme: 1 m³ kum + 330 litre sönmüş kireç hamuru (330 / 2 = 165 kg sönmemiş kireç) + 110 litre yoğurma suyudur. Kireç miktarı az olursa harcin bağlayıcı kuvveti azalır, çok olursa harç fazla yağlı olur ve gıcirmeler karşısında çatlaklık yapar. Kireç harcı ile yapılmış duvarlara yük hemon verilmemelidir. Kum zamanında yük verilmesi gereken hallerde, çimento veya takviyeli harç kullanılmalıdır.

Çimento Harcı: Çimento harcı çabuk sertleşip mukavemetini aldığından her türlü yapı harcı olarak kullanılır. 1 m³ kuma işin önemine göre 200 - 400 kg çimento ve 110-120 litre yoğurma suyu ilâve edilir.

Çimento Takviyeli Kireç Harcı: Takviyeli harçta çimentonun fonksiyonu harcin sertleşmesini hızlandırmak mukavemetini arttırmaktır. Kireçinki ise harcin mala ile işlenmesini kolaylaştırmaktır. Takviyeli harcin yapımında 1 m³ kuma, 200 litre sönmüş kireç hamuru (200 / 2 = 100 kg sönmemiş kireç), harcin kullanma amacına göre 100 - 500 kg çimento ve yaklaşık olarak 130 litre yoğurma suyu karıştırılır.

Sıva Harçları: Sıva harçları kaba ve ince olmak üzere iki grupta toplanabilir. Kaba sıva harcında 3 mm'den geçen kum kullanılır. İnce sıva harcı ise 1 mm'lik elekten geçen perdelik kumu ile yapılır. Normal kireç harcı için 1 m³ kuma 330 litre sönmüş kireç, 110 litre su katılır. Takviyeli sıva harcı için ise 1 m³ kuma 170 litre sönmüş kireç, 225 kg çimento ve 130 litre yoğurma suyu kullanılır. Kireç harçlı sıvalar genellikle hına iç kısımlarının sıvanmasında, takviyeli harç ise dış sıvada kullanılır.

Mozayik Harcı: Bir metreküp mozayik harcının yapımında, 0.90 m³ kaba mermer pirinci, 0.10 m³ ince mermer pirinci, 650 kg çimento, istenilen rengine göre 6 kg madeni boya ve 200 litre yoğurma suyu kullanılır.

Çimento Şapı: Su ile temas halinde olan kâğıt yüzeylerde suya geçirimsizlik temini amacı ile 1-2 cm çimento şapı ile sıvanır. Şap yapımında 1 metreküp ince kuma, 450 - 600 kg çimento, 160-190 litre yağmur suyu kullanılır.

5.4 Beton

Beton belirli granülometrisi olan mineral agreganın (kum + çakıl), belirli oranda çimento (hidrolik bağlayıcı) ve su ile karıştırılmasıyla elde edilen maddenin plastik halde kalıpları dökülmesiyle mukavemet kazanan suni bir taştır. Betonun iyi bir inşaat malzemesi olmasının başlıca nedenleri: (1) Yüksek mukavemeti olması, (2) Yangına karşı emniyetli bir malzeme olması, (3) Diğ. etkenlere dayanıklı olması, (4) Kolay yapılabilirliği, (5) Arzu edilen şekle sokulabilmesi ve (6) Ekonomik olmasıdır.

Fabrikalarında makina ve vasıflı işçilikle kontrollü şartlar altında yapılan çelik v.b. yapı malzemesine göre, beton inşaat yanında her türlü hava şartlarında vasıflı işçiye ihtiyaç göstermeden yapılabilir. Bununla beraber, betonun teşkil eden elemanların kalitesi, birbirlerine göre oranı, karıştırılması, betonun yerine dökülmesi ve olgunlaştırılması beton yapımında son derece önemlidir.

5.4.1 Betonun Oluşturan Elemanlar ve Bunların Seçimi

5.4.1.1 Çimento

Çimentonun ham maddesi kalker, kil ve bir miktar Jips'dir. Çimentonun yapımına giren kalker, kilin üç katı olduğundan çimento fabrikalarının yeri genellikle kalker ocakları yakınında seçilir.

Çimento yapımında ilk aşama kalker ve kilin ayrı ayrı kuru veya ıslak olarak öğütülmesi, karıştırılıp rotatif yakma fırınına sevk edilmesidir. Rotatif fırınların çapı yaklaşık olarak 5 metredir. Uzun eksenli yatayla hafif aç yapar. Fırının üst ucundan giren ham madde karışımı, aşağıya doğru ilerken artan bir sıcaklıkla karşılaşır. Bu sıcaklık prixini çabuk yapan çimentolar için 1000°C, yavaş yapanlar için ise 1400°C dir. Ham madde rotatif fırının alt ucundan klinker halinde çıkar. Çıkan topaklar halindeki bu klinker öğütülür, bir miktar jips ilâve edilerek No 200 elekten geçirilir. Bu işlem sonucunda elde edilen çimento, içerisinde bulunan serbest kirecin sönmesi için silolarla dinlenmeye terk edilir. Silodan çıkarılan çimento 50 kg lık torbular halinde paketlenerek piyasaya sürülür.

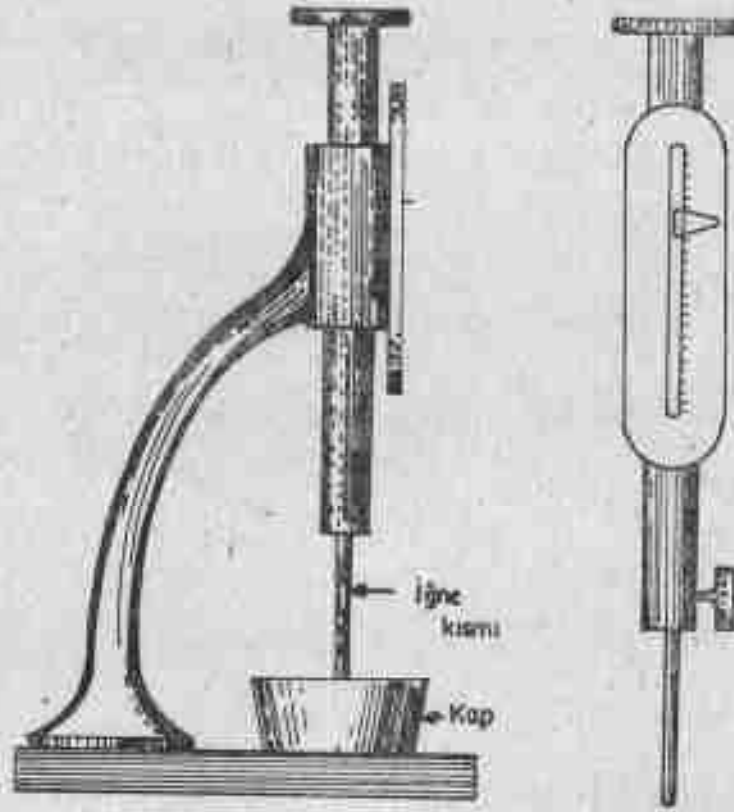
Çimento zantiyede, rutubet almayacak şekilde depolanmalıdır. Çimentonun havadan rutubet alarak bozulması, elle kullanılmayan toprakların meydana gelmesiyle anlaşıdır. Bu duruma gelmiş çimentonun inşaatla kullanılmasına izin verilmez.

Çimentonun yapımında uygulanan yakma sıcaklığına, ham madde nin kalker ve kil oranına göre çeşitli tiplerde çimento elde edilir. Cetvel 5.4 de Türk Çimento Standartları gösterilmiştir.

Cetvel 5.4 Türk çimento standartları

Tip		İsmi	
1.	Portland çimentoları		
	Normal portland çimentosu	NPC	350
	Yüksek dayanımlı portland çimentosu	YPC	300
	İlk deneyim yüksek portland çimentosu	İPC	400
2.	Yüksek Fırı Çiraf Çimentoları		
	Normal demir portland çimentosu	NDFC	350
	Normal yüksek fırın portland çimentosu	NYFC	350
3.	Beyaz portland çimentosu	BPC	350
4.	Tras Çimentolar		
	Tras çimentosu	(% 30-40 tras) (% 60-70 NPC 350)	

Priz, Sertleşme ve Rütne: Çimento, agrega (kum + çakıl) ve su ile yoğurulduktan sonra, çimentonun niteliğine göre 1/2-1 saat her hangi bir değişikliğe uğramaz. Bu süreden uygulamada, betonun yapıldığı yerden alınarak yapıdaki yerine dökülmesinde yararlandır. Daha sonra viskozitede birdenbire bir artma izlenir, taze beton koyulmuş ve hafifçe sınırlar. Bu olay içsel bir kimyasal reaksiyonun başlangıcına işaret eder ve betonun katılaşması (prizi) tamamlanuncaya kadar devam eder. Priz devresinin başlangıcı ve sonu vikat iğnesi ile (Şekil 5.1) tayin edilir. Priz başlangıcında iğne kendi ağırlığı ile batmaz, sonunda ise batmaz. Betonun katılaşması (prizi) tamamlanınca sertleşme devresi başlar. Bu devrenin başında betonun direnci hızla artar. Daha sonraları bu artış yavaşlar. Uygulamada kullanılan çimentoların büyük bir çoğunluğu pratik olarak sertleşme devrelerini üç ayda tamamlarlar. İlk üç ayda erişilen mukavemetin yaklaşık olarak 4/5 i ilk 28 günde tamamlanır. Sertleşme devresinde dış etkenlere maruz kalan beton, başlangıçta hızla, zamanla azalan oranda olmak üzere bir büzülmeyle maruzdur. Bu olay rütne olarak bilinir.



Şekil 5.1. Vicat iğnesi

5.4.1.2 Kum

Betonda kum ve çakıl kullanılmasının nedeni ekonomidir. Kum ve çakıl çimentoya göre ucuzdur ve kullanılması ile mukavemet önemli ölçüde düşürülmez. Üstelik kum çimentonun rütresini de azaltır. Beton yapımında kullanılacak kumda aranan belli başlı özellikler: (1) Yuvarlak danelerden olması (2) Yeterli mekaniksel mukavemetinin olması, (3) Kil ve organik madde ihtiva etmemesi ve 4) Çimento ile kimyasal reaksiyona girmemesidir.

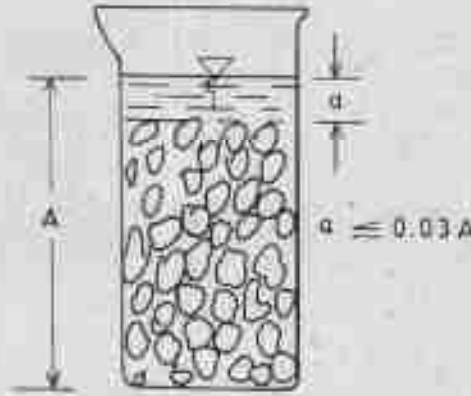
Kumun Mekaniksel Mukavemeti: Betonda kullanılacak kumun ana kaynağı sert ve dayanıklı olmalıdır. Kalklerden oluşan kumlar dana, feldispat ve siyat kumları ise dış şartlara (su, hava v.b.) karşı dayanıksızdır. Bu amaçla kullanılabilen en iyi kum silisten oluşanlardır. Basen sert kalklerden oluşan kumlar da yeterli olarak nitelenir.

Kumun Çimento ile Reaksiyona Girmemesi: Betonda kullanılacak kum, çimento ile kimyasal reaksiyona girmemelidir. Bu nedenle karbon, silika, jips ve organik madde ihtiva eden kumlar betonda kullanılmamalıdır. Bu maddeler prize geçiktirir, önlere ve betonun son mukavemetini düşürür. Kumda bulunan organik maddenin seviyesi basit bir testle anlaşılabilir. Bu amaçla, betonda kullanılacak kum bir kavanoza konur, üzerine % 3 sodyum hidroksit çözeltisi ilâve edilip 24 saat beklenir. Bu süre sonunda çözeltinin rengi değişmez veya çok açık sarı olursa kum organik madde yönünden istenir niteliktedir. Renk koyu kahverengi olmuşsa kum izin verilmenden çok organik madde ihtiva ediyor demektir.

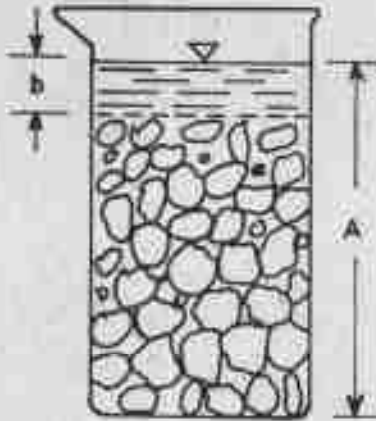
Kum danelerinin şekli ve büyüklüğü: Kum danelerinin köşeli olması, yuvarlak olmasına göre daha fazla boşluk ihtiva edeceğinden, aynı kıvamda beton elde etmek için daha fazla çimentoya ihtiyaç gösterir ve betonun işlenmesi güçleşir. Kum daneleri büyüklüklerine göre ince (0-1 mm), orta (1-3 mm) ve iri (3-7 mm) olmak üzere üç gruba ayrılır. Betonda kullanılacak kumun granulometrisini (büyüklük dağılımı) aka bir kitle meydana getirecek ve sonuç olarak da az çimentoya ihtiyaç gösterecek şekilde olmalıdır. Bu nedenle şantiyeye gelen kumun granulometrisinin tayin edilmesi zorunludur. Kum danelerinin büyüklüğünün uniform olması hiç bir zaman istenmez. Böyle bir kumun daneleri ne büyüklükte olursa olsun, yığılı halinde ilken fazla boşluk ihtiva eder. En az boşluğu olan kum; az miktarda orta kum ihtiva eden, iri kum - ince kum oranı 2:3-1:3 olan kumlardır.

Kumun Porozitesi: Kumun teşkil eden danelerin poroz olması istenmez. Böyle bir kum, çimentonun hidratasyonu için gerekli suyu emer, yapışma ve prizinin kötü olmasına sebep olur. Uygulamada hacminin % 3'ünden fazla su tutan kumun kullanılması arzu edilmez. Kumun porozitesi hakkında bir fikir edinmek için, bir ölçüde su kuru kumun üzerinde 1 cm kalınlık teşkil edecek şekilde doludur. Betonda kullanılacak kumda, su seviyesi başlangıçtaki yüksekliğinin 1/300'ünden daha fazla inmemelidir (Şekil 5.2).

Kumda Kil ve Silt Oranı: Kil kum danelerinin yüzeyini kaplayarak, bağlayıcıya yapışmasını önler. Betonda kullanılacak kumda kil ve silt testi yapmak için, bir mezurun 2/3 yüksekliğine kadar kum doldurulur. Sonra üzerine su konularak çalkalanır ve 1 saat dinlenmeye bırakılır. Kum üzerindeki kil ve silt birikintisi kum yüksekliğinin 1/14'ünden fazla olmamalıdır (Şekil 5.3).



Şekil 5.2 Kumda permeite testi



Şekil 5.3 Kumda kil ve silt testi

Kum Çeşitleri: Betonda kullanılan kum doğal veya suni olabilir. Doğal kum gre, granit, sert kalker ve şistlerin atmosferik etkenler altında ayrışmasında oluşur. Daneler genellikle yuvarlaktır. Doğal kum orijinine göre nehir kumu, deniz kumu, çakıbe kumu ve ocak kumu diye gruplandırılır. Nehir kumu genellikle saf ve iyi kalitedir. Orijini silis veya kalker olabilir. Deniz kumu çok ince olmadığı takdirde çok saftır. Beton yapımında kullanılmazdan önce çoğunlukla yıkanır. Ocak kumu çoğunlukla fazla miktarda kil veya organik madde ihtiva eder. Organik madde ihtiva edenler beton yapımında kullanılmaz. Kil ihtiva eden ocak kumları ise ancak yıkandıktan sonra kullanılabilirler. Suni kum ise, doğal

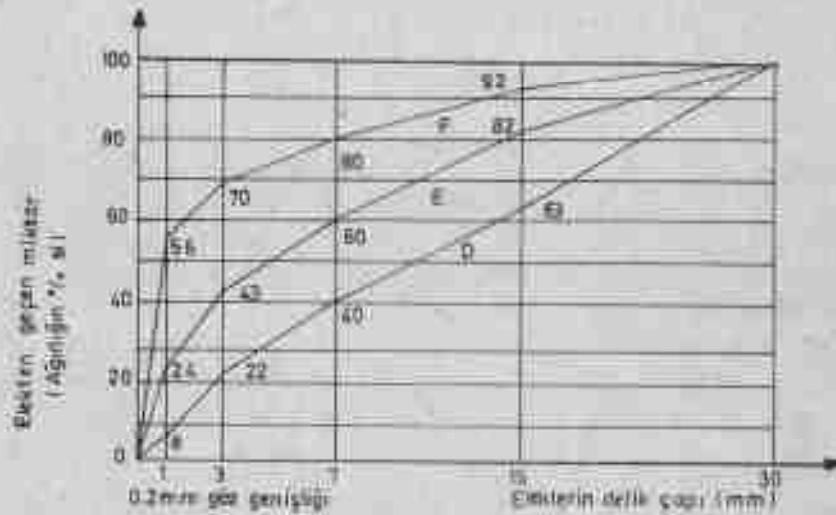
taşların kırkmaşör ile kırılmaları sonucunda elde edilir. Kullanılacak doğal kum tercihan, kuartz, porfir ve sert kalker olmalıdır. Elde edilen kum köveli olduğundan, bunlarla yapılan betonun işlenmesi güçtür. Suni kum genellikle fazla miktarda kil ihtiva ettiğinden, kullanılmadan önce yıkanmaları zorunludur.

5.4.1.3 Çakıl

Beton karışımına giren iri elementlere çakıl denir. Beton yapımında kullanılan çakıl, danelerinin iriliğine göre ince (7-15 mm), orta (15-30 mm) ve iri (30-70 mm) olmak üzere üç gruba ayrılır. Doğal çakıl genellikle yuvarlıktır. Suni çakıl ise doğal taşların kırılması ile elde edilir. Kumda istenen nitelikler aynı çakıl içinde geçerlidir.

5.4.1.4 Kum ve Çakıl Granülometrisi

Beton yapımında kullanılan kum ve çakıl karışımının (granülometrisinin) beton kalitesi üzerine önemli etkisi vardır. Kum çakıl granülometrisi şekil 5.4'deki D ve F eğrileri arasında bulunmalıdır. Kum oranı en az % 40, en çok da % 80 olmalıdır. B 225 (28 günlük küp mukavemeti 225 kg/cm² olan beton) için bu miktar % 60'ı aşmamalıdır. Kum çakıl karışımının en iyi granülometrisi şekil 5.4'de D ve E eğrileri arasındadır.



Şekil 5.4 Betonda kullanılacak kum-çakıl karışımının granülometrisi

5.4.1.5 Beton Suyu

Beton yapımında suyun fonksiyonları agregayı ıslatma ve priz ve sertleşme esnasındaki kimyasal reaksiyonu (hidratasyonu) sağlamadır. Suyun fazlası ise beton mukavemetinin düşmesinde başlıca etkenlerdendir. Beton yapımında kullanılacak suyun ideal miktarı hidrasyon için gerekli olan kadardır. Böyle bir beton "Kuru beton" olarak tanımlanır. Kuru betonun işlenmesi zordur. Betona fazla su verilmesi, onun işleme kabiliyetini arttırmaya da mukavemetini büyük ölçüde azaltır. Betonda kullanılacak su temiz olmalı, fazla miktarda mineral ve yağlı madde ihtiva etmemelidir. Uygulamada genellikle, çimento ağırlığının plastik beton için % 50-55 i, kuru (nemli) beton için ise % 40 i oranında su kullanılır.

5.4.2 Betonun Hazırlanması

Betona konacak kum ve çakıl miktarı imkânlar oranında ağırlık cinsinden ifade edilmelidir. Kum ve çakıl hacim oranına göre ölçüldüğünde, ölçülen miktarların ağırlığı ak ak kontrol edilmelidir. Demirsiz beton ve B 120 betonarme betonunda kum-çakıl karışık olarak kullanılabilirse de karışımın granulometrisinin istenilen nitelikte olduğu saptanmalıdır. B 160 ve B 225 betonarme betonlarında, kum ve çakıl ayrı ayrı dikkate alınmalıdır. Betonun bileşiminde yerine dökülmesi ve sıkıştırılması 1 m³ beton içinde çimento miktarı ağırlık (kg) cinsinden ifade edilmelidir. Özellikle betonarme betonunda, çelik donatıya paslanmaya karşı emin olarak korunmasını sağlayacak uygun bir beton elde edilmesi için gerekli miktarda çimento bulunmalıdır.

Betonarme Beton: Bir metreküp betonarme betonu elde etmek için genellikle, en az 0,8 m³ çakıl ve 0,4 m³ kum, en çok da 0,9 m³ çakıl ve 0,45 m³ kum kullanılır. Burada amaç, maksimum sıkılıkta agrega elde etmektir. Betonarme yapı elemanı demirle sık donatılmış ise bazen kullanılan çakıl büyüklüğünün 15 mm yi aşmaması istenir. Bir metreküp betonarme betonu için 300, 350 veya 400 kg çimento kullanılır. Bu takdirde betona eşyasıyla 300, 350 veya 400 dolcu beton denir. Betonda kullanılarak suyun miktarı : 1) Bağlayıcının niteliğine, 2) Agreganın ınceliği ve nemliliğine ve 3) Betonda istenilen kıvamı bağlıdır. Betonda kullanılacak su, plastik beton için çimento ağırlığının % 50-51, kuru (nemli) beton için ise çimento ağırlığının % 40 i civarındadır. Bu sınırdaki beton yerine vibrasyonla dökülür.

Demirsiz Beton (Grubeton): Özellikle yığma yapılarda duvar yüküne taşıyıcı zemine iletilmesinde, taş blokaj veya kum çakıl üzerine

yapılan plaklarda v.b. yapılarda grobeton kullanılır. Grobetonun bir metreküpünün karışımına giren malzeme şöyledir.:

0.50 — 0.70 m³ Çakıl (30 — 70 mm)

0.30 m³ Çakıl (7 — 30 mm)

0.40 m³ Kum

250 — 300 kg Çimento

150 Lt. Su

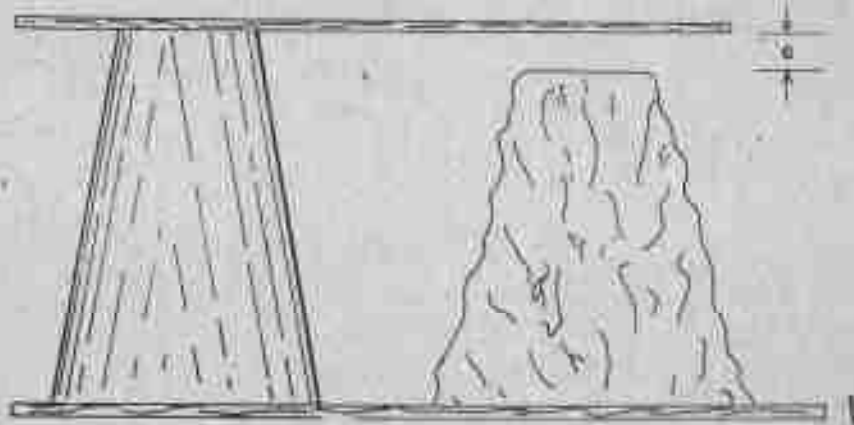
3.4.3 Betonun Akıcılığı

Betonda istenilen akıcılık (krvam), daha ziyade betonun kullanılma yerine bağlıdır.

Kuru beton (Nemli beton): Olukla yerine dökülebilecek akıcılıktaki betondur.

Alıncı beton: Bileşiminde fazla miktarda su bulunan betondur. Bu tür beton, daha çok döküldükten sonra fazla suyun basınca veya emme arzuluğu ile alınabildiği durumlarda kullanılır.

Şantiyede betonun akıcılığının saptanmasında çoğunlukla *çökme deneyi* kullanılır. Bu deneyde, taze beton düz bir yüzey üzerine yerleştirilen, alt tabakanın çapı 20 cm, üst tabakanının 10 cm ve yüksekliği 30 cm olan kesik koni şeklindeki metal bir kalıba sıkıştırılmadan doldurulur (Şekil 5.5). Dört dakika sonra kalıp yavaşça kaldırılır. Deney betonu akıcılığı oranında çöksektir. Bir cetvel yardımıyla çökme yüksekliği ölçülür. Bu değer betonun akıcılığının bir ölçüsü olarak kullanılır (Cetvel 5.5).



Şekil 5.5 Beton çökme deneyi

Çizelge 5.5 Betonun akıcılığı

Betonun tipi	Çökme (a)
Kuru beton	0 - 1 cm
Pasif beton	1 - 3 cm
Yarı akıcı beton	4 - 15 cm
Akıcı beton	15 cm

Uygulamada betonun akıcılığını arttırılmasında, 1) Kum ve çakı-yuvazlak olması, 2) Kum oranını çakıla göre az miktarda arttırmak, 3) Yoğurma suyunu arttırmak, 4) Katkı maddeleri (kişelgur, puzolan, kimyasal maddeler v.b) kullanmak ve 5) Çimento dozajını arttırmak v.b. yollara başvurulur.

5.4.4 Betonun Özellikleri

Betonun Rendimesi: Betonun rendimesi genellikle 1 den küçüktür. Diğer bir deyişle, bir metreküp beton elde etmek için bir metreküpten fazla agrega kullanılması zorunludur.

Betonun Rötresi: Betonun sertleşmesi sırasında, başlangıçta hızlı, daha sonra azalan oranda olmak üzere bir boyut küçülmesi ortaya çıkar. Betonda rötreyi artıran faktörler:

- 1) Çimentonun dozajının yüksek olması.
- 2) Yoğurma suyunun fazla olması.
- 3) Yüksek mukavemetli çimento kullanılması.
- 4) Çimentonun fabrikasyonda çok ince öğütülmesi.
- 5) Kullanılan katkı maddesi oranının yüksek olması.
- 6) Kullanılan agrega veya suda yabancı maddelerin bulunmamasıdır.

Rötreye karşı alınacak tedbirler arasında, iklim koşullarına göre 20-40 m de bir rötme derzlerinin kullanılması, betonun sertleşmesi sırasında nemli tutmak (1-3 hafta) ve rötresi az çimento kullanmak söylenebilir. Betonun yapı unsurlarında rötme, betonun sertleşmeye başlaması ile ortaya çıkar, azalan oranda olmak üzere zamanla devam eder.

Betonun Mukavemeti: Betonun mukavemetine olumlu etki yapan faktörler: 1) Agreganın gradüometrisi ve betonun sıkıştırılması, 2) Çimentonun dozajı, 3) Çimentonun mukavemeti, 4) Agrega ve suyun temizliği, 5) Betonun prizı ve sertleşmesi sırasında hidrasyon suyunun buharlaşmasına karşı alınan tedbirler ve 6) Yoğurma suyunun miktarıdır. Bu sonucu faktör, belirli bir seviyenin üzerinde betonun mukavemetine olumsuz etki yapar.

350 dozlu normal bir betonun mukavemeti, ilk 7 gün sonunda 140 kg/cm^2 , 28 günde 200 kg/cm^2 ve 3 ay sonunda 250 kg/cm^2 yi aşmalıdır. Betonun çekme mukavemeti basınç mukavemetinin $1/10$ 'u oranında olup betonarme hesaplarında bu değer dikkate alınmaz.

Porozite, Permeablite, Dış Etkenlere Mukavemet: Porozitesi az olan betonun geçirgenliği de azdır. Bu nedenle betonun siki ve dozunun yeterli olması gerekir. Geçirgenliğin az olması aynı zamanda betonda çatlakların da az olması ile sonuçlanır. Rörtresi az ve çekmeye mukavim olan betonun geçirgenliği azdır. Soğuk, taze betonu prizini almasına olumsuz yönde etki yapar. Ortam sıcaklığının -5°C m altına düşmesiyle betonun prizi olumsuz yönde büyük ölçüde etkilenir. 0°C de ise priz tamamen durur. Sıcaklığın artması ise betonun sertleşmesini hızlandırır. Sıcaklık kurulukla birlikte etki yaparsa, betonun suyunu buharlaştırır ve rörtresi artırır. Beton sertleştikten sonra, sıcak ve soğuga iyi mukavemet eder. Geçirgen olduğu hallerde ise dış etkenlerden büyük ölçüde zarar görebilir. Betonun kimyasal etkilere dayanıklılığı ise, bileşimine giren malzemenin (agrega, çimento) en fazla etkilenmesine bağlıdır.

5.4.5. Beton Yapımı

Betonun bileşimine giren agreganın (kum + çakıl) ölçülmesinde, dipsiz ölçü kapları kullanılır. Uygulamada genellikle, 200 - 300 litre kapasitedeki betoniyelerde her bir karıştırmada bir torba (50 kg) çimento kullanılır. Örneğin (350) dozlu 2:1 agregalı beton yapımı için: 60 litre kapasiteli iki ölçü çakıl, 60 litre kapasiteli bir ölçü kum ve bir torba (50 kg) çimento kullanılır.

Şantiyedeki günlük beton yapımı, 15 m^3 ün altında ise, beton kürekle karıştırılabilir. Bu suunun üzerinde ise çoğunlukla betoniyer kullanılır.

Yapılan taze beton, civardaki kullanma yerine el arabaları veya motorlu araçlarla taşınır. Uzaklığı fazla olduğu hallerde, bu tür taşımada, sürüşün nedeni ile betonda bir ayrışma ortaya çıkar, iri elementler dibine çöker, sulu kısımlar üstte kalır. Bu sakıncanın ortadan kaldırılmasının amacı ile pneumatik taşıma ve uzun mesafeler için de döner hazneli araçlardan yararlanır.

Taze betonun yapıldığı yerden alınıp yapıdaki yerine konmasına betonun dökülmesi denir. Beton yapıdaki yerine çok yüksekte dökülürse ayrışma olur. Bu nedenle beton her seferinde 30 cm lik tabakalar teşkil edecek şekilde dökülür. Tokmak, şiş veya vibratör ile mikşirilir. Yeni tabakalar, bir önceki plastik iken veya sertleştikten sonra dökülür.

Taze beton döküldükten sonra ilk sekiz gün rutubet kaybetmesi için sulanır, güneş ışıkları ile direkt temas etmemesi ve dondan korunması amacıyla örtülür.

Normal çevre sıcaklığında (10-25 °C) betonarme yapılarda kalıp sökme süreleri şöyledir:

- 1) Kirişlerin yan yüzeylerindeki kalıplar 3-4 gün sonra kaldırılabilir.
- 2) Nervürlü döşemeler ve kısa açıklıklı plakların alt yüzeylerindeki kalıplar bir hafta sonunda sökülür.
- 3) Ana kirişlerin alt yüzeylerindeki kalıplar 3-4 hafta sonra sökülür.
- 4) Ağır yük taşıyan elemanlar veya büyük çukurları, kalıpların sökülmesi için bazen 2-3 aylık bir sürenin geçmesini zorunlu çözer.

5.5 Metaller

İnşaatta kullanılan metaller demirli metaller ve demirsiz metaller olmak üzere iki ana grupta incelenebilir. Demirli metaller yapıların taşıyan kısımlarında kullanıldıkları için konstrüksiyon malzemesi olarak mühendis, demirsiz olanlar ise çoğunlukla detay malzemesi olarak kullanıldıkları için mimarları ilgilendirir. Ancak bunlar arasında alüminyum ve alüminyum hafızlığı, yüksek mukavemeti ve korozyona olan direnci nedeniyle son senelerde inşaatla uygun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

5.5- 1 Demirli Metaller

İnşaatta genellikle kullanılan demirli metaller, dökme demir (font) ve çelikten oluşur. Dökme demir (font) çoğunlukla makina gövdeleri, radyatör, sofa, borular, banyo tekneleri, kazan v.b. elemanların yapılarında kullanılır.

Çelik: Çelik hamdemirin içerisinde bulunan yabancı maddelerin ayrılmasından sonra karbon oranının amaca göre ayarlanması ve istenilen özelliklere göre nikel alüminyum, krom, magnezyum v.b. elementlerin ilavesi ile elde edilir. Çeliğin karbon oranı % 0,05 -1,8 sınırları arasında değişir.

Çelik yüksek mukavemeti nedeniyle, kiriş, kolon v.b. yapı unsurlarında profil çeliği halinde kullanılır. Bunların kesitleri genellikle L, I ve U şeklindedir. Çelik aynı zamanda betonarme yapı unsurlarında inşaat demiri olarak da kullanılır. Betonarme yuvarlak demirler had-

deden çıktıkları gibi kullanılır. Bu suretle betonda demir arasındaki aderans artırılmış olur. Tarımsal inşaatta çoğunlukla, yuvarlak kesitli normal piyasa betonarme demiri (ST 1) kullanılır. Betonarme demirinin çapı mm olarak ifade edilir. Boyları 12 metre olduğundan, kolayca taşınmaları için çirkeze seklide ortaslan ikiye kıvrılmış demetler halinde satılır. Kalınlıkları 6-30 mm arasında değişir. Normal betonarme demirlerinin en çok kullanılan kalınlıkları, birim ağırlık ve kesit alanları Cetvel 5.6 da gösterilmiştir.

Betonarme demirinin birimi kg'dır. Betonarme donatısı olarak kullanıldığı zaman % 10 kayıp ve % 10 oranında da bağlama toline ihtiyacı olduğu kabul edilir.

Saç Lezha: Demir veya çelikten yapılan kalınlıkları 2.5 mm den ince olan levhalara sac denir. Piyasada düz sac veya oluklu sac olanlar satılır. Düz sacların genişlikleri 0.70-1.00 m, uzunlukları 1.60-3.00 m ve kalınlıkları çoğunlukla 0.4-2.5 mm dir. Çelik saclar galvanize edilerek veya boyanarak paslanmaları önlenir.

5.5.2 Demersiz Metaller

Bu gruptaki maddeye alüminyum, çinko, bakır, kurşun ve bunların alaşımlarından oluşur.

Alüminyum ve Alaşımları: Alüminyum ve alaşımları hafifliği, yüksek mukavemeti ve korozyona karşı da yüksek dirençleri ile son senelerde inşaatla yaygın olarak kullanılmaktadır. Saf alüminyum aslında yapıda taşıyıcı eleman olarak kullanılmayacak kadar yumuşaktır. Buna karşılık alüminyum; bakır, magnezyum, nikel, çinko v.b. elementlerle yapılan alaşımlarının mukavemeti yüksektir. Bugün için mukavemeti yumuşak çeliğe denk alüminyum alaşımları yapılabilmektedir. Bunların ağırlığı çelikininkinin üçte biri oranında olduğundan, alüminyum alaşımları ile daha hafif yapı sistemleri projelenebilir. Alüminyum alaşımlarının tek sakıncası maliyetinin yüksek olması ve elastiklik modülünün düşük olması nedeniyle yük altında fazla deformasyona uğramasıdır.

Çinko: Çinko inşaatla daha çok levhalar halinde kullanılır. Hava ile temasında okside olarak ince bir tabaka meydana gelir ve altına kalan kısımlar korunmaktan kurtulur. Bu nedenle çinko levhaların boyanması zorunlu değildir. Piyasadaki levhalar düz veya olukludur. Boyutları genellikle 0.80 x 1.20 m veya 1.00 x 2.00 m'dir. İnşaatla çoğunlukla 10, 12 ve 14 numaralı çinko levhalar kullanılır.

Сводный 5.6. Таблица средних значений нормативных показателей качества воздуха

Срок мес	Домашин Агентство кг/м³	Средние значения по 10 квартирам									
		Средние значения									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	0,22	0,55	0,65	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,82	
7	0,30	0,77	1,12	1,58	1,92	2,31	2,69	3,07	3,46	3,84	
8	0,40	1,00	1,51	2,01	2,51	3,01	3,52	4,02	4,52	5,02	
10	0,62	1,22	2,06	2,88	3,72	4,57	5,40	6,23	7,07	7,92	
12	0,89	1,78	2,86	3,93	5,00	6,07	7,14	8,21	9,28	10,35	
14	1,21	2,42	3,63	4,84	6,05	7,26	8,47	9,68	10,89	12,10	
16	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,86	15,40	
18	1,90	3,80	5,70	7,60	9,50	11,40	13,30	15,20	17,10	19,00	
20	2,24	4,48	6,72	8,96	11,20	13,44	15,68	17,92	20,16	22,40	
22	2,60	5,20	7,80	10,40	13,00	15,60	18,20	20,80	23,40	26,00	
24	2,96	5,92	8,88	11,84	14,80	17,76	20,72	23,68	26,64	29,60	

Bakır: Bakır piyasada tel veya levha halinde satılır. Boyutları 1.00 x 2.00 m olup 14-17 cm eninde, 20-30 m boyunda rulolar halinde bulunur. Kalınlıkları 0.40-2.50 mm arasındadır.

Kurşun: Kurşun inşaatta genellikle yardımcı malzeme olarak, font borularını kalafatlamada v.b. işlere kullanılır.

5.6 Diğer Malzeme

Bu başlık altında, bitümlü malzeme, plastik malzeme, cam ve boyaların özelliklerine kısaca değinilecektir.

Bitümlü Malzeme: İnşaatta kullanılan asfaltlarla, katranlara bitümlü malzeme adı verilir. Bitümlü maddeler elde edilmiş şekline göre: 1) Doğal asfaltlar, 2) Kaya asfaltlar, 3) Petrol asfaltlar ve 4) Katranlar olmak üzere dört grupta toplanabilir. Bitümlü malzemedeki oksitlenmiş asfalt, teçrid işleri ve sıcak bitüm işlerinde; asfalt çimentosu, yol ve su inşaatında, zemin kaplamalarında; asfalt emülsiyonu ve katran, yol inşaatında ve teçrid işlerinde; bitümlü macun (mastik) derz tıkamada; bitümlü mukavva (rüherüt) da çatı malzemesi olarak kullanılır.

Plastik Maddeler: İşlenmelerinin veya üretimlerinin belirli bir aşamada yumuşak yani plastik olan organik orijinli maddelerle bu ad verilir. Plastik maddeler suni olarak üretildikleri için bunlara bazen sentetik maddeler adı da verilmektedir. Bütün plastik maddeler sıcakta ve yumuşakken işlenirler. Soğuyunca veya sertleşince aldıkları şekli muhafaza ederler. Termoplast olanlar sürekli tekrar yumuşurlar. Termoset olanlar ise tekrar yumuşamazlar, oldukça yüksek sıcaklıklara kadar sert kalabilirler. Plastiklerin çoğu dış etkenlere dayanıklı, kimyasal yönden atıl maddelerdir. Plastikler; termoset reçineler ve poliesterler, levhalar, parçalar (bakalit), boru, profiller ve teçrid malzemesi yapımında kullanılırlar.

Cam: Ana maddesi SiO₂ olan, ergidikten sonra kristalleşmeyip amorf şekilde sertleşen maddelere cam denir. Cam, dış etkilere karşı teçrid ile birlikte, ışıklaştırma istenilen hıza kasulları için kullanılır. Kalınlıkları 2-6 mm arasında değişir. Tarımsal yapılarla çoğunlukla 3-4 mm kalınlıkta cam kullanılır. İnşaatta cam aynı zamanda cam tuğlaları ve yapı blokları halinde de kullanılır.

Yağlı Boya: Yapıların ahşap ve metal kısımlarını dış etkenlerden korumak ve aynı zamanda güzel bir görünüş vermek amacıyla bunlar yağlı boya ile boyanır. Yağlı boya bezir yağı, vernik ve metal boyaların

karıştırılması ile elde edilir. Piyasada satılan ticari hazır yağlı boyalar dahili ve harici olmak üzere iki grupta toplanabilir:

Boyanecek yüzey, boya macunu ile düzeltildikten ve iyice kurutulduktan sonra önce bir kat astar boya ile boyanır, ve bunun üzerine esas yağlı boya sürülür. Macunun fonksiyonu yağlı boyanın tutulmasını sağlamaktır. Macun üstübeç, vernik, nefit ve hexit yağının karıştırılmasıyla elde edilen plastik bir hamurdur. İnşaatta yağlı boya işleri metrekare olarak ölçülür ve değerlendirilir. Yağlı boya duvar, ahşap ve metal üzerine olmak üzere inşaatla başlıca üç yerde kullanılır.

6. YAPILARA GELEN YÜKLER

Yapılar birbirlerine eklenmiş yapı elemanlarından oluşur. Yapıyı oluşturan elemanlardan her birisi (kolon kiriş, çatı döşeme v.b.) kendi ağırlığı dahil üzerine gelen dış yüklerin etkisi altında statik denge durumunda olmak zorundadırlar.

Her hangi bir yapı belirli bir fonksiyonu yerine getirmek için projelenir. Yapının kendisinden beklenen bu fonksiyonu yerine getirebilmesi için, yeter derecede dayanıklı ve sağlam olması zorunludur. Yapı projelendirmede inşaat ekonomisi ve estetik de önemlidir.

Yapı ve tesislerin projelendirmede aşağıda belirtilen aşamalardaki işlemler takip edilir:

1) Yapının beklenen fonksiyonu yerine getirebilecek ana plan hazırlanır.

2) Beklenen fonksiyonu yerine getirecek çeşitli çözüm alternatifleri karşılaştırılır. Fonksiyon, ekonomi ve estetik yönden en elverişli olan alternatif seçilir.

3) En elverişli alternatif için önce bir ön proje, daha sonra da ayrıntılı (detaylı) inşaat projesi hazırlanır.

Ön ve detaylı projelendirme işlemi ise üç aşamada toplanabilir:

1) Yapıya gelebilecek yükler tayin edilir.

2) Yapının statik denge durumunda, bu yükler nedeniyle yapı elemanları ve bunların ek yerlerinde ortaya çıkan maksimum gerilmeler hesaplanır.

3) Sözü edilen bu maksimum gerilmeler dikkate alınarak yapı elemanları ve ek yerleri boyutlandırılır.

Projelendirmede yukarıda söz edilen bu üç aşama bir diğeri ile yakından ilgilidir. Yapının ve yapıyı teşkil eden unsurların kendi ağırlığı, taşınması gereken yüklerden birisidir. Bu ağırlıklar ise yapının kesin

projesi bitinceye kadar tam olarak kestirilemez. Hiperstatik (statik belirsiz) durumlarda yapı unsurlarındaki gerilmeler, bunların elastik özelliğine bağlı olduğundan, sız konusu unsurların boyutları kesinleşmedikçe tam olarak bilinmez. Bu nedenle, yapı projelmesi bir takım tahminler dizisi olarak nitelenebilir. Örneğin iyi bir projelmede, yapıda kullanılacak elemanların ağırlıkları başlangıçta gerçeğe yakın bir şekilde tahmin edilmelidir. Gerçek ağırlıklar ancak yapının kesin projesi bittikten sonra hesaplanabilir. Gerçek ağırlık, başlangıçta tahmin edilen ağırlıktan önemli seviyede farklı ise, boyutlandırma işlemi bu sonucu ağırlık esas alınarak yeni baştan yapılır.

Yapı projelmesinde, yapıyı teşkil eden her elemanın, o elemandaki maksimum gerilmeye dayanabilecek şekilde boyutlandırılması önemlidir. Bu maksimum gerilmenin değerlendirilmesinde, sadece yüklerin şiddetlerinin değil aynı zamanda taslık noktalarının da bilinmesi gereklidir.

Yukarıda belirtilen nedenlerle, mühendislik yapılarının projelmesinde, yapılara servis ömrü boyunca gelişebilecek yüklerin gerçeğe yakın bir şekilde belirlenmesinin önemi büyüktür.

Yapılara gelecek yüklerin tahmininde fazla muhafazakar davranmak istenmez. Bütün yüklerin ortalama değerler olarak gözönünde bulundurulmasına ve önemli olabilecek hiç bir yükün hesap dışı bırakılmasına dikkat edilmelidir. Yükler başlangıçta, gerçeğe yakın bir şekilde tahmin edilirse, projelmede, sız konusu yapı unsurunu teşkil eden malzeme için kullanılan normal emniyet katsayısı, olabilecek ufak hataları telafi eder.

Eğer yapıya gelecek yükler, olması gerekenden çok fazla tahmin edilirse, kesin proje sonucunda, fazla mukavim, buna karşılık ağır ve pahalı bir yapı ortaya çıkacaktır. Böyle bir yapı hiç bir zaman ekonomik ve raudumanlı olamaz. Zaten mühendislik biliminin bütün amacı yapı mukavemeti ve ekonomisi arasında elverişli bir denge gerçekleştirmektir.

Yapılar ve yapılara gelen yükler bireysel yani konsantre kuvvetler veya yayılı kuvvetler şeklinde etki yapabilirler. Yükler, ister konsantre ister yayılı olsun genel olarak ölü ve canlı yükler olmak üzere iki genel sınıfta toplanabilirler.

6.1 Yapılara Gelen Ölü Yükler

Yapılarda ölü yük; yapıyı teşkil eden kolonlar, kirişler, döşeme sistemleri, duvarlar, bölmeler, çatı, temel v.b. yapı unsurlarının yapı-

dıkları malzemenin ağırlıkları ile su, gaz ve elektrik v.b. gibi yapıya sabit olarak bağlı bulunan tesisatın ağırlıklarından oluşur. Bu tip yüklerin belli başlı nitelikleri, pozisyonlarının sabit, etkilerinin sürekli olmasa ve yiddetlerinin değişmemesidir. Ölü yükler, daima düzey doğrultuda etki yaparlar.

Her hangi bir yapının ağırlığı, yapının büyüklüğüne ve yapıldığı malzemenin çeşidine bağlıdır. Yapının yapılacak malzemenin (Çizelge 6.1 ve 6.2) birim hacim ağırlıkları ve çeşitli unsurlarının boyutları bilinirse, ölü yükün hesabı basit bir aritmetik işleminden ibarettir. Buna karşılık projelende yapı unsurlarının boyutları başlangıçta kesin ola-

Çizelge 6.1 Yağı unsurlarının ağırlıkları

Çisim	Birim hacim ağırlığı (kg/m ³)
Müdece taş duvar	2400
Dolu tuğla (sani kumtaşı) duvar	1900
Delikli tuğla (sani kumtaşı) duvar	1500
Dolu hafif beton blok duvar	1600
Boşluklu hafif beton blok duvar	1300
Normal tuğla duvar	1800
Çizelge betonu	2300
Demirli beton (Normal)	2300
Hafif beton	1600
Betonsuz beton	2400
Yunusluk ağaçlar (Çam v.d.)	600
Serit ağaçlar (Meşe v.d.)	800
Çelik	7850
Kireç harcı	1700
Takviyeli harç	1900
Çimento harcı	2100

Çizelge 6.2 Döşeme kaplamalarının, döşeme dolgularının ve çatı detaylarının ağırlıkları

Çisim	Ağırlık (kg/m ²)
Akşam parki	4 - 8
Karın mozaik	22
Sap	22
Mozayik	22
Asfalt	20
Asfalt	20
Çam	22
Marmar kiremit (Lata dahil)	65
Alatınca kiremit	120
Demir	22
Çizelge No. 13 (Kaplama tablası dahil)	20
İstümlü kurton	15
Kuzgun (kabukluk 1 mm)	12

rak kestirilemez. Başlangıçta kabul edilen boyutlara göre bulunan ağırlıkla, kesin boyutlandırılmadan sonra bulunan ağırlık arasında önemli bir fark mevcutsa hesap işlemi son bulunan boyutlara göre yeni baştan tekrar edilir.

6.2 Yapılara Gelen Canlı Yükler

Canlı yükler, yapıdan beklenen fonksiyonun ortaya çıkardığı yüklerdir. Bunlar yapıya uygulanmış çekimleri itibarıyla hareket edebilen veya hareket eden yükler olmak üzere iki gruba ayrılabilirler.

Hareket edebilen yükler, bırakıldığı zaman dینگin halde kalan bazen de hareket ettirilebilen yüklerdir. Tarımsal yapı ve tesislerde genellikle karşılaşılan hareket edebilen yükler örnek olarak : 1) Döşeme sistemleri üzerinde istif edilen yükler (Çetvel 6.4), çatı sistemlerine gelen kar ve buz yükü, 2) Rüzgâr yükü ve 3) Su, silaj, hububat, toprak v.b. sıvı veya yarı sıvı malzemenin ortaya çıkardığı yükler gösterilebilir.

Çetvel 6.4 Döşeme sistemlerinde kullanılan ilişkin proje yükleri.

Giriş	Miktar (kg/m ²)
Konutlar	250
Binalar	200
Suflar	150
Yatakhaneler	350
İstif amaçlı stüdyolar	500
Merdirekler, balkonlar	250
Teras ve koridorlar	200

Hareket eden yükler ise, yapı veya tesis hareket halindeki bir objeden iletilen yüklerdir. Örneğin hareket halindeki bir arabanın tekerleklerinden iletilen yük bu tip bir yükür.

6.2.1 Döşeme Yükleri

Her hangi bir yapı, servis ömründe normal şartlar altında gelebilecek maksimum yüke göre projelenebilir. Bazı durumlarda (örneğin hububat depolarında), kullanışa ilişkin bu yükler doğru bir şekilde tahmin edilebilir. Diğer bazı kullanışlarda ise (konut, ofis, suaf v.b.), döşeme sistemlerine gelmesi beklenen yükler daha az belirlidirler. Böyle bir durumda ise tecrübeye dayanan bir yöntem takip etmek zorunludur. Çetvel 6.4 de döşeme sistemlerinde kullanışa ilişkin proje yükleri verilmiştir.

Çizelge 6.3 İstif edilen malzemenin birim hacim ağırlıkları

Malzemenin adı	Ağırlık (kg / m ³)	İç sürtünme açısı
Çimento (dökme)	1200	35°
Çimento (tozlu)	1600	—
Habuklar (tıpa tozu)	720	30°
Arpa	620	30°
Un (gevvalda)	450	—
Potatoz	700	30°
Şeker	750	35°
Un (gevvalda)	1000	—
Saman, kuru ot (serbest)	100	—
Un (dökme)	1200	40°
Saman, kuru ot (okuyulmuş)	300	—
Pançur	720	30°
Tütün balyalar	350	—
Yün (okuyulmuş)	1300	—
Mermer	2500	—
Gübre çerçuk (yükseklik h=2.5 m)	1200	—
Gübre (istif edilmiş)	1000	—

6.2.2 Kar ve Buz Yükü

Kar yağışı olan bölgelerde, kar yükü özellikle çatı sistemlerinin projelendirilmesinde büyük bir önem taşıyabilir. Yatay (eğimsiz) teras çatılar rüzgârın savrulduğu hariç, yağın bütün karı erimeye kadar üzerlerinde tutarlar. Çatının eğimi arttıkça karın büyük bir kısmı çatı yüzeyinden kayar, az bir kısmı ise erimeye kadar çatıda kalır. Çatı sistemlerinin projelendirilmesinde genellikle, kar ve rüzgâr yükünün bir kombinasyonu kullanılır. Bunun nedeni belirli bir çatı altında, çatının eğimi arttıkça kar yükünün azalması, buna karşılık rüzgâr yükünün artmasıdır.

Projelendirmede kar yükü yatay izdüşüm düzlemine etki yapan düşey yük (kg / m²) olarak dikkate alınır. Kar yükünün değerlendirilmesinde, söz konusu bölgenin deniz seviyesinden yüksekliği ve çatı yüzeyinin yatayla yaptığı açı (α°) gözönünde bulundurulur.

Karın yağmadığı yerler söz dışı edilirse deniz seviyesinden yüksekliği 1000 m ye kadar olan bölgelerde kar yükü:

$$P_s = 75 \text{ kg/m}^2 \text{ olarak alınır.}$$

1000 m den yüksek yerlerde ise kar yükü:

$P_s = 75 + (H - 1000) \times 0.08$ olarak alınır. Formülde H, söz konusu yerin metre olarak deniz seviyesinden yüksekliğidir.

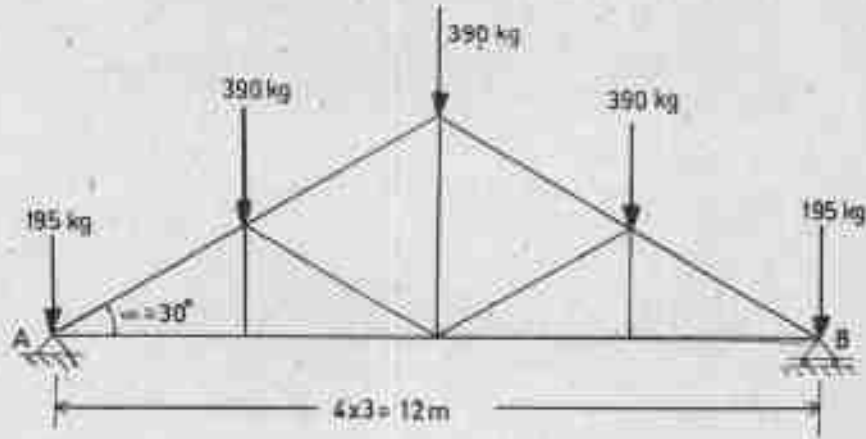
Çatı yüzeyinin, yatayla yaptığı α açısı 45° den küçük ise projelmede esas alınacak kar yükü:

$$P = P_s \cdot \cos \alpha \text{ dir.}$$

Çatı yüzeyinin, yatayla yaptığı α açısı $\alpha > 45^\circ$ olması halinde, çatıdan karın kaymasını engelleyen bir durum söz konusu değil ise, projelmede kar yükü ihmal edilebilir.

Örnek. Verilen: Şekil 6.1 de gösterilen çatı makası. Makaslar 2 metre aralıkla tertip edilmiştir. Yapının bulunduğu yer karlı olup, deniz seviyesinden yüksekliği 950 m dir.

İstenen: Çatı makasının düğüm noktalarına gelen kar yükünü hesaplayınız.



Şekil 6.1 Çatı makası

Çözüm: 1) Kar yükü yatay izdüşüm düzleminde (Y.D.), dikey kuvvet olarak dikkate alındığından önce, iki makas arasındaki (Makas aralığı = 2 m) çatı yüzeyinin izdüşüm alanını (A) hesaplayalım:

$$A = 12 \times 2 = 24 \text{ m}^2$$

2) Kar yükü $H = 950 \text{ m} < 1000 \text{ m} \therefore P_s = 75 \text{ kg/m}^2$
 $P = P_s \cdot \cos \alpha \quad P = 75 \cdot \cos 30^\circ = 65 \text{ kg/m}^2$

3) Çatının iki makas arasında kalan tekniil yüzeyine, izdüşüm düzleminde ($A = 24 \text{ m}^2$) gelen toplam F kuvveti:

$$F = P \cdot A \quad F = 65 \text{ kg/m}^2 \times 24 \text{ m}^2 = 1560 \text{ kg}$$

4) Dügüm noktalarına gelen kuvvet: Kafes kirişlere yük sadece düğüm noktalarında tatbik edilir. $F = 1560$ kg lik kuvvet tek bir makasın taşıyacağı toplam yük olduğundan, bu yük (Dış iki düğüm, iç düğümlerin her birisinin yarısı kadar yük taşır) kemar düğümler dikkate alınarak düğüm noktalarına bölünür.

$$F_{12} = \frac{F}{\Sigma \text{ iç düğüm} + \Sigma \text{ dış düğüm} / 2}$$

$$F_{12} = \frac{1560}{3 + \frac{2}{2}} = \frac{1560}{4} = 390 \text{ kg}$$

6.2.3 Rüzgâr Yükü

Rüzgâr her hangi bir yapıya çarpınca, mevcut koşullara göre küçümsenmeyecek bir kuvvet ortaya çıkar. Yapının bu kuvvete mukavemet etmesi istenir.

Rüzgârın düz bir yüzeye çarpması ile ortaya çıkan basınç, rüzgârın hıza, yüzeye geliş açısına ve yapının geometrisine bağlı olacaktır. Normal şartlar altında rüzgârın yeryüzüne paralel hareket ettiği kabul edilir. Buna karşılık rüzgârın yönü çok değişkendir. Yapı ve tesislerin sabit olmaları nedeniyle rüzgâr bunlara her hangi bir doğrultudan çarpabilir. Hatta rüzgâr tek doğrultudan bile gelse, hıza ve tesislerin bütün yüzeyleri rüzgârın aynı açı ile almayacaklardır. Rüzgârın hızı ise yer yüzünden itibaren yükseldikçe, yüksekliğin yedinci kökü ile orantılı olarak artar:

$$\frac{V_a}{V_b} = \left(\frac{h_a}{h_b} \right)^{1/7}$$

Formülle V_a ve b noktalarındaki rüzgâr hızını, h ise bu noktaların yüksekliklerini göstermektedir.

Genel olarak rüzgâr tesirinin bulunmasında doğrultusuna dik bir düzlem üzerindeki *dinamik etki* olarak tanımlanan (q) değeri esas alınır:

$$q = 0.0623 V^2 \text{ dir.}$$

Formüle:

$$q = \text{Rüzgâra dik bir yüzeydeki dinamik etki (kg/m}^2\text{)}$$

$$V = \text{Rüzgâr hızı (m/s)}$$

Ülkemiz koşullarında dikkate alınan minimum rüzgâr dinamik etkisi 0-10 m yüksekliğindeki yapılar için 80 kg/m^2 , 10-20 m yüksekliğindeki yapılar için ise 90 kg/m^2 dir.

Proje için esas alınacak rüzgâr yükünün tesbitinde, dinamik etkisi, yapının geometrisine ve rüzgârın basmaç (veya emme) alanının normali ile yaptığı açıya bağlı bir şekil katsayısı (C) ile doğrulanır. Rüzgâr yükü daima etki yaptığı yüzeye dik olur.

$$P = C \cdot q$$

Formülde: P = Rüzgâr yükü (kg/m^2). Bu rüzgâr yükünün toplam kuvvete çevrilmesi için etki yaptığı yüzey alanı ile çarpılması gereklidir.

$$q = \text{Rüzgârın dinamik etkisi } (\text{kg/m}^2)$$

C = Yapının geometrisine bağlı şekil katsayısıdır.

Yapı ve tesislerin çeşitli unsurlarındaki gerçek rüzgâr etkisini değerlendiren çalışmalarından elde edilen sonuçlar, cetvel 6.5 de belirtilen şekil katsayısı (C) değerinin emniyetle kullanılabileceğini göstermektedir. Katsayının önünde eksi (—) işaretinin bulunması söz konusu yapı unsurunda rüzgâr yükünün emme, artı (+) işaretinin bulunması ise basmaç olduğunu göstermektedir.

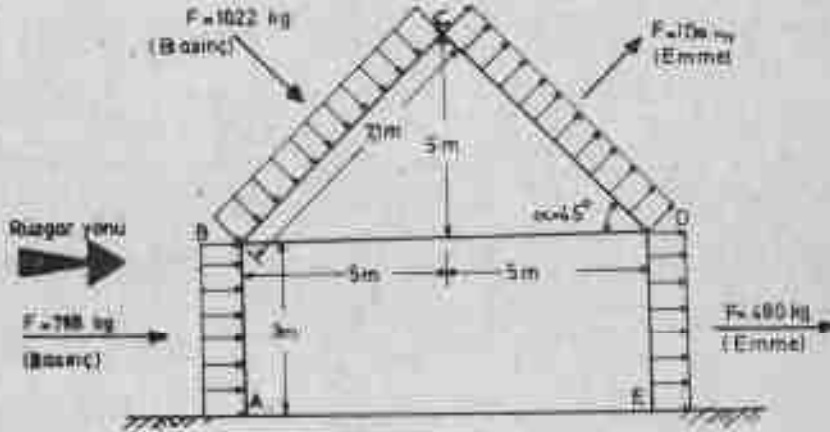
Cetvel 6.5 Yapının geometrisine bağlı (C) şekil katsayısı

Yapı unsuru	Şekil katsayısı (C)
1. Dışarı duvarlar:	
a) Bâğcıma çarptığı cephe	+ 0.8
b) Karşıt cephe (emme tarafı)	— 0.5
c) Yan duvarlar	— 0.6
2. Çatı yüzeyleri:	
a) Teras çatı	— 0.6
b) Paralel çatı	— 0.6
c) Eğimli çatı yüzeyi	
Bâğcıma çarptığı yüzey	$0.43 \alpha^2 - 0.9^{(1)}$
Emme tarafı	— 0.5

(1) α^2 = Çatı eğimi (derece)

Şekil katsayısı dikdörtgen plânlı olağan tarımsal yapılarda $C = 1.3$ alınabilir. Bu değer gerçekte rüzgârın çarptığı cephede basmaç (+ 0.8 q) ve karşıt cephede emme (— 0.5 q) nin bir kombinasyonu olmakla beraber rüzgâr yükü genellikle rüzgâr tarafından etki yapan $P = 1.3 q$ basmaç olmak üzere dikkate alınır.

Örnek. Verilen: Şekil 6.2 de kesiti gösterilen yapınm, üçüncü boyuttaki uzunluğu $d = 32$ metredir. Çerçevesiz arası mesafe 4 metre olduğuna göre, her bir çerçeveye düşen bölümdeki toplam rüzgâr kuvvetini hesaplayınız.



Şekil 6.2 Rüzgâr yüküne maruz yapınm kesiti

Çözüm: Yapınm yüksekliği $h = 3 + 5 = 8 \text{ m} < 10 \text{ m}$ dir. Bu nedenle dinamik etki $q = 80 \text{ kg/m}^2$ alınabilir. Cetvel 6.5 de gösterilen şekil katsayıları (C) ve rüzgârın yapı üzerinde etki yaptığı alan (A) dikkate alınarak her bir yüzeydeki toplam rüzgâr kuvveti hesaplanır.

1) *AB Duvar yüzeyi:*

$$P = C \cdot q \quad P = + 0.8 \times 80 = + 64.0 \text{ kg/m}^2 \text{ (Basma)}$$

$$A = 3 \times 4 = 12 \text{ m}^2, \quad F = A \cdot P = 12 \times 64.0 = 768 \text{ kg (Basma)}$$

2) *BC Çatı yüzeyi:*

$$C = 0.03z^2 - 0.9 \quad C = 0.03 \times 45 - 0.9 = + 0.45$$

$$P = C \cdot q \quad P = + 0.45 \times 80 = 36.0 \text{ kg/m}^2 \text{ (Basma)}$$

$$A = 7.1 \times 4 = 28.4 \text{ m}^2 \quad F = A \cdot P = 28.4 \times 36.0 = 1022 \text{ kg}$$

$$F = 1022 \text{ kg (Basma)}$$

3) *CD Çatı yüzeyi:*

$$A = 28.4 \text{ m}^2$$

$$C = - 0.5$$

$$P = C.q, \quad P = -0.5 \times 80 = -40.0 \text{ kg/m}^2 \text{ (Emme)}$$

$$F = A.P, \quad F = 28.4 \times 40.0 = 1136 \text{ kg} \text{ (Emme)}$$

4) *DE Ducar yüzeyi:*

$$A = 3 \times 4 = 12 \text{ m}^2$$

$$C = -0.5$$

$$P = C.q, \quad P = -0.5 \times 80 = -40.0 \text{ kg/m}^2 \text{ (Emme)}$$

$$F = A.P, \quad F = 12 \times 40 = 480 \text{ kg/m}^2 \text{ (Emme)}$$

Hesaplanan bu kuvvetler işkin oldukları yüzeylerin sentroidinde etki yaptırılır veya örneğin kafes kirişlerde olduğu gibi simetrik yüklemeye dikkate alınarak, kafes düğüm noktalarına dağıtılır.

6.2.4 Deprem Kuvveti

Deprem bölgelerinde, depremden ortaya çıkan ve yapıyı etkileyen kuvvetler, kar ve rüzgâr kuvvetlerinden fazla olabilir. Fakat deprem bölgesi olmayan yerlerde, yapıların kar ve rüzgâr yüküne göre projelendirmeleri, olabilecek hafif depremleri de karşılar.

Deprem kuvvetleri, yapıları yatay kuvvetler şeklinde etki yapar. Deprem anında yer kabuğu yatay olarak hareket ettiğinden, etki yaptığı yapıya hareketi doğrultusunda bir ivme verir. Yapının ağırlığı bu harekete karşı koymaya çalışır. Depremün yapıtlara olan etkisi şöyle özetlenebilir:

- 1) Yer seviyesinde kesme ve kayma
- 2) Yapının her hangi bir seviyesinde kesme
- 3) Devrilme (Devirici moment, karşıt momentin üçte ikisini geçmemesidir).
- 4) Düşey bir konsol kiriş olarak eğme momenti (Bu moment yer seviyesinde maksimum olmakla beraber, bütün seviyelerde tetkik edilmelidir).

Yukarıda belirtilen etkiler nedeniyle deprem bölgelerindeki yapıtlar, özel temel ayakları ve tahkim teshiatine, bağlantılara, eğilme momentlerini karşılayacak çekme donatısına ihtiyaç gösterirler.

Karşılammızı gereken deprem kuvveti (F) in hesabında aşağıda belirtilen formül kullanılabilir:

$$F = C.W$$

Formülde:

F = Yatay deprem kuvveti (Kg)

W = Tetkik edilen seviyedeki yatay düzlemin üzerinde kalan toplam ölü yük (Yapının toplam ağırlığı)

C = Deprem katsayısı. Bu katsayı, deprem bölge katsayısı C_m , deprem aram katsayısı α , bina önem katsayısı β ve bina dinamik katsayısı γ nin çarpımına eşittir.

Deprem bölgelerindeki tarımsal yapı ve tesisler için uygulanabilecek (C) katsayıları Cetvel 6.6 da gösterilmiştir. Cetvelde gösterilen değerler üçüncü derecede deprem bölgeleri içindir. İkinci derecede bölgeler için bu katsayıların iki katı, birinci derecede deprem bölgeleri için 3 katı alınmalıdır.

Cetvel 6.6 Deprem katsayıları¹⁾

Yapı unsuru	Deprem katsayısı (C)
Taşın duvarlar	0,05
Perde duvarlar	
Bilme duvarlar	
Konsolet duvarlar	
Parapet duvarlar	
Başa	0,03
Katije yük	
Tanak ve silo	
Kule	

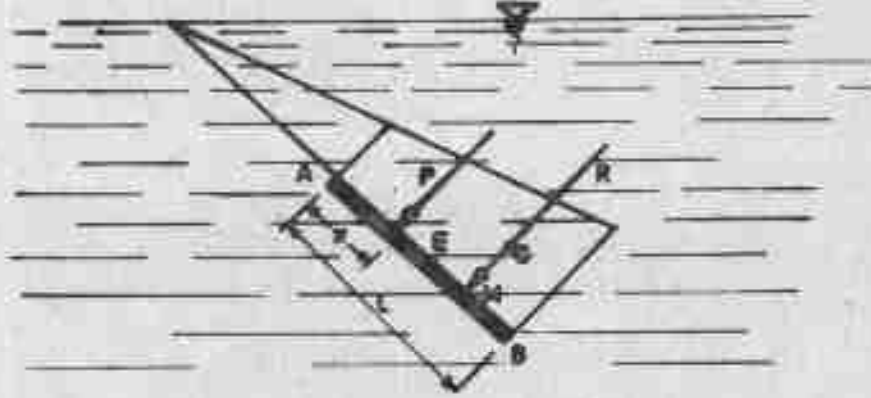
¹⁾ Bu katsayılar 3. derece deprem bölgesi içindir. Bu değerler 2. derece için 2 ile, 1. derece deprem bölgesi için 3 ile çarpılmalıdır.

Deprem kuvvetlerinin kasa etki süreleri nedeniyle, normal şartlar altında, proje emniyet gerilmeleri bir miktar artıdır. Projede esas olarak alınan kombine yük, ölü hareketli, kar ve rüzgâr yükünden oluştuğu takdirde, deprem hesabında emniyet gerilmeleri % 50 oranında artırılabilir. Bu artırmanın yapılabilmesi için gerekli şart: Bu işlemle bulunacak yapı unsuru kesitinin ölü, hareketli ve kar yükü için gerekli kesitten daha küçük olmamasıdır.

6.2.5 Su Yükü

Yayıllı yüklere ilişkin problemlerin çözümlenmesinde, alanların birinci moment ve sentroidi kavramının yararlandığı bir diğer örnek de her hangi bir sıvı içerisinde daldırılmış yüzeye etki yapan kuvvetlerin

hesabılır. Şekil 6.3 de gösterilen, boyu (L) şekil düzlemine dik doğrultudaki boyunu birim uzunluk (öneğin bir metre) alan dikdörtgen bir levhayı inceleyelim.



Şekil 6.3 Dalğırılmış bir dikdörtgen yüzey üzerinde etki yapan kuvvetler

Her hangi bir sıvıya dalğırılmış bir yüzey üzerinde *hidrostatik basınç* (birim alana etki yapan kuvvet veya basınç yoğunluğu)

$$P = \gamma \cdot d \text{ dir.}$$

Formülden:

P = Hidrostatik basınç

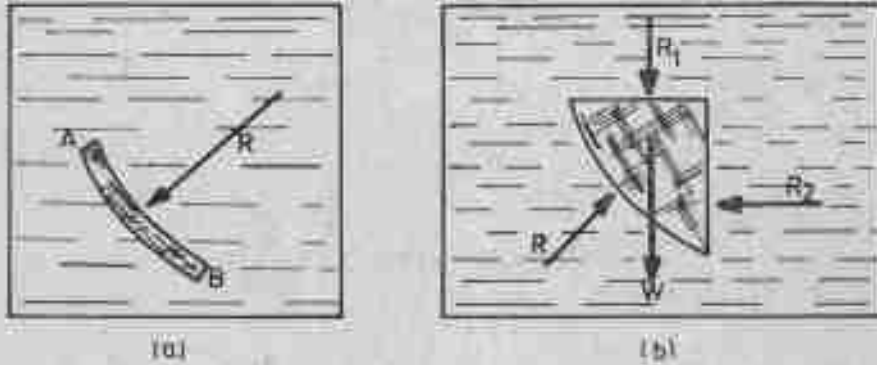
γ = Sıvının hacim ağırlığı

h = Serbest su yüzeyinden sıvı konusu noktaya kadar olan *düsey mesafedir*.

Bu durumda şekil 6.3 daki dalğırılmış yüzey üzerindeki basınç A noktasından itibaren x mesafesine bağlı olarak doğru orantılı bir şekilde değişecektir. Dikdörtgen levhanın genişliği birim uzunluk olarak kabul edildiğinden, buradaki (P) hidrostatik basınca, yazılı yükün etki yaptığı kiriş örneğinde sıvı konusu olan birim uzunluktaki (w) yüküne eşdeğerdir. Aynı düşünce tarzı, bu örnekte de uygulanırsa, levhanın üst yüzeyine etki yapan hidrostatik kuvvetlerin bileşkesi olan R'nin şiddetinin, basınç eğrisi altındaki alana eşit olduğu görülür. Aynı şekilde bileşke kuvvet R'nin tesir çizgisi, levha ile basınç eğrisi arasında kalan alanın sentroidinden yani (C) den geçer.

Dikdörtgen levhanın sentroid noktası olan E'deki basınç P_E , levhanın uzunluğu L (Levhanın genişliği birim kabul edildiğinden, L uzunluğu aynı zamanda levhanın alanının mutlak değerine eşittir) ile basınç eğrisi altında kalan alan $P_E L$ çarpımına eşittir. Bu durumda bileşke kuvvet R , levha alanının, levhanın sentroidindeki hidrostatik basınçla çarpımına eşittir. Yukarıda belirtildiği gibi bileşke kuvvet R 'in tesir çığısi, levhanın sentroidi olan (E) noktasından değil, basınç eğrisi altındaki alanın sentroidi olan (C) noktasından geçer. Bileşke kuvvet R 'in levha üzerindeki (M) tathük noktası, basınç merkezi olarak tanımlanır.

Şimdi bir diğer örnek olarak, genişliği sabit bir eğri yüzeye gelen kuvvetleri hesaplayalım (Şekil 6.4 a). Bu kuvvetlerin bileşkesi olan R 'in direkt entegre yolı ile bulunması güç olduğundan, AB eğri yüzeyi ile AD ve BD düz yüzeyleri tarafından sınırlanan ABD sıvı hacmini teçrit ederek, bunun serbest cisim diyagramını dikkate alalım (Şekil 6.4 b). ABD serbest cismine etki yapan kuvvetler; teçrit edilen sıvı hacminin ağırlığı W , AD ve BD yüzeylerine etki yapan kuvvetleri R_1 ve R_2 , bileşkeleri ile eğri yüzeyden sıvıya etki yapan kuvvetlerin bileşkesidir. Bu son bileşkenin şiddeti sıvıdan eğri yüzeye gelen kuvvetlerin R bileşkesine eşit, fakat ters yönlüdür. (Şekil 6.4 b) de gösterilen kuvvetlerin her birisi standard metodların uygulanması ile hesaplanabilir. Bu değerler bulunduğuktan sonra, bileşke kuvvet R , serbest cisim statik denge denklemlerinin ($\Sigma F_x = 0$, $\Sigma F_y = 0$ ve $\Sigma M_o = 0$) uygulanmasıyla tayin edilir.

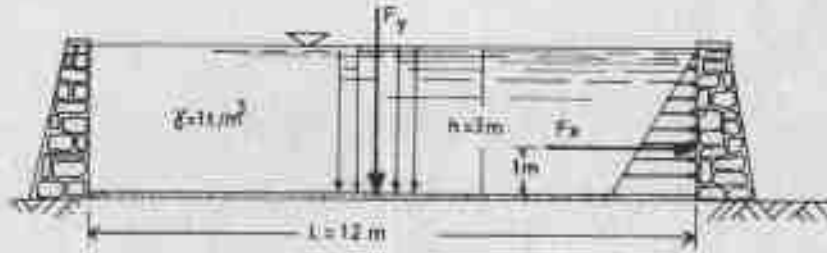


Şekil 6.4 Eğri bir yüzeye gelen hidrostatik kuvvetlerin hesaplanması.

Yukarıda belirtilen metodlar bend, baraaj ve kapak v.b. yapıların yüzeyine gelen hidrostatik kuvvetlerin (su yükünün) hesaplanmasında kullanılabilir.

Örnek. Verilen: Şekil 6.5 de gösterilen havuz.

İstenen: Havuzun birim genişliğindeki (1 metre) seridinde tabana ve yan duvarlara gelen su baskısının (yükün) hesaplanması.



Şekil 6.5 Havuz kesiti

Cözüm:

1) Havuzun tabanına gelen su baskısının hesabı:

Dinamik bir su kütlelerinin tabanında bulunan bir yatay düzlem (yani havuzun tabanı) sabit bir basınç entansitesine sahiptir. Bu basınç değeri:

$$P = \gamma h \quad P = 1 \text{ t/m}^3 \times 3 \text{ m} = 3 \text{ t/m}^2 \text{ dir.}$$

12 metre uzunluğundaki havuzun, birim (1 metre) genişliğine gelen toplam hidrostatik kuvvet:

$$F_y = P \cdot A \quad F_y = 3 \text{ t/m}^2 \times 12 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 36 \text{ ton} \downarrow \text{ dir.}$$

2) Havuzun yan duvarına gelen su baskısı:

Yan duvarın birim (1 m) uzunluğuna gelen yanıl su baskısı:

$$F_x = \frac{1}{2} \gamma h^2 = \frac{1}{2} \times 1 \text{ t/m}^3 \times 3^2 = 4,5 \text{ ton} \rightarrow \text{ dir.}$$

F_x su baskısının (hidrostatik kuvvetin) tesir doğrultusu duvar yüzüne dik olup tabandan itibaren $\frac{1}{3} h = 1 \text{ m}$ seviyesinde etki yapar.

6.2.6 Toprak Tükü

Projelemede çoğu kez istinad duvarları, bina temel duvarları v.b. yapı elemanlarına gelen toprak basıncının değerlendirilmesi zorunludur.

İstinad duvarları v.b. yapı elemanlarına aşağıda belirtilen iki ekstremdeki toprak basıncı etki yapar:

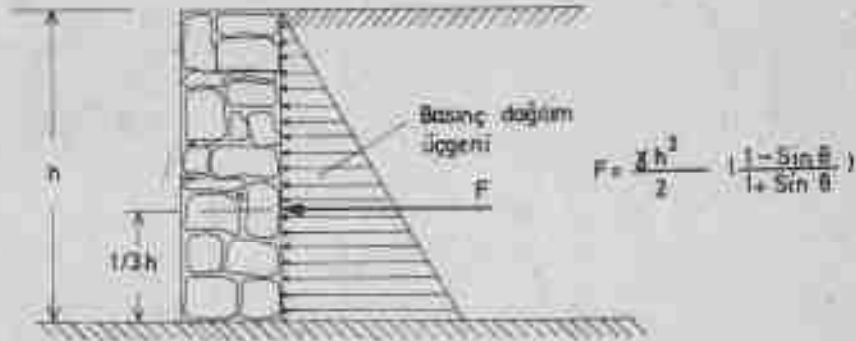
1. *Aktif toprak basıncı :*

Duvarın üzerine gelen dolgu toprağının yükü nedeniyle dengelenen az da olsa uzaklaşması sonucunda maruz kaldığı minimum toprak basıncıdır.

2. *Pasif toprak basıncı :*

Duvarın dolguya doğru az da olsa hareket etmesi esnasında maruz kaldığı maksimum toprak basıncıdır.

Uygulamada, sız konusu yapının dengelenen az miktarda uzaklaşmasının büyük sakınca doğurmayacağı biliniyorsa (Örneğin istinat duvarında olduğu gibi) projelendirme aktif toprak basıncına göre yapılabilir. Oysa yapıya gelecek gerçek toprak basıncı, bu değerden bir miktar yüksektir. Diğer taraftan, böyle bir duvarın tepe seviyesinden tabanına doğru (h) yüksekliği boyunca ortaya çıkan basınç dağılımı tam zılamıyla doğru orantılı olmakla beraber yüklemeye üçgen şeklinde kabul edilebilir (Şekil 6.6).



Şekil 6.6 Aktif toprak yükü (Rankine prensibi)

Toprak yüküne maruz her hangi bir duvarın birim uzunluğuna (Örneğin 1 metre) gelen toprak yükünün (kuvvetinin) hesabında çeşitli yaklaşımlar vardır. Burada dayandığı teori kompleks olmakla beraber, uygulama kolaylığı yönünden pek çok mühendis tarafından tercih edilen Rankine formülünün verilmesi ile yetinilecektir. Rankine'e göre duvarın birim (1 metre) uzunluğundaki aktif toprak basıncından (Şekil 6.6) ortaya çıkan yatay toprak basıncı:

$$F = \frac{\gamma h^2}{2} \left(\frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} \right) \quad \text{dir.}$$

Formüller:

F = Aktif toprak basıncından ortaya çıkan yatay toprak baskısı (kurveti)

γ = Toprağın hacim ağırlığı

h = İstinad duvarının yüksekliği

θ = Toprağın doğal yev açısı

Cetvel 6.7 de çeşitli toprakların hacim ağırlıkları ve doğal yev açıları verilmiştir.

Cetvel 6.7 Toprakların doğal yev açıları ve hacim ağırlıkları

Toprağın cinsi	Doğal yev açısı (θ)	Hacim ağırlığı (ton/m ³)
Kuru kil	35°	1,75
Nemli kil	40°	1,75
İlâk kil	20°	1,92
Kuru kum	35°	1,60
Nemli kum	40°	1,60
İlâk kum	25°	1,84
Çakıl ve kum	40°	1,28
Kırıntı kayı	45°	1,10

Örnek. Verilen: Şekil 6.7 e gösterilen istinad duvarı, arkasında nemli kilden oluşan toprak tutmaktadır.

İstenen: İstinad duvarının birim uzunluğuna gelen hileşke toprak yükü R 'i hesaplayınız.

Çözüm: Verilen şekil 6.7 ve cetvel 6.8 den:

$$h = 4,5 \text{ m}$$

$$\theta = 40^\circ$$

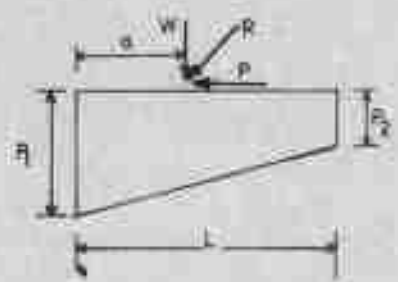
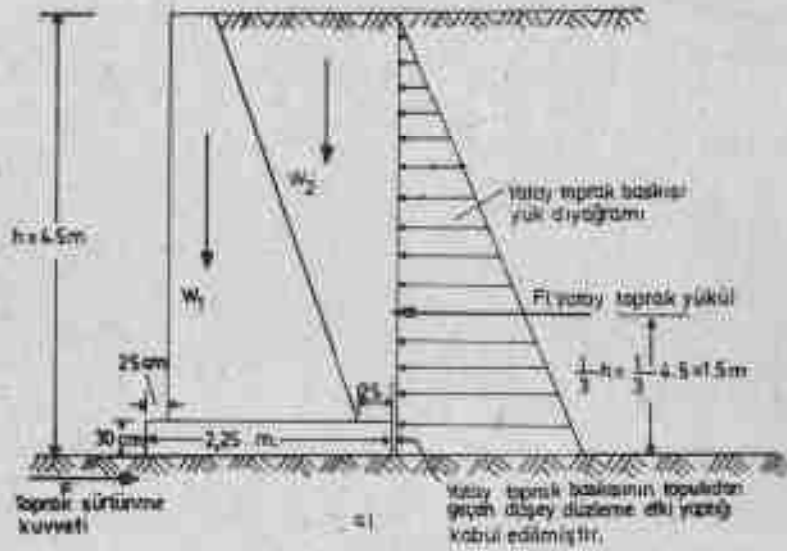
$$\gamma = 1,75 \text{ t/m}^3 \text{ d\u00fcr.}$$

İstinad duvarının toprak yüküne maruz yüzeyi eğimli olduğundan hileşke kuvvet R 'in yatay toprak baskısı (F) ve düşey toprak baskısı (W_2) olmak üzere iki bileşeni vardır.

1) **Düşey toprak baskısı:** Düşey toprak baskısı, toprak ve eğimli yüzey üzerinde kalan kesiti, yamuk uzunluğu 1 metre olan toprak prizmasının ağırlığına eşittir ($W_2 = V \cdot \gamma$).

$$W_2 = \left(\frac{0,25 + 2,00}{2} \right) (4,5 - 0,30) \times 1,75 = 8,27 \text{ t}$$

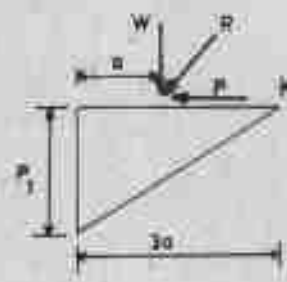
Bu $W_2 = 8,27$ ton'luk kuvvet, yamuk kesitin sentroidinde etki yapmaktadır.



$$W = W_1 + W_2$$

$$P_1 = (4L - 5a) \frac{W}{L^2}$$

$$P_2 = (8a - 2L) \frac{W}{L^2}$$



Çökme gerilmesi ihmal edilmiştir.

$$P_1 = \frac{2W}{3a}$$

b) Zemin tepkisi(baskısı)

Şekil 5.7 Yatay düzleme gelen toprak ve zemin baskıları

Çizelge 6.8 Toprakların sürtünme katsayıları

Zemin sınıfı	Sürtünme katsayısı(f)
Kumlu kil	0,50 – 0,60
Kil	0,33
Kum	0,40
Çakıl	0,60

2) Yatay toprak baskısı :

$$F = \frac{\gamma \cdot h^2}{2} \left(\frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} \right)$$

$$F = \frac{1,75 \times 4,5^2}{2} \left(\frac{1 - \sin 40^\circ}{1 + \sin 40^\circ} \right) = 18,3 \times \frac{0,36}{1,64} = 4,02 \text{ t}$$

$$F = 4,02 \text{ t}$$

Yatay toprak baskısı F, yük diyagramının sentroidinde yani, istinad duvarının tabanından itibaren $1/3 \cdot h = 1,5 \text{ m}$ seviyede etki yapar.

3) Bileşke toprak baskısı (R) :

$$R = \sqrt{(F)^2 + (W_2)^2} = \sqrt{8,27^2 + 4,02^2} = 9,2$$

$$\tan \alpha = \frac{F}{W_2} = \frac{4,03}{8,27} = 0,49 \quad \therefore \alpha = 26^\circ$$

$$R = 9,2 \text{ ton}$$

Bu şekilde istinad duvarının birim uzunluğuna gelen bileşke toprak baskısı (R) hesaplandıktan sonra, duvarın yapıldığı malzeme dikkate alınarak, bulunan W_1 ağırlığı da dikkate alınarak, duvarın AB düzleminde zemine iletmiş toplam bileşke baskı hesaplanır. Bundan sonra, daha önce çözülen benzer örneğinde olduğu gibi istinad duvarının stabilitesi araştırılır. Stabilite hesaplarında duvar tabanı ile taşıyıcı zeminin ortak yüzeyinde ortaya çıkan sürtünme kuvvetinin hesaplanmasında Çizelge 6.8'de belirtilen sürtünme katsayılarından yararlanılır.

6.2.7. Santrifüj Kuvvet

Özellikle, trafik şeridi dönemeçli olan köprülerin projelendirmesinde, araçların geçişinden ortaya çıkan santrifüj kuvvetlerinin dikkate alınması gereklidir. Bu santrifüj kuvvetleri yatay doğrultuda olup, hareketli yük olarak dikkate alınır.

Ağırlığı W olan bir taşıtın, dönemeç yarı çapı R olan bir eğrisel güzergah üzerindeki hız V ise, ortaya çıkan santrifüj kuvvet C (Bu

kuvvet aracın ağırlık merkezinde yatay olarak etki yapar) aşağıda belirtilen eşitlikle ifade edilebilir:

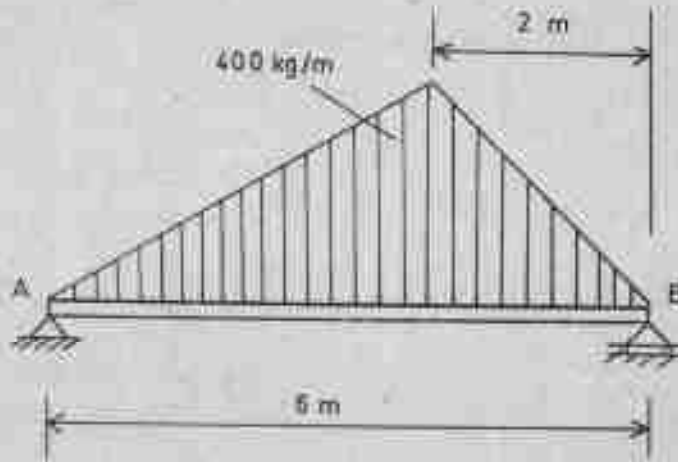
$$C = \frac{W}{g} \times \frac{V^2}{R} \text{ dir.}$$

6.2.8 Termal Kuvvetler

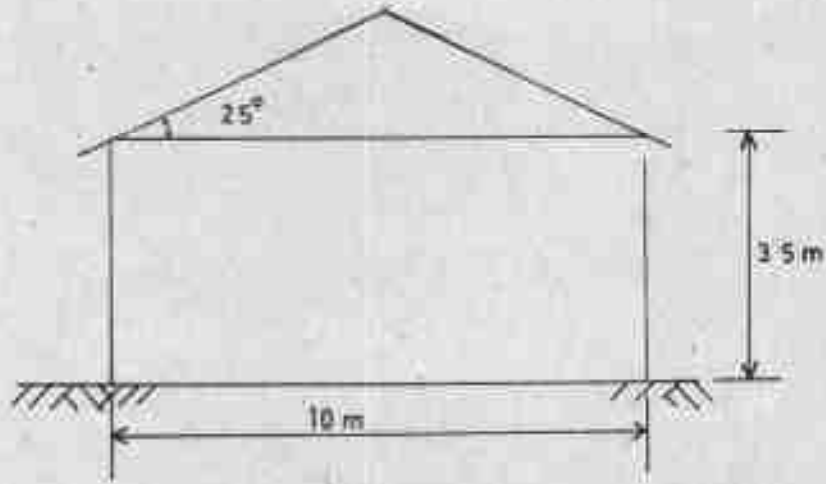
Ortam sıcaklığındaki değişmelerin yapı elemanlarında ortaya çıkardığı geçilmeler bunlarda bir deformasyona sebep olur. Yapı elemanlarında ortam sıcaklığının değişmesi nedeni ile ortaya çıkan kuvvetlere *termal kuvvetler* denir. Bu kuvvetler yanında, özellikle mesnetlerin projelenmesinde yapı elemanlarında meydana gelebilecek uzama ve kısalmaların da dikkate alınması önemlidir.

Problemler :

1. Bir buğday deposunun ahşap döşeme sisteminin kirişleri $S = 1 \text{ m}$ aralıkla dizilmiş olup, boyları $L = 3 \text{ m}$ dir. Döşeme üzerinde $h = 1.5 \text{ m}$ yüksekliğe kadar buğday depolanmıştır. Beher kirişe gelen eşdeğer konsantre yükün şiddetini ve tesir çizgisini bulunuz.
2. Şekil P.6.1 de verilen yükü eşdeğer konsantre yüke çevirip, tesir çizgisinin A mesnedinden uzaklığını bulunuz.
3. Şekil P.6.2 de gösterilen yapının inşa edildiği yerin deniz seviyesinden yüksekliği 1200 m dir. Yapıda çatı makasları arasındaki aralık 4 m olduğuna göre beher makasın taşıyacağı kaz yükünü hesaplayınız.

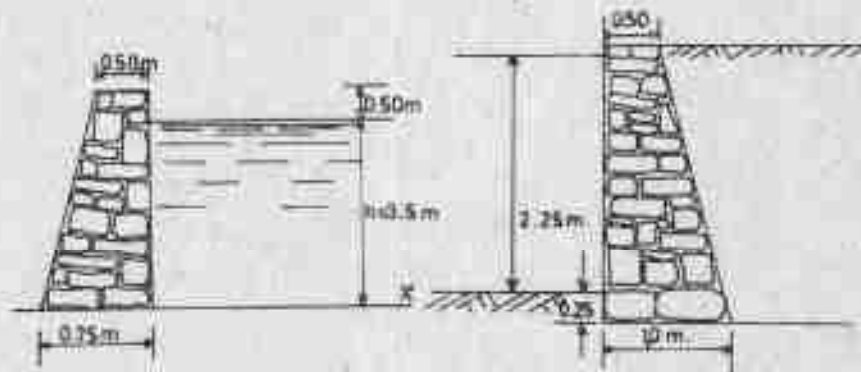


Şekil P.6.1



Şekil P.6.2

4. Problem 3 de belirtilen koşullar için duvarlara ve çatı yüzeylerine gelen rüzgâr yükünü hesaplayınız.
5. Şekil P. 6.3 de kesiti gösterilen ve sulama suyu depolamak amacıyla yapılan havuzda çimento harçlı taş duvarı: a) Devrilmeye, b) Kaymaya karşı tahkik edip x-x seviyesindeki gerilmeyi hesaplayınız ($f = 0,55$).
6. Şekil P. 6.4 de gösterilen çimentolu harçla örülmüş istinad duvarı nemli kum zeminde inşa edilmiştir. İstinad duvarının devrilme ve kayma yönünden emniyetini tahkik edip, A ve B topuklarındaki gerilmeleri hesaplayınız.



Şekil P.6.3

Şekil P.6.4

7. YAPI ELEMANLARI

Bu bölümde yapıları oluşturan temeller, duvarlar, döşeme sistemleri, çatı v.b. elemanlar hakkında bilgi verilecektir.

7.1 Temeller

Temeller, yapının tüm yükünü üzerinde oturduğu zemine ileten yapı unsurlarıdır. Bina veya yapının şekli ne olursa olsun, yapının tüm ağırlığı zemin tarafından taşınır. Bu nedenle, her hangi bir yapı veya tesis söz konusu olduğu zaman taşıyıcı zeminin niteliği ve yük taşıma kapasitesine ilişkin yeterli bilgiye sahip olmak zorunludur.

Yapıda temelün fonksiyonları, yapının tüm yükünü aşağıda belirtilen koşullar altında zemine iletmektir:

- 1) Yapıda fazla oturma meydana gelmemelidir.
- 2) Yapının farklı kısımları çatlamalara sebep olacak şekilde farklı oturmamalıdır.
- 3) Zemin, üzerine gelen yükün etkisi altında yapının göçmesi ile sonuçlanabilecek şekilde başarısızlığa uğramamalıdır.

Ahşap, çelik v.b. yapı malzemelerine kıyasla zemini oluşturan toprağın özelliklerinin bilimsel bir şekilde araştırılması güçtür. Çünkü zemin özellikleri aynı yapı yerinde bile yatay ve düşey doğrultuda büyük ölçüde değişebilir.

Yirminci yüzyıla kadar, yapı temelleri çoğunlukla daha önce kazanılan tecrübeler ışığında inşa edilirdi. Önemli yapılar için, derin yoklama çukurları açılır, profil boyunca toprağın özellikleri incelenir ve bazen de toprağın yük taşıma kapasitesinin değerlendirilmesi amacıyla çukür tabanında dar bir alanda yükleme deneyleri yapılırdı.

1920 yıllarına doğru zemini oluşturan toprağın mühendislik özellikleri bilimsel bir yaklaşımla ele alınmaya başlandı ve sonuç olarak bugün "Zemin Mekaniği" olarak bilinen bilim dalı doğdu. Zemin özel-

liklerini ayrıntılı biçimde araştırarak konuya ilk büyük katkısı yapan bilim adamlarından birisi Karl Terzaghi'dir. 1920 senesinden günümüze kadar, hemen bütün ülkelerde yapılan çalışmalar sonucunda, konuya ilişkin önemli ölçüde literatür meydana getirilmiştir. Bugün önemli yapıların temel etütleri, bu konuda ihtisaslaşmış firma veya örgütler tarafından yapılmaktadır.

Yapı ve tesislerin yükünden etkilenen yer kabuğu materyali mühendislikte toprak ve kaya olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Kaya terimi, sert, rijid ve kavvetli bir şekilde çimentolanmış malzemeyi, toprak terimi ile nisbeten yumuşak ve gevrek malzemeyi temsil eder.

Pi ve mak gibi organik birikimler söz dışı edilirse topraklar, kohezyonlu ve kohezyonsuz olmak üzere iki ana grupta incelenebilir. Silt ve kilin kohezyonlu olmasına karşılık, kum ve çakıl gibi granüler malzeme kohezyonsuzdur.

Binalar veya diğer mühendislik yapılarının ağırlığı nedeniyle çok sağlam zeminlerde bile ar da olsa bir oturma meydana gelir. Çünkü kavvetin uygulandığı malzemede mutlaka bir deformatsiyon meydana gelir. Her hangi bir yapının toplam oturması iki aşamada oluşur:

1) Zemin toprağının elastik ve plastik deformatsiyonu nedeniyle, binanın yapımı sırasında meydana gelen oturma,

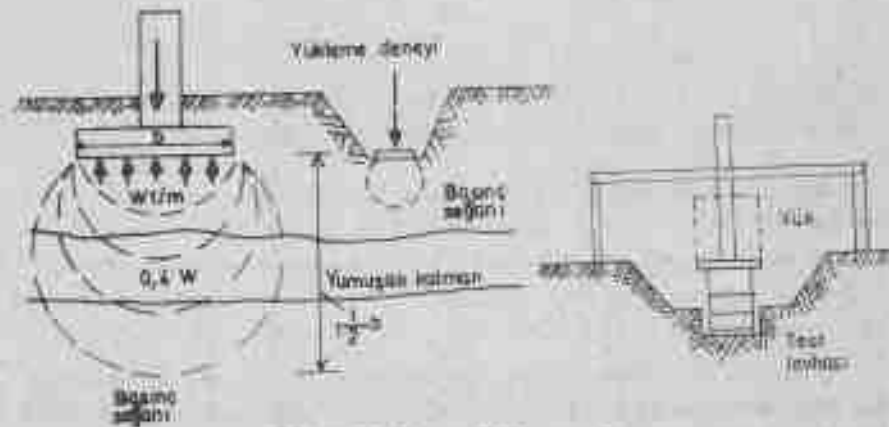
2) Basınç etkisi altında zemin toprağının gözeneklerindeki suyun dışarıya atılması ve sonuç olarak sızma ve sıkışmasından ortaya çıkan konsolidasyon oturması.

Zemin oturması yönünden, kum ve çakıl gibi kohezyonsuz topraklar önemli bir sorun teşkil etmezler. Çünkü, bunların geçirgenlikleri yüksek ve sızma nitelikleri orta derecededir. Bu nedenle, konsolidasyon oturması, binanın yapımı sırasında veya hemen sonra, çok kısa bir zamanda ortaya çıktığından, daha sonraları meydana gelen oturma nisbeten azdır. Diğer taraftan, gevrek kumdan oluşan zeminler vibrasyona maruz kaldığında önemli derecede oturduğundan, temel inşaatında bunlara özel bir itina gösterilmelidir.

Kil gibi kohezyonlu toprakların permeabilitesi çok düşük olduğundan, yapı yükü altında bunların gözeneklerindeki suyun atılması yani konsolidasyon oturması çok uzun bir süre devam eder. Bu durumda ek olarak kil ve siltin sızma kabiliyeti yüksek olduğundan basınç altında hacimleri önemli ölçüde azalır. Bu nedenle kil v.b. zemin üzerinde yapılan yapıların oturması, inşaatın bitiminden sonra senelerce devam edebilir. Söz konusu bu hususun projelende dikkate alınması zorunludur.

Kil aynı zamanda küçük yapı ve tesislerin yüzlek temellerinde de önemli sorunlar meydana getirilebilir. Kohesyonlu topraklar yazın kurur, büzülür ve yüzeydeki çatlaklar zemin profilinin derinlerine kadar ulaşabilir. Böyle durumlarda temel yeter derincede derin yapılmaz ise, özellikle kuru ve soğuk yaz aylarında hinalarda çatlamlar meydana gelebilir.

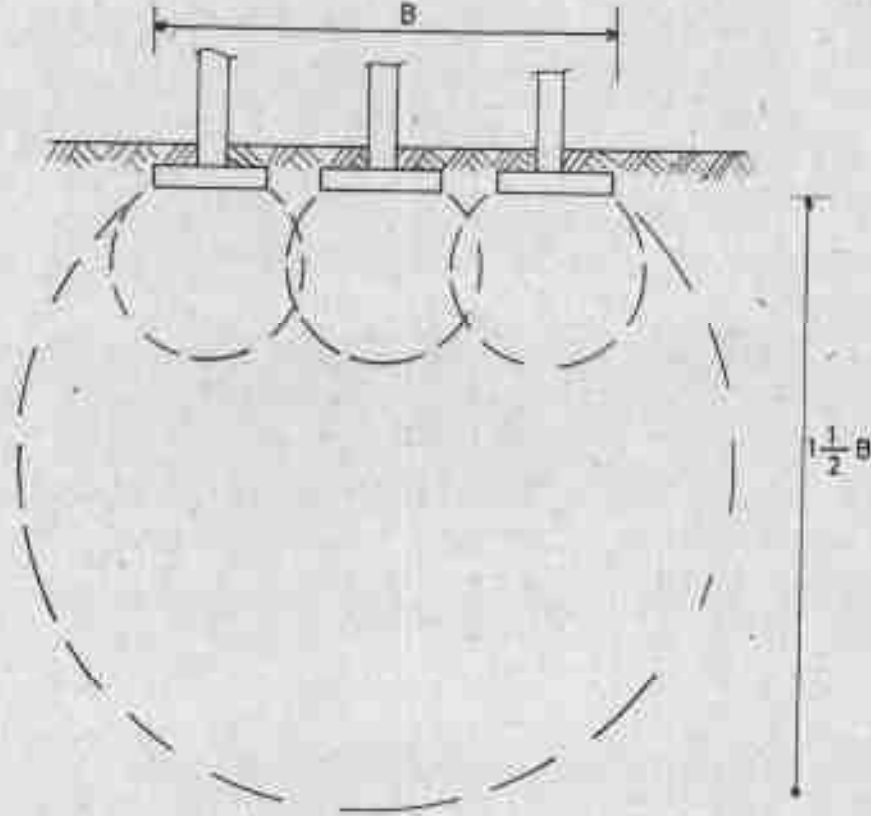
Yapılarda duvar ve kolon temellerinin üzerinde oturduğu zeminde basınç ilettikleri bilinen bir gerçektir. Buna karşılık, zeminin hangi derinliğe kadar etkilendiği ve zemin içerisindeki basınç dağılımının değerlendirilmesi kolay bir iş değildir. Konuya ilişkin araştırmalar, zeminde basınç dağılımının değerlendirilmesinde "Basınç Soğanı" kavramının geçerli olduğunu göstermiştir. Bu kavrama göre, temel altındaki zeminde basınç hem yatay ve hem de dikey doğrultuda dağılmakta ise de (şekil 7.1), yük etkisi, temel genişliğinin bir buçuk katı ($1.5 \times b$) derinliğine altında önemli seviyede değildir. Bu nedenle, temel etüdülerinde en az, temel genişliğinin bir buçuk katı kadar derinliğe inilmelidir. Şekil 7.1 de aynı zamanda basit bir yükleme deneyinin ne kadar yarıltan sonuç verebileceği de görülebilir. Örneğin boyutları 30×60 cm olan bir test levhası üzerinde yapılan bir yükleme deneyi, 45-90 cm. derinliğe kadar etkili olduğundan, altına bulunabilecek bir yumuşak katman böyle bir yüklemeden etkilenmeyecektir. İnşaat yerinde yapılan zemin etüdüleri, kalın bir granüler toprak tabakası veya yumuşak kayanın varlığını gösteriyor ise, zeminin taşıma kapasitesinin değerlendirilmesinde yükleme deneyi yararlıdır. Zemin yumuşak silt veya kilden oluşmuş ise,



Şekil 7.1 Tek bir taraflı basınç soğanı

böyle durumlarda taşıma kapasitesi ancak laboratuvar testleri sonucunda tayin edilir.

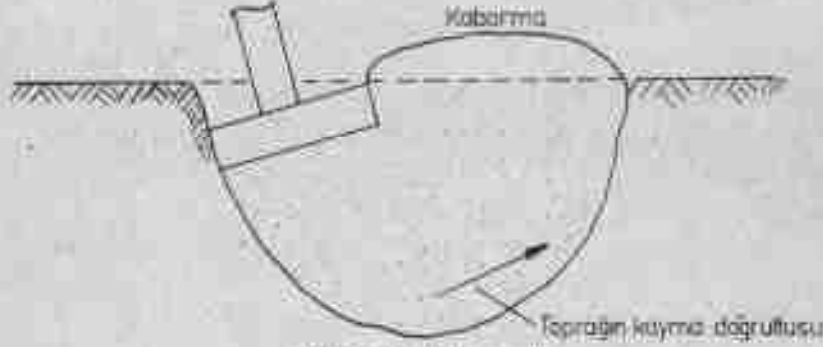
Her hangi bir yapının temelleri sık aralıklı ise (şekil 7.2) bunların "basınç soğsuları" birbirini örttebilir. Böyle durumlarda, temel etüdleri yapının tekniil genişliğinin bir buçuk katı kadar derine inmelidir.



Şekil 7.3 Birleş faklı temelde basınç soğsarı

Zeminin yük taşıma kapasitesinin değerdendirilmesinde, toprağın en önemli özelliklerinden birisi kesme mukavemetidir. Toprakların kesme mukavemetinin değerdendirilmesi amacıyla uygulamada arazi ve laboratuvar metodları kullanılır. Kesme mukavemeti bilindikten sonra zeminin yük taşıma kapasitesinin hesaplanması mümkündür.

Şekil 7.3 de, zeminde ortaya çıkabilecek bir kesme başarısızlığının tipi gösterilmiştir. Yüklennmiş temel, bir toprak blokunun bir yatay boyunca kaymasına ve zemin yüzeyinin kabarmasına sebep olmaktadır.



Şekil 7.3 Temel başarması

Tarımsal yapı ve tesislerin projelendirilmesinde zemin toprağının sınıfı bilinirse cetvel 7.1. de gösterilen değerler zemin emniyet gerilmesi olarak alınabilir.

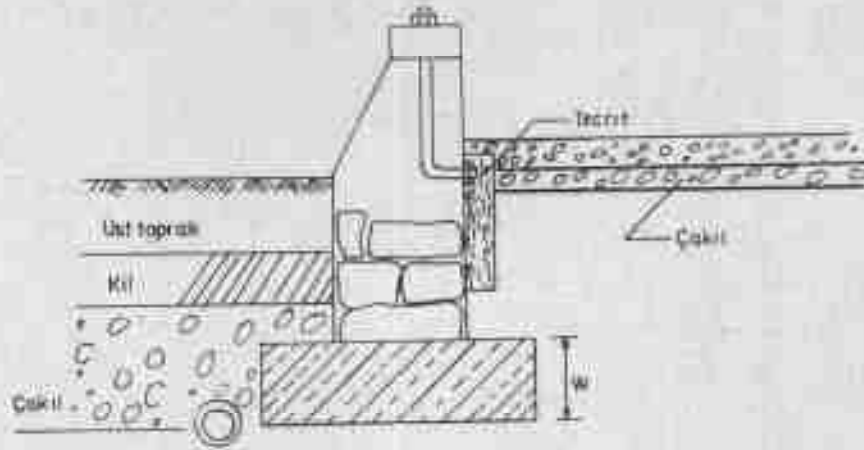
Cetvel 7.1. Zemin emniyet gerilmesi

Zemin sınıfı	Emniyet gerilmesi (kg/cm ²)
1) Mavi kilitli ana kaya	100
2) Yapıkh kaya	40
3) Kumtaşı, kalker, konglomera	15
4) Yumuşak kaya	10
5) Kumsen çimentolanan kum ve çakıl	10
6) Sık kum, çakıl kum-çakıl karışımı	4
7) Gevşek çakıl, orta kum	4
8) Gevşek tel kum, kum-çakıl karışımı	3
9) Gevşek ince kum	2
10) Sık kil	4
11) Orta sık kil	2
12) Orta derince yumuşak kil	1

Temel Tipleri: Yapıların temel sistemi ister sürekli duvarlar şeklinde, ister hiyerarşik kolon veya sütunlar şeklinde olsun yük, temelden zemine sömeller ile iletilir. Temelde sömel kullanımının nedeni, yapı temeli ve zemin arasındaki temas yüzeyini genişletmek, bu suretle yükü daha geniş bir alana yayarak, zemine iletilen gerilmeyi azaltmaktır. Sömeller temel tipine göre sürekli veya hiyerarşik sömeller veya ağır yapı ve çürük zemin koşullarında olduğu gibi tüm inşaat yüzeyine yayılan radyeler şeklinde projelendirilir. Bütün sömellerin alt yüzeylerinin inşaat yerindeki zeminin donma derinliğinin altına kadar indirilmesi zorunludur. Zemin donma derinliği sık iklim koşullarında 0,30 m den az bir derinlikten başlayarak soğuk bölgelerde 2 m den daha derine kadar

inabilir. Temel civarındaki su drenajla boşaltılamadığı takdirde deneme ve çözümlenme olayları ve suyun yapı unsurları içine girmesiyle duvarlar büyük ölçüde zarar görebilirler. Drenajı iyi kaba bünyeli zeminlerde, meyil koşulları da elverişli ise özel bir drenaj tedbirinin alınmasına gerek yoktur.

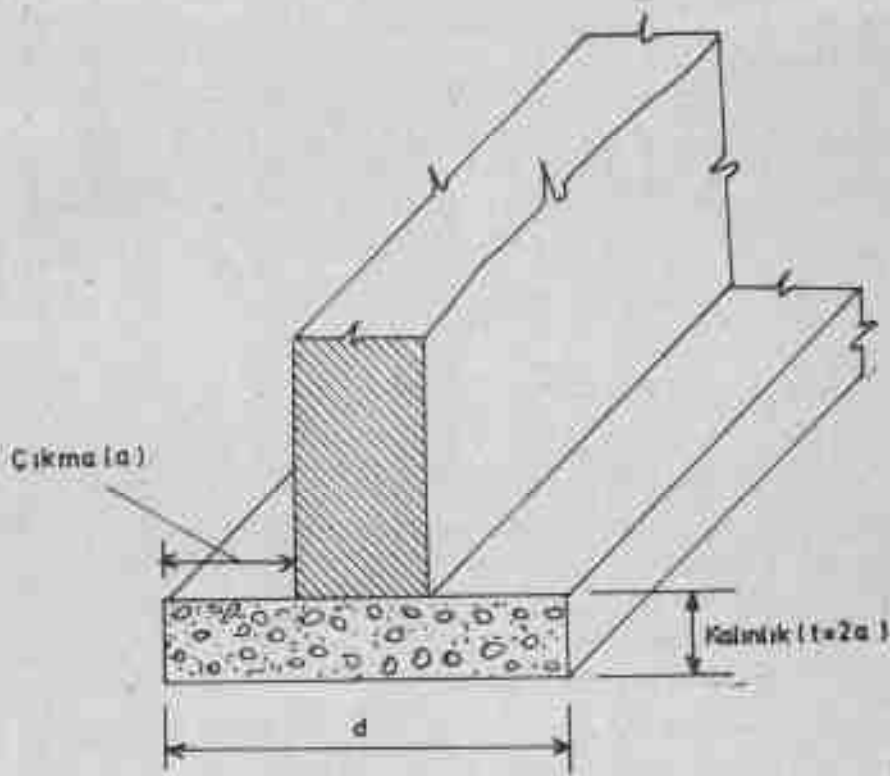
Diğer durumlarda ise şekil 7.4 de gösterildiği gibi temel civarında bir toprak altı drenaj şebekesinin tesisi zorunlu olabilir. Uygulamada dren borularının sömел alt yüzeyinden daha aşağıya döşenmesine dikkat edilmelidir. Ağır yapıların komplike temel sistemleri konumları dışı olduğundan, burada sadece tarımsal yapılar için söz konusu olan hafif temel sistemleri incelenmektedir.



Şekil 7.4 Temel drenajı ve detayı

7.1.1 Sürekli Duvar Temeli

Tarımsal yapılarda temel taş duvarının genişliği genellikle kerpiç duvarlar için 60 cm, moloz taş ve tuğla duvarlar için 50 cm'dir. Hafif yapılarda temel duvarının altında stabilite temini ve yükün daha büyük bir zemine yayılması için demirsiz betondan yapılan sürekli sömeller kullanılır (şekil 7.5). Sömelin duvarın her iki tarafındaki çıkmaları, ortaya çıkabilecek eğilme momenti ve kesme gerilmelerine bir emniyet temini için, sömel kalınlığının yarısından fazla ($a < t/2$) olmamalıdır. Eğer söz konusu duvar çok ağır yük taşıyor ise yükü zemine emniyetle yaymak için geniş sömel ve dolayısıyla da geniş sömel çıkması gerekli olur. Bu durumda demirsiz beton kullanırsa sömel kalı-



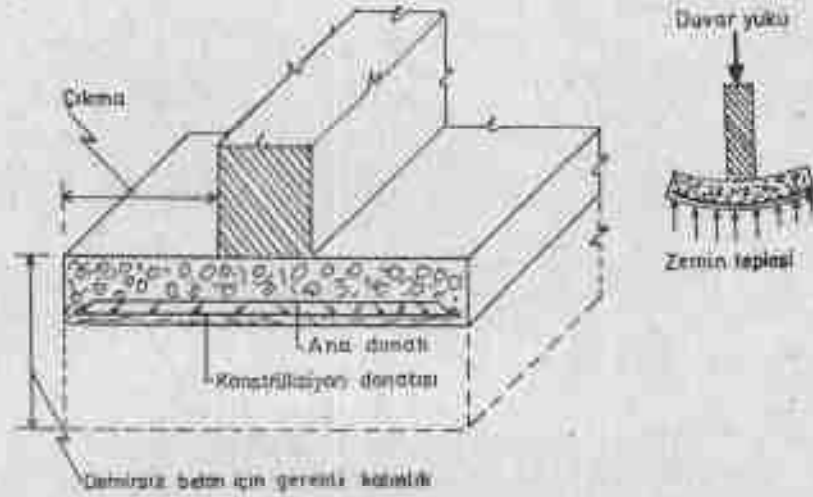
Şekil 7.5 Duvarın beton temel sümeli

lığı çok yüksek çıkabilir. Böyle durumlarda en rasyonel çözüm şekli, sümeli betonarme olarak projelimesidir. Betonarme sümeller, duvar yükü ve zemin tepkisi altında şekil 7.6 da gösterildiği biçimde eğilen betonarme plaklar gibi projelenir.

Duvar temellerinde sümel genişliğinin hesaplanmasında, temel duvarının birim uzunluğu (örneğin 1 metre duvar uzunluğu) gözönünde bulundurulur. Bu birim uzunlukta zemine iletilen yük (P), zemin emniyet gerilmesine (σ) bölünürse ($A = 1 \text{ m} \times d = d = P / \sigma$) sümel genişliği bulunmuş olur.

Örnek. Verilen: Birim uzunluğunda 20 t/m yük taşıyan 50 cm genişliğinde bir taş duvarın zemini orta derecede sıkı kil ($\sigma_{em} = 2 \text{ kg/cm}^2$) dir.

İstenen: Duvar için demirsiz beton sümel projelendir.



Şekil 7.6 Betonarme duvar temeli

Cözüm :

$$A = 100 \text{ cm} \times d = \frac{P}{\sigma} = \frac{20\ 000}{2}$$

$$\text{Sömel genişliği } d = \frac{20\ 000}{2 \times 100} = 100 \text{ cm' dir.}$$

Gerekli sömel genişliği 100 cm olduğuna göre, sömel çıkması,

$$a = \frac{100 - 50}{2} = 25 \text{ cm. Sömel kalınlığı } t = 2 \times a =$$

$2 \times 25 = 50 \text{ cm}$ olacaktır.

7.1.2 Sütünlü Duvar Temeli

Ağır yük taşıyan ana döşeme kirişleri veya çatı makaslarının duvarlara oturtulması halinde, bu konsantr yüklerin verildiği noktalarda mukavemeti arttırmak için duvarlar genişletilir. Bu noktalarda bir duvar sütun kombinasyonu ortaya çıktığından, duvar sömelinin burarlarda daha fazla genişletilmesi gerekir. Duvar sütunun altındaki sömel, sentroidi sütunundaki ile aynı olan bir kare olarak tertip edilir (Şekil 7.7). Kare sömelin kenarı aşağıdaki formülle hesaplanır:

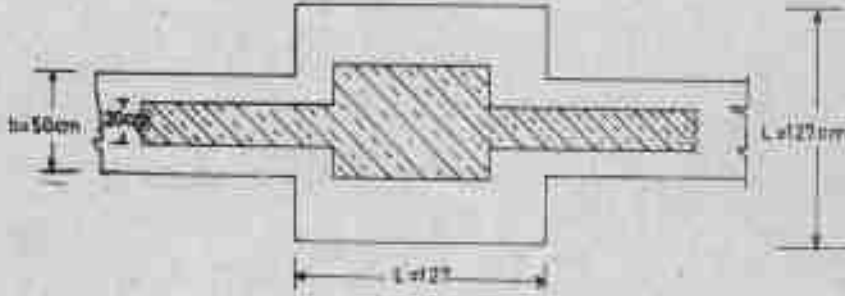
$$L = \frac{b}{2} + \sqrt{A + \left(\frac{b}{2}\right)^2}$$

Formüller:

L = Kare sümelin kenarı

b = Normal duvar sümelinin genişliği

A = Duvar sütunu için gerekli sümel alanı



Şekil 7.7: Sümeli duvar sümeli

Örnek. Verilen: Bir kümenin 20 cm. kalınlığındaki tuğla duvarının normal sümel genişliği $b = 50$ cm dir. Çatı makasının oturduğu noktalarda teşkil edilen duvar sütun kombinasyonunun gelen konsantre yük 20 ton'dur.

İstenen: Zeminin emniyet gerilmesi $\sigma = 2$ kg/cm² olduğuna göre, duvar-sütun kalınlığını için gerekli kare sümelin boyutlarını hesaplayınız.

Çözüm:

$$A = \frac{P}{\sigma} = \frac{20\ 000\ \text{kg}}{2\ \text{kg/cm}^2} = 10\ 000\ \text{cm}^2$$

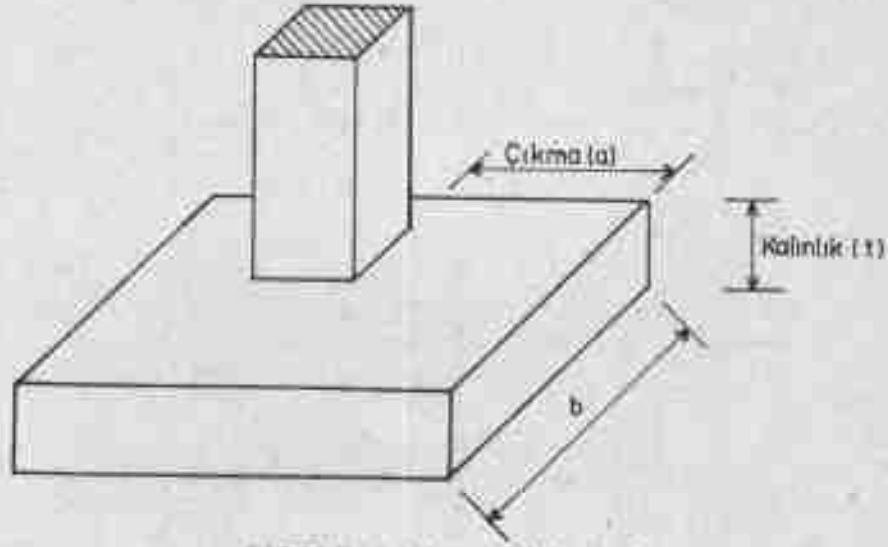
$$b = 50\ \text{cm}$$

$$L = \frac{b}{2} + \sqrt{10\ 000 + \left(\frac{b}{2}\right)^2} = 25 + \sqrt{10025}$$

$$L = 127\ \text{cm'dir (Şekil 7.7).}$$

7.1.3 Tek Kolun Temelleri

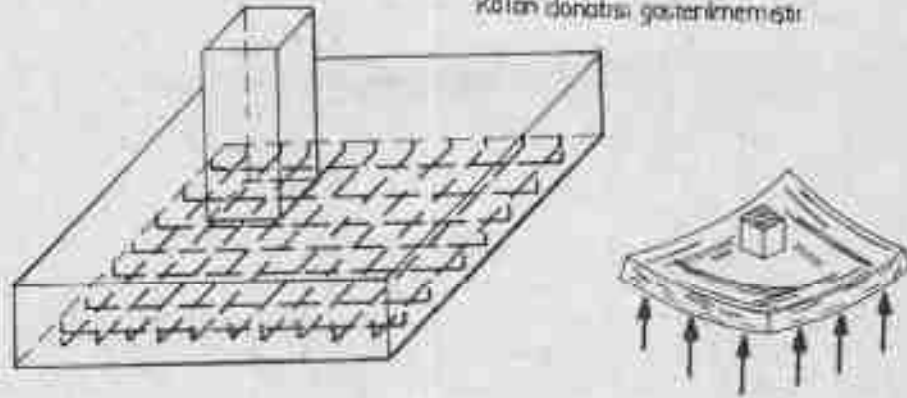
Uygulanabildiği takdirde, yapılarda her bir kolon için ayrı bir sümel teşkil etmek genellikle en basit ve ekonomik çözüm yoludur. (Şekil 7.8). Yük eksantrinitesinden ve dolayısıyla da yükün sümeye düzgün iletilmemesinden kaçınmak amacıyla, projelende kolon sentroidinin sümel sentroidi ile çakışması sağlanır. Örneğin kesiti 30 x 30 cm olan kolondan temel ağırlığı da dahil zemine ($\sigma = 2$ kg/cm²) iletilen yük



Şekil 7.8 Düzlemsel beton tek kolon sömeli

20 ton ise gerektirilen kolon sömeli alanı $A = \frac{P}{\sigma} = \frac{20.000 \text{ kg}}{2 \text{ kg/cm}^2} = 10.000 \text{ cm}^2$, sömeli boyutları $b = \sqrt{A} = \sqrt{10000} = 100 \text{ cm}$ olacaktır. Bu durumda sömeli çıkmaları $a = \frac{100 - 30}{2} = 35 \text{ cm}$, kalınlığı $t = 2 \times a = 2 \times 35 = 70 \text{ cm}$ olacaktır. Daha ağır yük koşullarında sömeli kalınlığını azaltmak için sömeli betonarme olarak projelendirilir. Kolon sömelinde eğilme her iki doğrultuda da olduğundan (Şekil 7.9) betonarme

kolon donatısı gösterilmemiştir.



Şekil 7.9 Betonarme tek kolon sömeli

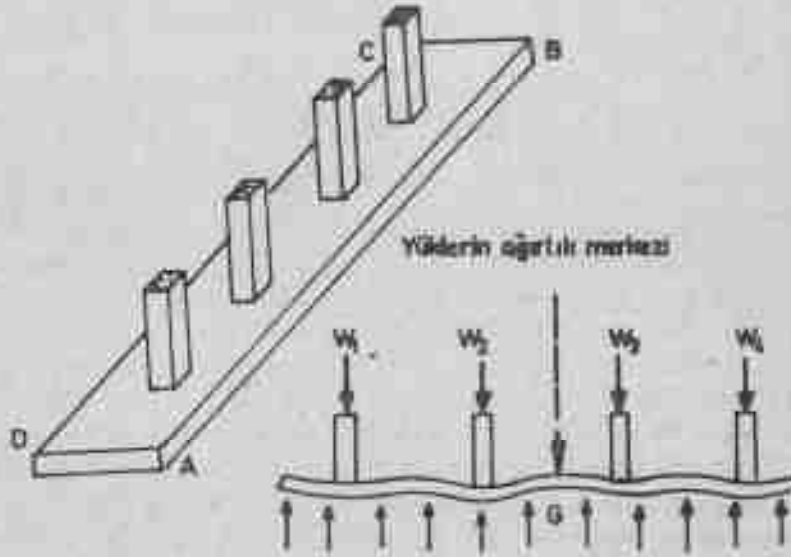
me smel, çift yönlü eğilmeye maruz bir plak gibi projelenir ve her iki değerultuda da smelin çekme veya alt kısmına demir donatısı yerleştirilir. Bu tip smelerde ayrıca kesme donatısı iğgrlmedeğinden, smel kalınlığının ortaya çıkabilecek kesme ve diyagonal çekmeyi emniyetle karşılayabilecek kadar büyük olması zorunludur. Tek kolon smeleri, dikdörtgenler prizması, basamaklı veya eğimli olarak projelenirler.

7.1.4 Serit Temeller

Uygulamada bazen sık aralıklı kolonlara, erit halinde ortak bir betonarme smel yaptırılır (şekil 7.10). Böyle bir smel zemine tepkisi ile düzgün olarak yüklenmiş, mesnetleri kolonlar olan tes çevrilmiş srskli bir kiriş gibi projelenir. Projelemede, tüm temel in ağırlık merkezi ile yüklerin ağırlık merkezinin çakışması (şekil 7.10) yani AG-ye eğit olması sağlanır. Bunun için toprak basıncının üniform olduğu ve değerinin tüm temel yüküne ($W_1 + W_2 + W_3 + W_4, \dots$) eğit olduğu kabul edilir. Toplam yükün, zemin emniyet gerilmesine bölünmesiyle

$(A = \frac{P}{\sigma})$ gerekli minimum smel alan (ABCD) bulunur. şekil 7.

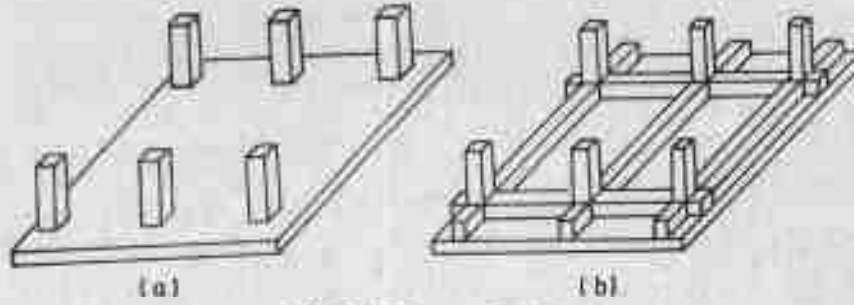
10'da aynı zamanda, yük altında smelin nasıl eğdiği srtlimiş olarak gösterilmiştir. Smel kalınlığının, maksimum eğme momentini karşılayacak kadar büyük olması zorunludur. Demir donatısı daima smeliin çekmeye maruz kısımlarına yerleştirilir.



şekil 7.10 İerit temeller

7.1.5 Radye Temeller

Yük taşıma kapasitesi düşük ve aynı zamanda derin olan zeminlerde, tüm inşaat alanını kaplayan betonarme plaktan oluşan bir radye temel yapılması daha ekonomik olabilir. Bu alternatif genellikle, yapıyı teşkil eden bağımsız kolonlar için gerekli toplam sömel alanının, yapı alanının yarısından daha büyük olduğu durumlarda özellikle geçerlidir. Radye sömelin genellikle, kirişli döşeme ve kirişsiz döşeme şeldi olmak üzere (şekil 7.11) uygulamada iki tipi kullanılır. Kirişsiz döşeme tipi radye (şekil 7.11 a) düzgün yayılı zemin yükünü taşıyan ters çevrilmiş kirişsiz betonarme bir plak gibidir. Bu tip radyede kiriş kullanılmaz. Sömel açıklığı kolondan kolona olan çift donatılı bir plak gibi projelenir. Kirişli döşeme tipi radye iki doğrultuda da kolondan kolona uzanan betonarme kirişler ve kirişten kirişe uzanan betonarme plaklardan oluşur. Plak kirişlerin alt yüzü ile monolitik olarak yapılır.



Şekil 7.11 Radye temel tipleri

7.2 Duvarlar

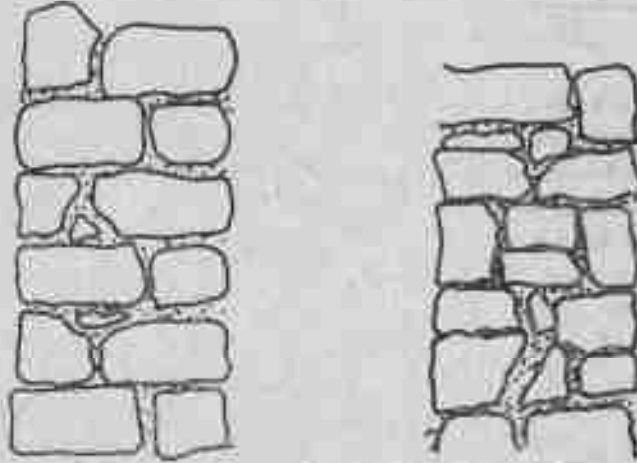
Yapılarda duvarların fonksiyonu her şeyden önce yapı sistemine bağlıdır. Tüm yapı yükünün, kolon ve kirişlerden oluşan bir sistemle (karkas) zemine iletildiği durumlarda duvarların fonksiyonu sadece yapıyı dış etkenlerden korumaktır. Buna karşılık tüm yapı yükünün zemine duvarlarla iletildiği yapı sistemlerinde (yığma yapı sistemi) ise yukarıda belirtilen fonksiyona ek olarak duvarların aynı zamanda üzerine gelen düşey yüklerin ve yanal yükleri emniyetle taşıması beklenir. Bu amaçla duvarların, mümkün olduğu kadar hafif, görünüşünün güzel, yangına karşı dayanıklı ve tserit değerinin yüksek olması istenir. Ülkemiz tarımsal inşaatında genellikle kâğız, ahşap ve ahşap iskeletli duvarlar kullanılır.

7.2.1 Kâgir Duvarlar

Kâgir duvarlar taş, tuğla v.b. malzemelerin üzerine harçla yapıştırılmasıyla yapılan yapı unsurlarıdır. Tarımsal inşaatta kâgir duvarlardan hem yük taşıyan ve hem de bölme duvar olarak yararlanır.

7.2.1.1 Taş Duvarlar

Taş duvarlar tarımsal inşaatta, temel ve subasman duvarı, taşıyıcı veya bölme duvarları ve istinat duvarı olarak kullanılır. Taş duvarları verilecek kalınlık duvarın taşıyacağı yüke ve kullanılan malzemenin niteliklerine göre değişirse de, kalınlığın 50 cm den az olması istenmez. Taş duvarda taş, ocaktan çıkarılmış gili (moloz taşduvar), kısmen veya tamamen yontularak (yontma taşduvar) kullanılır. Taş duvarların örülmesinde özellikle düşey derzlerin çapırlanması (Şekil 7.12) ve belirli aralıklarla buğbyıcı taş (Şekil 7.13) kullanılmasına dikkat edilir.

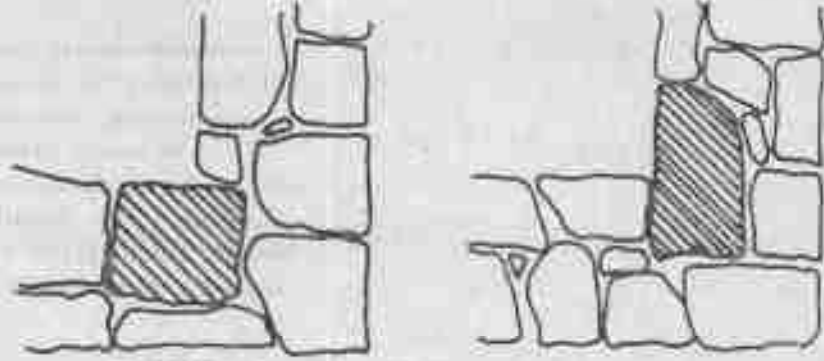


Şekil 7.12 Taş duvarlarda düşey derzlerin çapırlanması

Duvarların örülmesinde büyük taşlar arasında kalan bütün boşluklar küçük taş parçaları ve harçla doldurulur. Duvarda kullanılacak taşın harcı suyunu emmemesi için önceden ıstabilenmasında yarar vardır. Duvarın örülmesi tamamlandıktan sonra yüzeydeki derzler doldürülür veya mala ile düzeltilir.

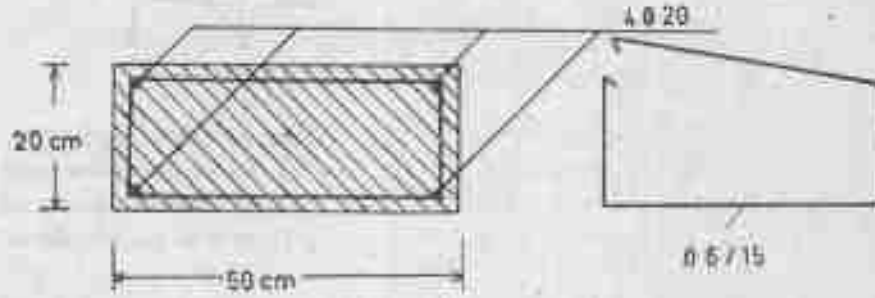
Bir metreküp moloz taş duvar inşaatı için 1.10 m³ taş, 0.30 m³ harç, 4 duvarcı ustası saati ve 8 işçi saatine ihtiyaç vardır. Statik hesaplarda 1 m³ moloz taş duvarın ağırlığı 2000 kg kabul edilir. Kullanılan harcın çeşidine göre moloz taş duvarlar için kabul edilen basınca karşı

enine ve genişlikleri, kireç harçlı taş duvar için 4 kg/cm^2 takviyeli harçlı taş duvar için 4 kg/cm^2 ve çimento harçlı taş duvar için de 8 kg/cm^2 dir.



Şekil 7.13. Taş duvarlarda hatl boşlukları ile ilgili kullanım

Bütün kâğır duvarlarda olduğu gibi, taş duvarlarda da 1) Mukavemeti arttırmak, 2) Yapının bütün duvarlarını birbirine bağlamak, 3) Yükleri duvara uygun bir şekilde iletme ve 4) Duvar örgüsünün daha düzgün olmasını sağlamak amacıyla her 1.5 - 2 m. yükseklikte bir yatay betonarme hatlı kullanılır. Duvar genişliğinde yapılan betonarme hatlıların en az yüksekliği 20 cm olup, hatlı kesitinin dört köşesinde olmak üzere 4 adet 12 mm'lik demirle donatılır ve bu demirler 15 cm aralıkla 6 mm'lik etriyazlarla bağlanır (Şekil 7.14).

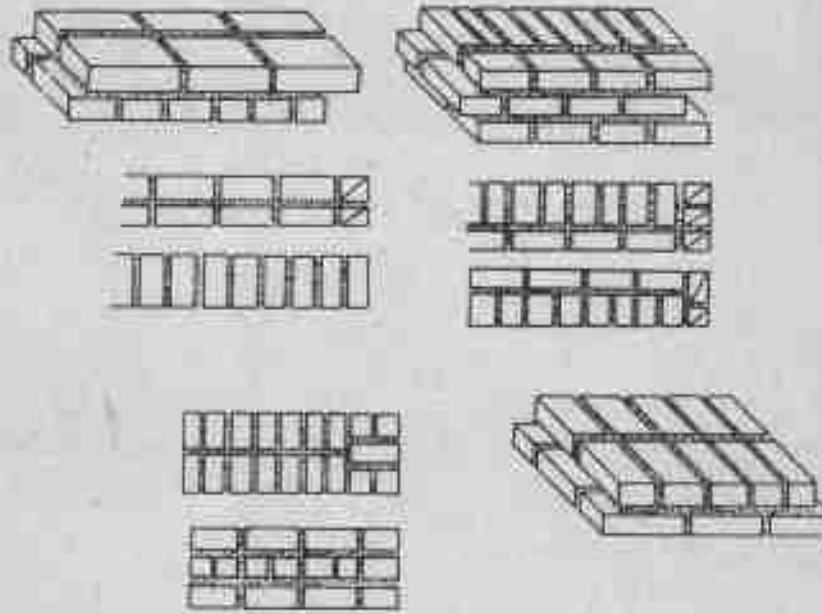


Şekil 7.14. Kâğır duvarlarda betonarme hatlı

Kâğır duvarlarda hatlı çoğunlukla subasman duvarı, kat seviyeleri, pencere veya kapı seviyelerinde kullanılır.

7.2.1.2. Tuğla Duvarlar

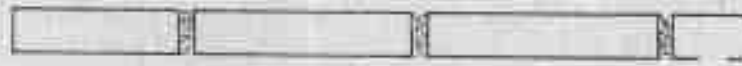
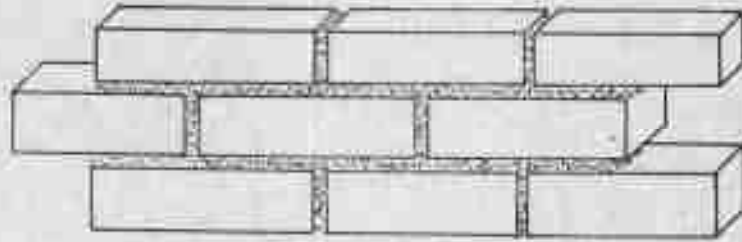
Tarım alan inşaatında tuğla duvarlar, bema taşıyıcı ve bemde bölme duvarları olarak kullanılırlar. Taşıyıcı tuğla duvarların kalınlıkları, duvarın taşıdığı yüke göre 1 tuğla (22 cm), 1,5 tuğla (33,5 cm) ve iki tuğla (45 cm) olabilir. Şekil 7.15 de, bu üç tip tuvarın örgü şekilleri ve karşılardan görünüşleri gösterilmiştir.



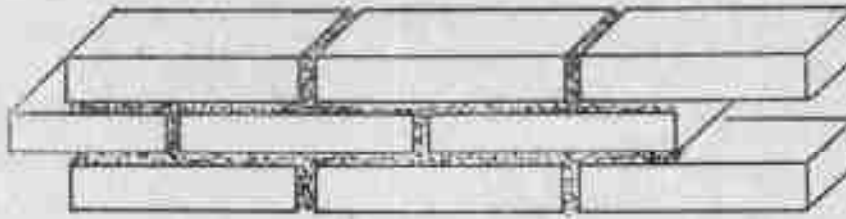
Şekil 7.15 Bir, bembesek ve iki tuğla duvar.

Taşıyıcı olmayan bölme duvarların kalınlığı standard tuğlanın en dar boyutu kadar yani 5,5 cm ise (kıltsma tuğla duvar) bunların yüksekliklerinin 2 m den fazla olmaması istenir (Şekil 7.16). Yarı tuğla kalınlığında (10,5 cm) yapılan bölme duvarların yüksekliği ise 3 m den fazla olmamalıdır (Şekil 7.17).

Ağır yük taşıyan veya neme maruz tuğla duvarların örülmesinde yalnız çimento harç kullanılmamalıdır. Yük şartlarının normal olduğu durumlarda çimento takviyeli kireç harçının kullanılması yeterlidir. Bugün tuğla inşaatında kireç harcı yalnız başına kullanılmamaktadır.



Şekil 7.16 Kalın tuğla duvar



Şekil 7.17 Yarı tuğla duvar

Tuğla duvarlar genellikle, iki ve bazı hallerde üç tuğla sırasının nöbetle üstü süte dizilerek örülmesinden meydana gelirler. Tuğla sıralarında birinci *düz sıra*'dır. Düz sıra tuğlaların boyuna olarak yan yana dizilmesiyle oluşur (yarım tuğla duvarda olduğu gibi). Tuğlalar genişliğine olarak yan yana dizildikleri zaman *kilit sıra* adını alır (Bir tuğla genişliğindeki duvarda olduğu gibi). Eğer tuğlular en dar yüzeyleri üzerine dizilecek olursa *kırk sıra* adını alır. Tuğla sıraları yan yana ve üst üste konulmak suretiyle çeşitli duvar örnekleri meydana getirilir. Bunların dizilmesinde aşağıda belirtilen hususlar gözönünde bulundurulur.

- 1) Duvarda tuğlaların birbirine bağlanmasında kullanılan harç kalınlıkları (*derzler*) en az 1 cm den fazla olmamalıdır.
- 2) Yatay derzler duvar boyunca düz olarak gitmelidir.
- 3) Düşey derzler hiç bir zaman devamlı olmamalı, bir sıranın derzi diğer sıranınki ile 1/4 veya 1/2 tuğla kalınlığı kadar sağdu-
malıdır.
- 4) Bölme duvarları ve birbirini kesen duvarlar iyice bağlanmalı, kesiklik devam etmemelidir.

Statik hesaplarla çimento ve takviyeli harçla örülmüş dolu tuğla duvarların hacim ağırlığı 1700 kg/m^3 , bacasına karşı emniyet getirilmeleri de takviyeli harçla örülenlerde 8 kg/cm^2 , çimento harcı ile örülenlerde ise 10 kg/cm^2 kabul edilir.

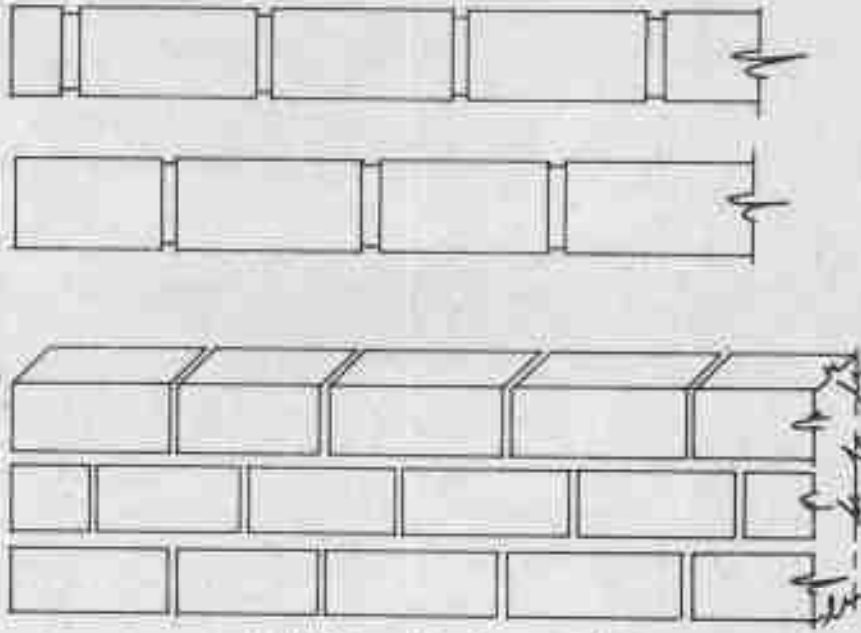
Tuğla duvarlar her kat seviyesinde en az 20 cm kalınlıkta, içinde $4 \Phi 12$ demir bulunan ve 20 cm ara ile 6 lık etriye ile donatılan betobarme hatlarıyla bağlanmalıdır.

Bir metre küp tuğla duvar yapımı için 25 i zayıf olmak üzere 525 normal dolu tuğlaya, $0,25 \text{ m}^3$ harca, 5 duvarcı saatine ve 12 işçi saatine ihtiyaç vardır.

7.2.1.3 Beton Briket (Blak) Duvarlar

Tarimsal inşaatta briket duvarlar taşıyıcı veya bölme duvarı olarak kullanılırlar. Briket duvarların belli başlı avantajları: 1) Mukavemetinin yeterli olması, 2) Briketin boyutları tuğlaya göre büyük olduğundan duvar örülmesinde harç ve işçilik yönünden ekonomi sağlanması, 3) İçeriminin boş olması nedeniyle briket duvarlar diğer kâğız duvarlara göre hafiftir, 4) Briket duvarlar yangına, çürümeye ve zararlılara karşı dayanıklıdır ve 5) Briket duvarların tesir değerleri nisbeten yüksektir.

Briket duvarların örülmesi normal tuğlalarınkinin aynıdır ve daima tek sıra briket şeklinde birbiri üzerine konularak yapılır (şekil 7.18). Taşınmaz duvarlarda $20 \times 20 \times 40$ cm boyutunda tam briket kullanıldığından bunların kalınlıkları 20 cm dir. Bölme duvarlarının kalınlığı 10 cm olup bunların örülmesinde boyutları $10 \times 20 \times 40$ cm olan yarım briketler kullanılır. Statik hesaplarda briket duvarların emniyet gerilmesi, takviyeli harçla 5 kg / cm^2 , çimento harçla ise 6 kg / cm^2 alınır.



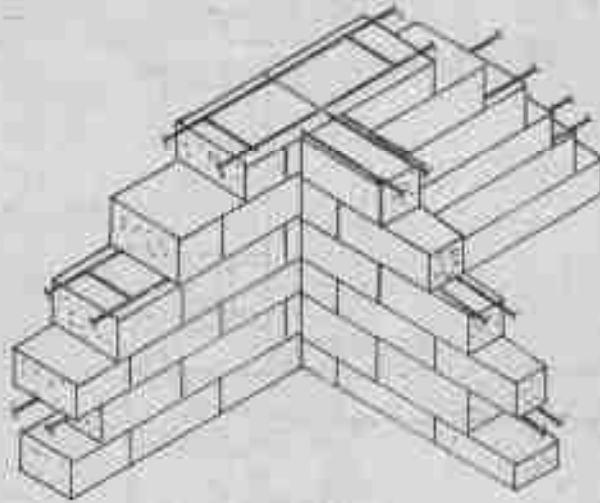
Şekil 7.18: Beton briket duvarın kesiti

Briket duvarlar da bir veya daha fazla kalınlıktaki duvarlar gibi metreküp olarak ölçülüp hesaplanır. Duvar hacminin hesaplanmasında 1 m^2 den küçük boşluklar dikkate alınmaz. Briket duvarların yapımında 1 m^3 duvar için 60 adet tam briket veya 120 adet yarım briket, $0,125 \text{ m}^3$ harç, 4 duvarcı ustası ve 9 işçi saatinde ihtiyaç vardır.

Taşınmaz beton briket duvarlarda daha yüksek mukavemet istendiği hallerde bunlar demir çubuklarla takviye edilirler (şekil 7.19).

7.2.1.4 Kerpiç Duvarlar

Kerpiç duvarlar normal tuğla ve alıncık duvarlara göre daha kalın olduklarından yapı temeli ve temel duvarları da bu kalınlığa uymak

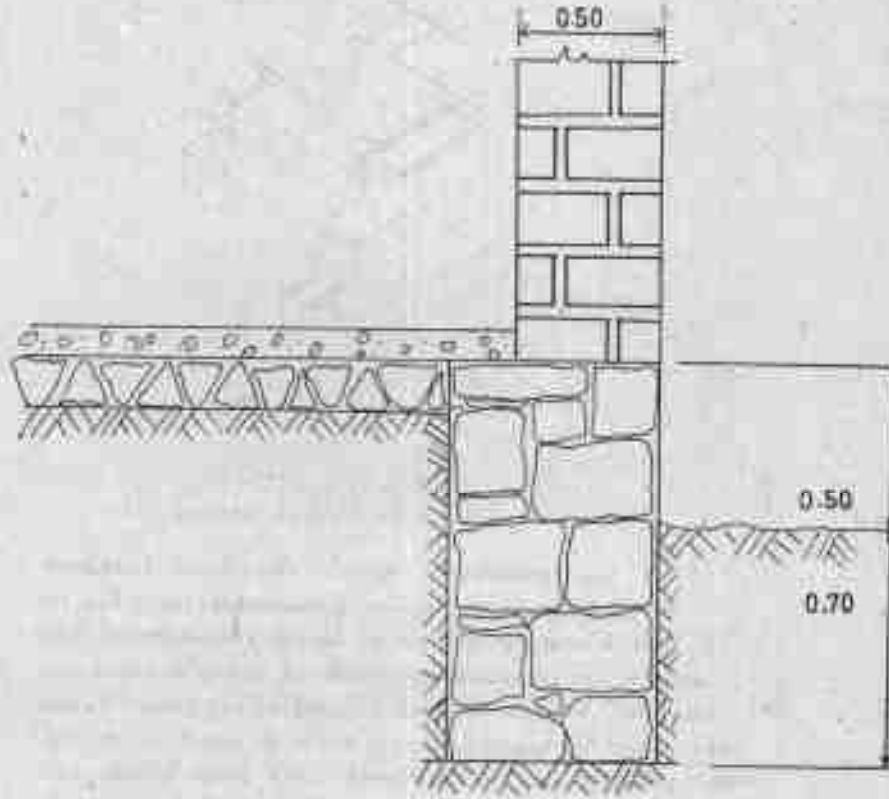


Şekil 7.19 Beton birlet duvarlarına demir çubuklarla tutulması

çerçindedir. Ülkemiz uygulamalarında kerpîç duvarların temeliinde genellikle 50-70 cm genişliğinde taş duvar kullanılmaktadır. Taş temel duvarlarının, toprak seviyesinden en az 50 cm yükseltilmesi, kerpîç duvarları temelden veya yanlardan gelebilecek suda koruma için zorunludur (Şekil 7.20). Toprak seviyesi üzerindeki taş temel duvarı 50 cm den daha az yapıldığı takdirde kerpîç duvar ile temel duvarı arasında temelden kapilarite ile yükselilecek suya karşı bitüm v.b. malzeme ile tescit yapılmalıdır.

Ülkemizde kerpîç duvarların kalınlıkları, kullanılan kerpîçlerin boyutlarına, inşaatın yapıldığı yörenin geleneklerine, yapının büyüklüğüne ve küçüklüğüne bağlı olarak değişmektedir. Taşyıcı duvarların kalınlıkları 40 cm den başlayarak 80 - 100 cm ye kadar çıkmaktadır. Özellikle iki katlı kerpîç binalarda nemli kat duvarları 60 cm den aşağı düşmemektedir. Yük taşımayan bölme duvarları ise çoğunlukla 25-50 cm arasında olmaktadır. Bölme duvarlarının alçıp iskeletli yapılmaları halinde ise, kerpîç sadece dolgu maddesi olarak kullanıldığı için, bu gibi duvarların kalınlıkları 15 cm ye kadar inmektedir. Bu duvarlarda özel surette düşülmüş olan normal tuğla boyutundaki kerpîçler kullanılmaktadır.

Tek katlı kerpîç yapılarda taşıyıcı kerpîç duvarlar en az 50 cm olmalıdır. Ancak tarımsal işletmelerde canlı olumsuzların harımadığı samanlık, sundurma v.b. tek katlı yapılarda 40 cm kalınlığında taşıyıcı duvarlar kullanılabilir.



Şekil 7.29 Kerpiç duvarlar için temel ve sabanman duvarı

Kerpiç duvarlarda ara duvarlarla irtibatı olmayan duvarların boyunu duvar kalınlığının 25 katından büyük olmamalıdır. Bu esasa göre, 50 cm kalınlığındaki kerpiç duvarlarda en büyük duvar uzunluğu 7.50 m'dir. Kerpiç duvarların takviyesinde kullanılan en önemli unsurlar hatılardır. Duvarın belirli yüksekliklerinde aynı seviyede ve bütün yapıyı çevreleyen bu hatıllar ahşap veya beton olabilir. Çoğunlukla pencere altları ve üstleri ile çatı altına gelecek şekilde tertiplenen bu hatıllar yüklerin bütün duvar boyunca ve duvar genişliğine düzgün olarak yayılmasını ve duvarların birlikte çalışmasını sağlar.

Kerpiç duvarları dış etkilerden korumak amacı ile kullanılan sıvalar, sıvanın cinsine göre ya doğrudan doğruya duvar üzerine hiç bir takviye tedbiri alınmadan uygulamakta veya bazı yardımcı tedbirler alınmak suretiyle sıvaların daha devamlı olması sağlanmaktadır. Kerpiç duvarlar üzerine hiç bir takviye tedbiri alınmadan uygulanan sı-

vaların başında çamur sıvalar gelmektedir. Çamur sıvalar esas itibarıyla kerpiçle aynı malzemeden yapılmış oldukları için doğrudan doğruya uygulandıkları takdirde duvar ile kaynaşabilmektedirler. Çamur sıva harcının dayanıklılığını arttırmak için yapım esnasında içine ince saman, kil, deve tüyü, kütük v.b. malzeme katılır. Çamur harçların duvara yapıştırılmasından evvel kerpiç duvar yüzünün hafifçe ıslatılması çamur harcı sıvanın kerpiç duvara geçmemesi ve harç ile duvar yüzünün iyice kaynaşması yönünden önemlidir. Duvarın ıslatılması sırasında duvarın dışına çıkan harç kısımlarının sıvanın kabması sıva harcının daha iyi tutunmasına yardım eder. Çimento toprak karışımı halinde olan sıva harçları ile kerpiç harçları da hiç bir takviye tedbiri alınmadan kerpiç duvarlara doğrudan doğruya uygulanabilir. Çamur sıvalarda gösterilen itina; bunlara da göstermek suretiyle bu sıvaların da çamurla birlikte çalışmalarını sağlanabilir. Sıvalar biri kaba diğeri ince sıva olmak üzere iki tabaka halinde yapılır. İkinci sıvanın ilk sıva ile kaynaşması için ilk sıva yüzü mala ile çizilmelidir.

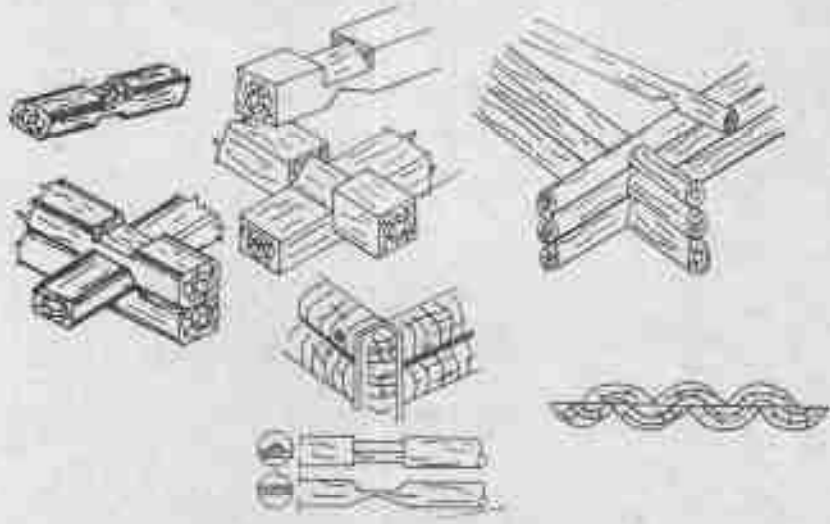
Çimento harcı veya takviyeli harç ile kerpiç duvarların sıvanması söz konusu olduğu zaman, sıva harcının kerpiç toprağından farklı malzeme- den yapıldığı göz önünde bulundurularak bunların duvara çivi veya kafes teli ile tesbit edilmeleri zorunludur.

7.2.2 Ahşap ve Ahşap İskeletli Duvarlar

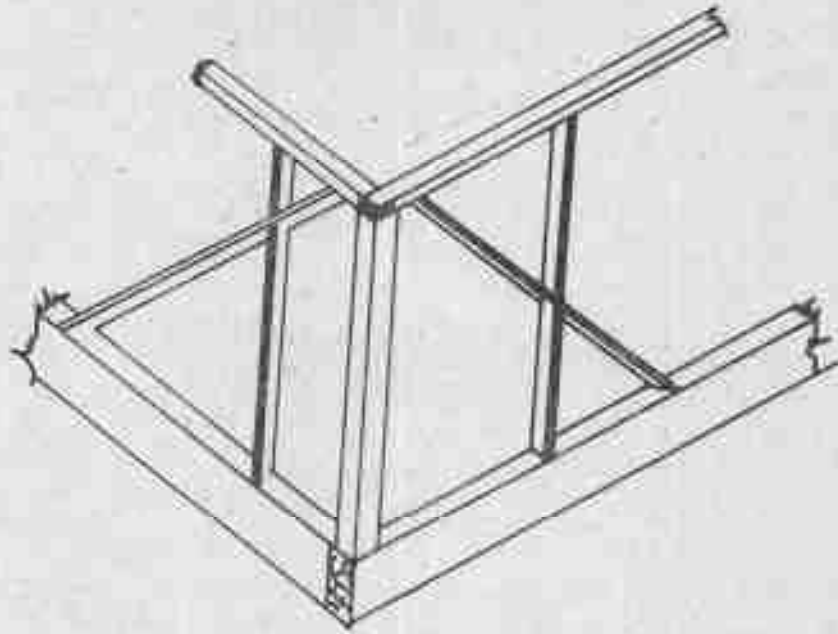
Ahşap duvarlar ağacı bol ve ocak olan özellikle dağlık bölgelerde tamamen veya kısmen işlenmiş ahşabın üst üste dizilip uçlarından bağlanmaları ile yapılır. Dış duvarların köşe birleşmeleri basen dışarıya çıkıntılı yapılıdır (şekil 7.21). Ahşap duvarların kalınlıkları 8-24 cm arasında değişebilir. Blok ahşap duvarların yapımında alt tabanı kâgire oturtulurken rutubete karşı izole edilir ve her metrede bir kâgire ankre edilir. Etekte yağmur sularını karşı bir denizlik yapılmalıdır.

Ahşap yapı sistemlerinde, duvar teşkilinde taşıyıcı kısımların ahşap iskeletli yapılması ve bu iskelet arasındaki boşlukların dolgu veya kaplama malzemesi ile kapatılmasıyla, ahşap sarfiyatında önemli ölçüde ekonomi gerçekleştirilebilir. Ahşap iskelet, 1) Yatay kısımları (Tabanlar, başlıklar ve bağlantılar), 2) Düşey kısımları (Taşıyıcı ve arsa dikmeleri) ve 3) Çapraz kısımlardan (Payandalar) oluşur (Şekil 7.22).

Ahşap iskeletli duvarlardan oluşan yapılarda iskeletin bir bütün olarak çalışması ve iskelet yükünün temele düzgün bir şekilde iletilmesi sağlanmalıdır. Temel genellikle kâgire yapılır. Temel duvarları toprak seviyesinden yeter miktarda yükseltilip (30-50 cm), üzeri betonarme



Şekil 3.21 Blok ahşap duvar



Şekil 3.22 Ahşap iskeletli duvar yapımı

bir hatla tesviye edilerek iskelet yapının zemini hazırlanır. Taban kiriş tesviye edilmiş zemin üzerine oturtulur ve her bir veya iki metrede hatla bağlanır. Taban kirişinin altına bir izolasyon yapmak ve iskeleti rutubete karşı teerid etmek bu tip yapıların bir gereğidir. Bu izolasyon bir veya iki tabaka halinde özel rutkahlı ile yapıştırılan ruberoit v.b. katrana emdirilmiş bir muşamba ile temin edilir.

Ahşap iskelet isteminde, pencere alt ve üst başlıkları ile payandalarda 5 x 10 cm veya 6 x 12 cm, kirişler ve dikmelerde 5 x 20 cm kesitinde kereste kullanılır. Ahşap iskelet teşkilinde aşağıda belirtilen kurallara uyulmalıdır:

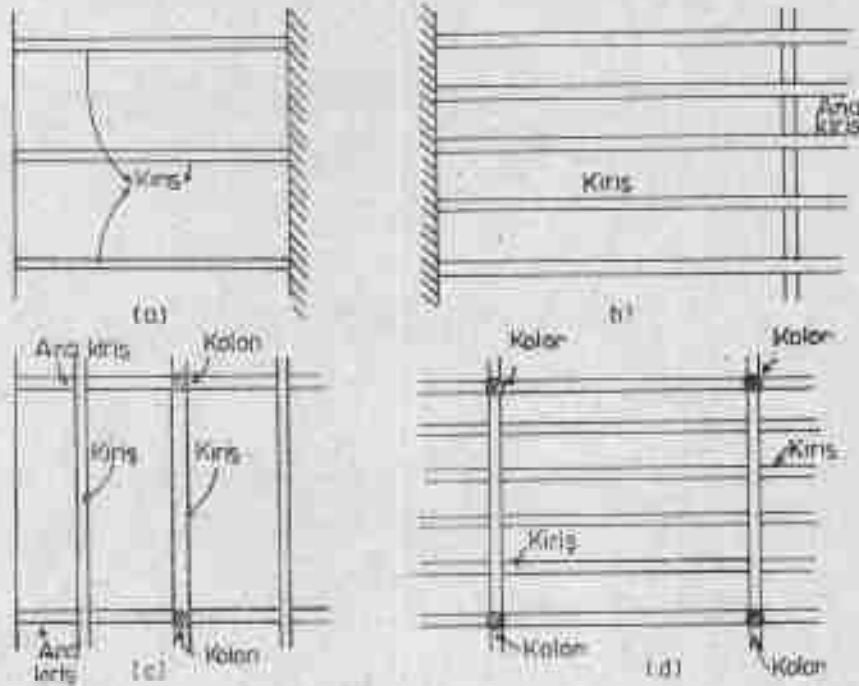
- 1) İki katlı yapılarda dikmeler iki kat yüksekliğince devam etmelidir.
- 2) Köşeler çift dikmelerle teşkil edilmelidir.
- 3) Dikmeler 40-50 cm ara ile yerleştirilerek taşıyıcı sistem bina içinde daha uygun bir hale getirilmelidir.
- 4) Döşeme kirişleri her bir dikmenin yanına getirilerek dikmeye yandan çakılmalıdır.
- 5) Dikmeler arasında payandalar ya parçalı yapılır veya dikmelerin arkasına kartone suretiyle oturan bir payanda yerleştirilir.
- 6) Kaplama çoğunlukla düşey doğrultuda yapılarak yatay kuvvetler önlenir.

Ahşap iskeletin boşlukları tuğla, kerpiç v.b. malzemeden birisi ile doldurularak veya iskeletin her iki yüzü tahta veya suni levhalarla kaplanarak, bu tip yapıların duvarları teşkil edilir.

Duvarlar bazı hallerde sıva ve kırılarak iskeletin dışardan görülmesine müsaade edilir. Böyle durumlarda, dolgunun düzgün bir görünüşe sahip olması için örgüye itina edilir. İskelet dolgularının üzeri genellikle sıva veya ahşap kaplama ile örtülmektedir. Ahşap yüzlerine gelen sıvanın tutunması veya çatlamaması için sıva teli kullanılır. İç bölme duvarları ile dış duvarların iç yüzeylerinde çok kere bağdadi çiteler üzerine sıva yapılır. Bu çiteler 2 x 2 cm ve 2 x 3 cm kesitinde olup iki kenarı çevrilir. Bu çevli yüzler, sıvanın tırnak yaparak daha iyi tutunmasını temin eder. İskelet arası örülmeyip iki yüzüne kaplama yapılmış ise kaplamalar cüruf v.b. dolgu malzemesi ile doldurular.

7.3 Döşeme ve Tavan Sistemleri

Tarimsal yapılarda duvarlar ve çatının fonksiyonu, binanın içindikleri dış şartlardan korumaktır. Döşemelerin fonksiyonu ise, bina içindeki canlı ve cansızları taşımaktır. Bina tek katlı ise, döşeme zemine oturtulabilir. Buna karşılık zemin, içerisine yerleştirilmiş bodrumu olan veya çok katlı binalarda, döşemelerin taşıyıcı sistemlerine ilişkin bir çözüm bulunması zorunludur. Binaların yapıldıkları malzemeye (ahşap, kâğır, çelik, betonarme v.b.) bağlı olmaksızın, döşeme taşıyıcı sistemlerinde çoğunlukla, kapatılacak alanın kısa kenarına paralel olarak belirli aralıklarla dizilen ve kiriş adı verilen elemanlardan yararlanır. Döşeme yapımında kullanılan bu kirişler yapı sistemine göre uçlarından duvarlar, kolonlar veya duvardan duvara, kolondan kolona uzanan ana kirişler tarafından taşınır (şekil 7.23). Diğer taraftan, özellikle betonarme karkas inşaatta basan, döşeme sistemin kolondan kolona iletilmesinde kirişsiz döşeme sistemlerinden de yararlanılabilir.



Şekil 7.23 Döşeme teşkil

Döşeme teşkilinde kirişler döşendikten sonra gelen sorun, kirişten kirişe uzanarak stabil ve devamlı bir yüzey teşkil eden bir sistemin inşa

edilmesidir. Uygulamada, çeşitli şartlar için ekonomik olarak belli başlı dört sistem kullanılır. Bunlar: 1) Zemin döşemeleri, 2) Ahşap kirişli döşemeler, 3) Çelik kirişli döşemeler ve 4) Betonarme kirişli döşemelerdir. İki kat arasındaki döşemelerin üst yüzü döşeme alt yüzü tavan olarak adlandırılır. Çatı altında sadece kendi yükünü taşıyan plaklar ise tavan plâğı olarak nitelenir.

7.3.1 Zemin Üzerinde Döşeme İnşaatı

Doğrudan doğruya zemin üzerine oturan döşemelerin inşaatında en önemli sorun zemin rutubetinin döşemeye iletilmesinin önlenmesidir. Eğer normal olarak zemin kuru ve doğal drenajı iyi ise döşeme temeli olarak 10-15 cm kalınlığında taş blokajı yapılması yeterlidir. Hazırlanan temel üzerine döşemenin taşıyacağı yükü göre 7-15 cm kaba beton, onun üstüne 3 cm tesviye betonu ve en üste de 2-3 cm kalınlıkta yüksek donlu beton harından oluşan şap yapılır (Şekil 7.24)

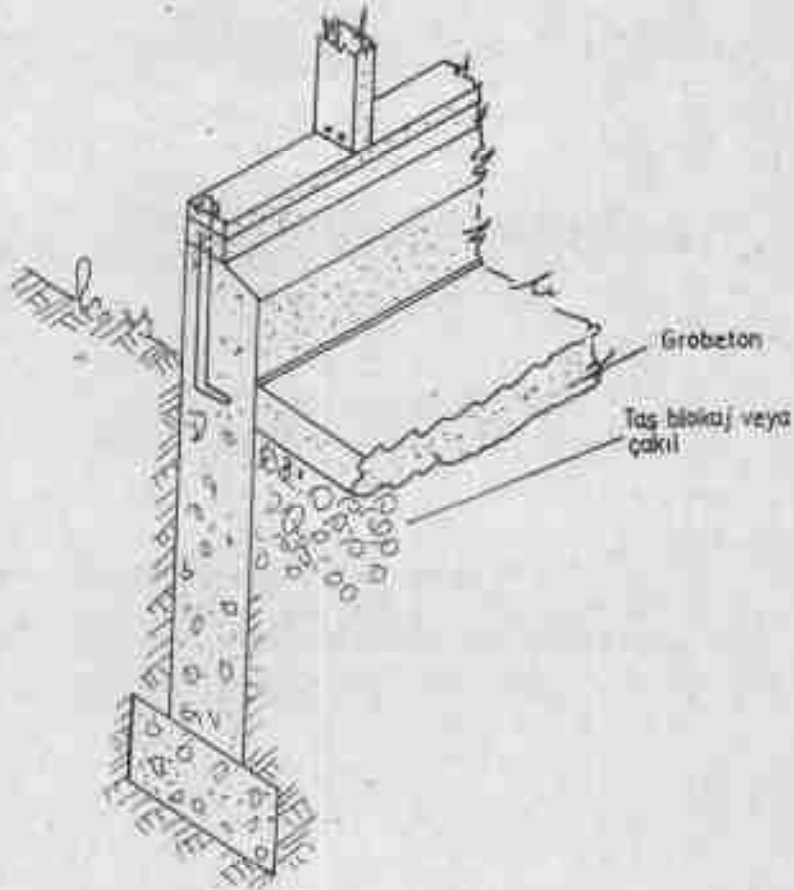
Döşemeye taşıyacağı yük şartları ağırsa, betona demir donatı da konabilir. Islak zemin üzerinde yapılan döşemelerde, döşemeden beklenen fonksiyon gerektiriyor ise temel drenajı ve döşeme izolasyonunun yapılması zorunludur. Beton döşemelerin temel duvarlarına bitişik kısımlarına uzama derzi yapılmalıdır. Fazla sıcaklık değişimlerine maruz büyük döşemelerde 3-4 metrede bir uzama derzi yapılır.

7.3.2 Ahşap Kirişli Döşemeler

Ahşap iskeletli ve kâgir yapıların kat ve çatı döşemelerinde yapılan ahşap kirişli döşemelerin başlıca avantajları: 1) Çabuk döşenebilmeleri, 2) Hemen yük taşımaya başlayabilmeleri, 3) Kalıba ihtiyaç göstermemeleri, 4) Ucuz ve hafif olmalarıdır. Belli başlı sakıncaları ise, yangın karşı dirençlerinin ve ömürlerinin uzun olmamasıdır. Ahşap kirişlerin döşemesinde aşağıda belirtilen hususlar gözetilerek bulundurulmalıdır:

- 1) Kirişler taşıyan duvar, kolon veya ana kirişlere oturtulur.
- 2) Kirişler döşeme alanının en dar açıklığı doğrultusunda döşenir.
- 3) Kirişler, kesitin geniş kenarı yüksekliğine gelmek üzere kılma kullanılır.

Uygulamada ahşap kirişler 60-70 cm aralıkla döşenirler. Kirişlerin daha büyük aralıkla döşenmesinin lüzumu olduğu hallerde, döşeme tahtasının esnetilmesi için kirişler üzerine ayrıca kesiryonlar çakmak gerekir. Ahşap kirişler, ya bir tuğla boyu kadar veya yükseklikleri kadar dış duvarlara oturtulmalıdır. Alt tarafı bitümlü karton ile teçrid edilen

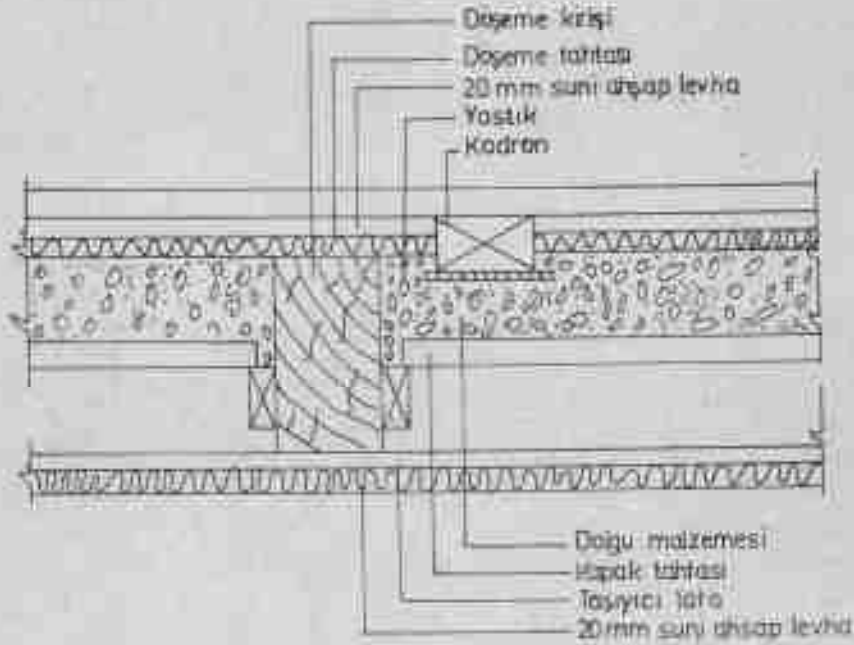


Şekil 7.24 Grobeton zemine döşemesi

kirişlerin üst ve yan uç kısımlarında çürümeyi önlemek için duvarda 2-3 cm kadar bir hava boşluğu bırakılır.

Ahşap kirişlerin üzerine yapılacak kaplama ile döşemeler, alt tarafına yapılacak kaplama ile de tavanlar inşa edilmiş olur. Ara katlarda döşemenin taşıyıcı ve iki katı ayrıca olmaktan başka fonksiyonları da vardır. Döşeme ayrıca iki kat arasında ses ve ısı teerridi de yapmaktadır. Bu amaçla döşeme tahtası ile tavan kaplaması arasında bir teerrid bölmesi ilâve edilir. En basit döşeme kaplaması, hakkal tavanı adı ile anılan şekildedir. Kirişler üzerine çakılan döşeme tahtalarından meydana gelir. Döşemenin ısı ve sesi daha az geçirici hale gelmesi için döşeme içine bazı teerrid malzemesi ilâve edilir. Bu teerrid malzemesi kömür cürufu, kil tabakası, kum tabakası, tahta talaşı ve çimento ile yapılmış

çeşitli tecriid levhaları ve amyanlı levhalar olabilir. Kirişlerin yan yüzüne tesbit edilen kadronların üzerine kapak tahtaları çakılmak suretiyle elde edilen bölmenin üzerine tecriid malzemesi yayılır (şekil 7.25).



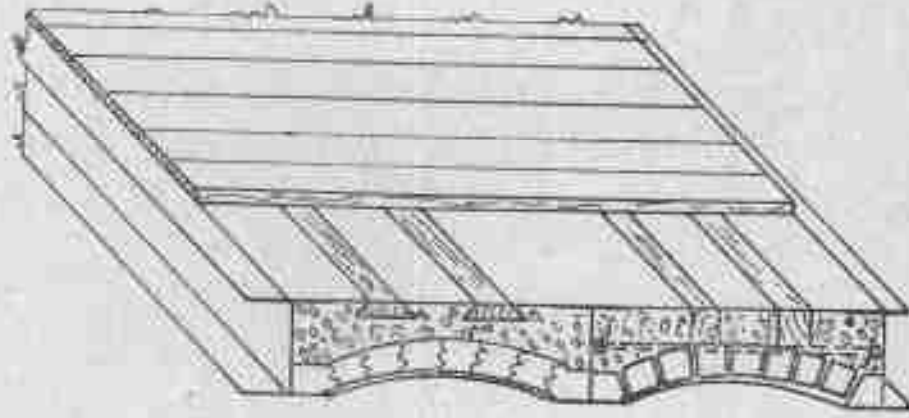
Şekil 7.25 Alçıp döşeme ve tarzaş şekilli

7.3.3 Çelik Kirişli Döşemeler

Çelik kirişlerin en yaygın kullanım alanı yangına mukavim bina inşaatındadır. Bu nedenle düşünülen döşeme sisteminin yangına mukavim malzemeden oluşması ve çeliği yüksek ısıdan korumak için bunların yangına mukavim malzeme içine gömülmesi esastır. Bu sistemler genellikle kemer şekilli tuğla ve delikli tuğla döşemelerle, çeşitli tiplerde betonarme plaklar ve ince plaklar taşıyan çelik kirişlerden oluşur (şekil 7.26).

7.3.4 Betonarme Döşeme Sistemleri

Betonarme döşeme sistemlerinde betonarme kirişler döşeme plağı ile birlikte dökülür. Betonarme kirişsiz döşemeler sadece betonarme karkas yapı sistemlerinde kullanılır. Betonarme bina inşaatında en yaygın olarak kullanılan tipler, dişli döşemeler, tek veya çift yönlü donatılı kirişli döşemeler ve betonarme kirişsiz döşeme sistemlerdir.



Şekil 7.20 Çelik kirişli düzeme

7.4 Çatılar

Tarımsal yapılarda çatı, inşaatı ve bakımı en pahalı olan unsurlardan birisidir. Tarımsal binalarda çatı çevre kontrolünde en önemli fonksiyon gören unsurlardan birisi olduğundan çatı sistemlerinin projelenmesi ve inşaatında yeterli itina gösterilmelidir.

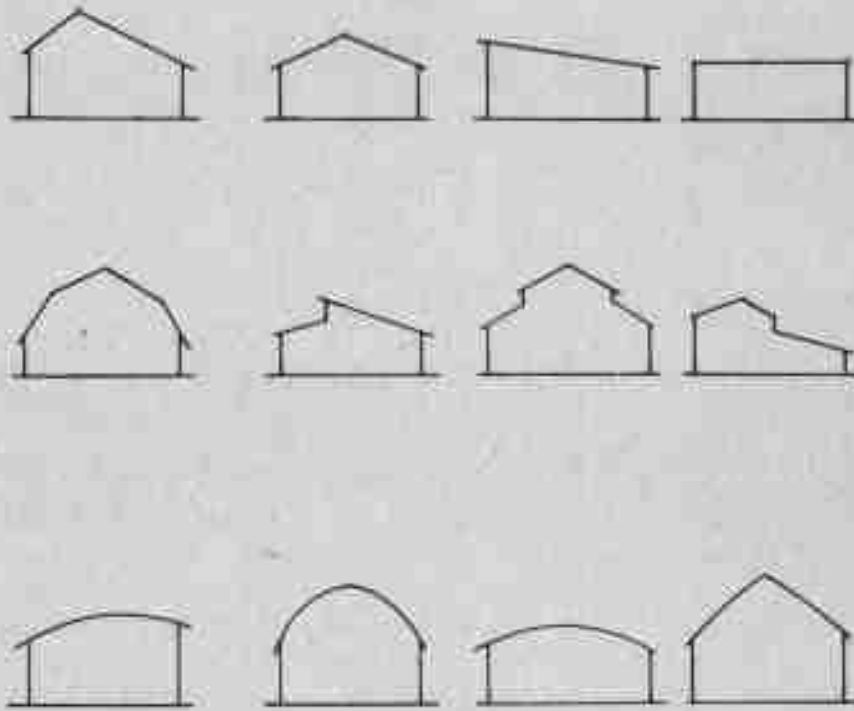
Tarımsal inşaatta, binadan beklenen fonksiyona göre çeşitli çatı şekilleri (şekil 7.27) kullanırsa da, bu bölümde ahırlar, banharlar, depo v.b. tesislerde gerekli olan geniş açıklıkların örtülmesinde yaygın bir şekilde kullanılan makaslı (kafes kirişli) çatı sistemlerinin projelenmesi üzerine durulacaktır.

Makaslı (asma) çatılar genellikle, iki eğimli beşik çatı şeklinde yapılırlar. Çatıya verilecek eğim genellikle inşaatın yapılacağı yerin yöresel koşulları ile birlikte kullanılan örtü malzemesine bağlıdır (Çetvel 7.2).

7.4.1 Çatıyı Teşkil Eden Unsurlar

Klasik bir asma çatıyı teşkil eden unsurlar (şekil 7.28) örtü malzemesi, mertekler, açıklar ve makaslar olmak üzere belli bir düz grupta toplanabilir.

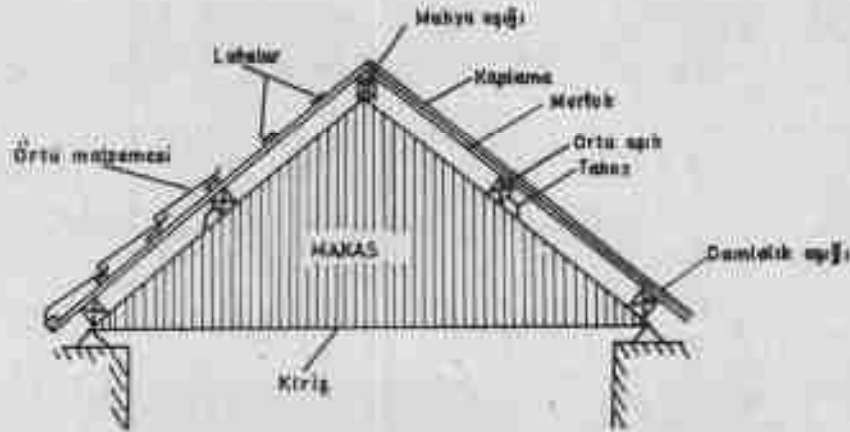
Örtü Malzemesi: Çoğunlukla kullanılan örtü malzemesi, oluklu veya düz saç, oluklu asbetli çimento (eternit) levhalar ve marsilya kiremididir. Marsilya kiremidi kullanıldığında, bunlar, merteklere bağlanan çiteler veya kaplama tahtası üzerine oturtulur.



Şekil 7.27 Tarihî mimari kullanımlarda çatı şekilleri

Tablo 7.2 Çatı örtüş malzemesine göre çatılara verilmiş eğimler

Çatı sınıfı	Çatı Eğimi (Derece)
Birer beton, kaset taşları çimento levhalar	4-12
Alçıtahta kiremit	33-45
Mansiyer tipi kiremit	18-33
Keremiyer taşına ardıca	22-33
Ahi ardıca	26-33
Hüsnüli karton	6-12
Heraklit	1,5-6
Alçı kaplamak çinko çatı	7,5-12
Galvaniz çelik levhalar	9
Yakpaç metal kaplama	2
Östikta sac	6-10
Çelik profil üzerine sac	23-45



Şekil 7.28 Khasik bir çatının temsili

Mertekler: Mertekler örtü malzemesi ve çatıya gelen yükleri aşıklara ileten kirişlerdir. Bunlar gerçekte çatının eğimi doğrultusunda aşıklar üzerine mesnetlenmiş bir eğimli sürekli kiriştir. Özellikle kendi kendini taşıyabilen saç ve eternit levhaların kullanılması halinde hafif çatı makaslarının aralığı azaltılarak, çatı sisteminde aşık kullanılmaktan vazgeçilebilir. Bu durumda çatı örtü malzemesinin yükü, yatay mertekler ile doğrudan doğruya makas düğüm noktalarına iletilir.

Aşıklar: Aşıklar, iki makas arasında, düğüm noktalarında makaslara mesnetlenen ve merteklerden gelen yükü makasların düğüm noktalarına ileten yatay kirişlerdir.

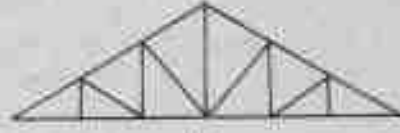
Makaslar: Çatı sisteminde kafes kiriş kullanıldığı takdirde, bunlar genellikle makas diye adlandırılırlar. Tarımsal inşaatlarda kullanılan makasların tipi, sığ konulan yapının serbest açıklığına, konstrüksiyonda kullanılan malzemeye ve yüklenme şekline bağlıdır (şekil 7.29). Çatı makaslarının konstrüksiyonunda genellikle ahşap ve çelik kullanılır.

7.4.2 Çatı Elemanlarının Projelenmesi

Çatı elemanlarının yeterli bir şekilde projelendirilmesi için önce, çatı sistemine gelen yüklerin iyi bir şekilde değerlendirilmesi gerekir. Çatı sistemine gelen yükler çatı elemanlarının ağırlıkları (ölü yük veya zati ağırlık) ve canlı hareketli (kar, rüzgâr v.b.) yüklerden oluşur. Bu yüklerin nitelikleri yapı statüsünde, yapıya gelen yükler bölümünde detaylı bir şekilde incelenmiştir.



a) King tipi



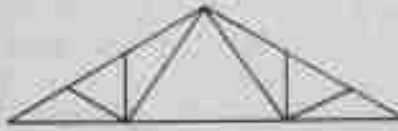
b) Howe tipi



c) Pratt tipi



d) Fink tipi



e) Fox tipi



f) Howe tipi (Paralel çubuklar)



g) Warren tipi



h) Eğriyel makas

Şekil 7.99 Tasarım inşaatte kullanılan çubuk makas tipleri

7.4.2.1 Makas Çubuk Kuvvetlerinin Grafikal Yöntemle Hesaplanması

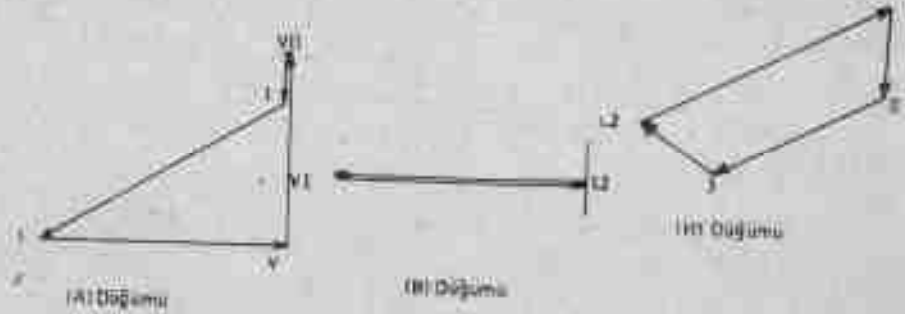
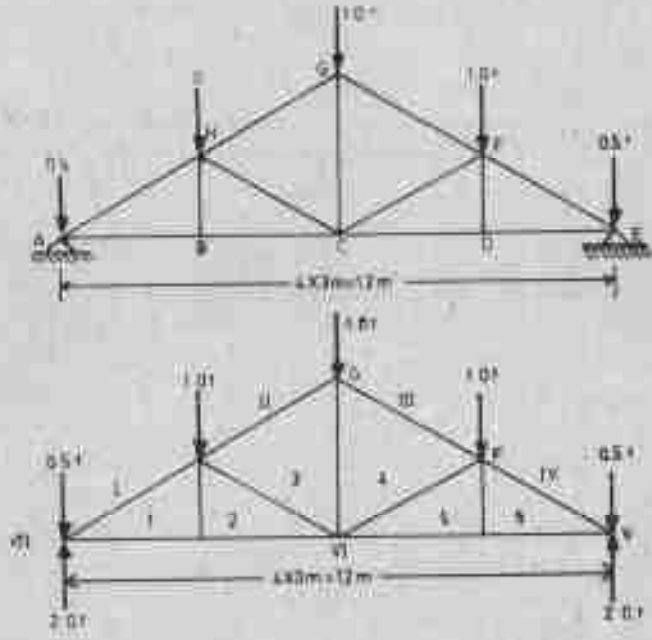
Mühendislik Mekanik (Yapı Statik) derslerinde kafes küşlerde çubuk kuvvetlerinin analitik yöntemlerle (döğüm ve kesit metodu) nasıl hesaplandığı öğrenilmiştir. Özellikle statik belirli kafes küşlerde çubuk kuvvetlerinin grafikal yöntemle bulunması basit, süratli ve yeter derecede doğru bir çözüm yolu teşkil eder. Bu nedenle grafikal yöntemin genel prensipleri ve uygulaması hakkında bilgi verilmesinde yarar görülmektedir.

Bu metodun esası, her düğümdeki çubuk kuvvetlerinin grafik yolla hesaplanmasıdır. Grafik metodun uygulanmasında önce, kafes kirişin mesnet tepkileri analitik yöntemle hesaplanır. Bundan sonra yapılacak iş, her bir düğümdeki çubuk kuvvetleri, kuvvet poligonları çizilerek tayin edilir. Uygulamada, her bir düğüme ilişkin kuvvet poligonları, bileşik bir diyagramda toplanır. Bu diyagram, bulan bilim adammın adından Maxwell diyagramı olarak bilinir.

Kafes kirişin her bir düğümünde çubuk kuvvetleri ve dış kuvvetler, ortak bir noktada kesişen düzlemsel kuvvet sistemi teşkil eder.

Düğüme etki yapan kuvvet sisteminin statik dengede olabilmesi için bütün bu kuvvetlerin teşkil ettiği kuvvet poligonunun kapanması yani bileşke kuvvetin sıfıra eşit olması zorunludur. Her hangi bir düğüme etki yapan poligonun kapanmasının anlamı, bu düğümde $\sum F_x = 0$ ve $\sum F_y = 0$ koşulunun sağlanmasıdır. Her hangi bir düğüme etki yapan bütün kuvvetlerin tesir çetgileri bilindiğinden, düğüme ilişkin kapalı kuvvet poligonunun teşkili ile, bu düğümde bilinmeyen iki çubuk kuvveti tayin edilebilir. Bu şekilde, her hangi bir kafes kirişte, sadece iki adet bilinmeyen çubuk kuvveti olan bir düğümden başlamak suretiyle, sıra ile diğer düğümlerin ele alınmasıyla, bütün çubuk kuvvetlerinin tayin edilmesi mümkündür. Uygulamada ele alınacak her hangi bir düğümde ikiden fazla çubuk kuvveti bulunmamasına dikkat edilmelidir. Düğümlerde grafiksel yöntemin uygulanmasında, kafes kirişteki iç ve dış kuvvetlerin belirli bir sisteme göre işaretlenmesinde büyük yarar vardır. Burada Bow işaretleme sistemi üzerinde durulacaktır. Bu sistemde kafes kirişe etki yapan dış kuvvetlerin arası Roman rakamları ile (I, II, III,....), çubuklar arası ise normal rakamlarla (1, 2, 3,....) işaretlenecektir. (şekil 7.30). Bu durumda, her hangi bir dış kuvvet, iki taraftaki roman rakamlarının saat ilresi doğrultusunda okunması ile belirtilebilir. Örneğin şekil 7.30 da H düğümünde etki yapan I ton luk kuvvet I - II kuvveti diye tanımlanır. Aynı şekilde her hangi bir düğüme etki yapan iç kuvvet yani çubuk kuvveti de, çubuğun her iki tarafındaki rakamların saat ilresi düğüme göre saat ilresi doğrultusunda okunması ile belirtilebilir. Örneğin şekil 7.30 da gösterilen kafes kirişin H düğümüne etki yapan HC çubuk kuvveti 3-2 kuvveti olarak tanımlanır.

Kafes kirişin uzay diyagramı yukarıda belirtilen sisteme göre işaretlendikten sonra mesnet tepkileri analitik yöntemle hesaplanır. Bu değerler serbest cisim diyagramında yerine yazılır (şekil 7.30) sonra sadece iki adet bilinmeyen çubuk kuvvetinin bulunduğu A düğümün-



Şekil 7.10 Grafiksel yöntemde kullanılan içerdeme ve A, B, H düğümlerine ilişkin kuvvet poligonları

(Ölçek: 1 ton = 2 cm)

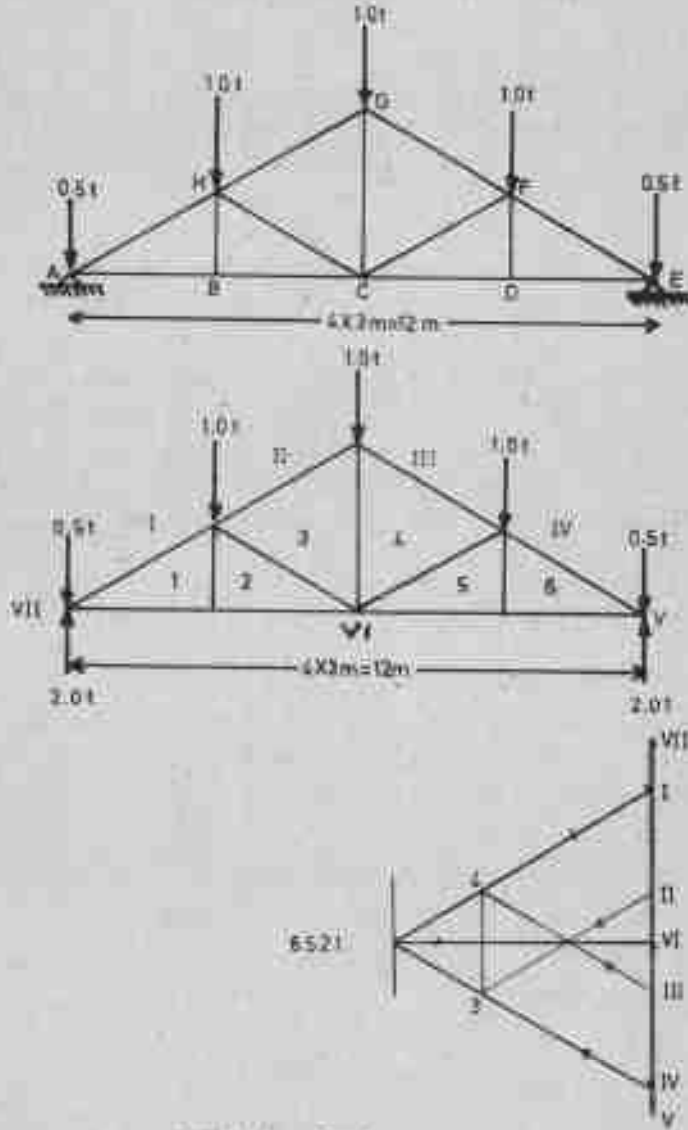
den ise başlanır. Bilinen kuvvetlerin doğrultuları ve yönleri, bilinmeyen kuvvetlerin ise tesir çizgileri dikkate alınarak bu düğümdeki kuvvet sisteminin kuvvet poligonu çizilir. Kuvvet poligonunun çizimine bilinen kuvvetlerin, doğrultuları dikkate alınarak şiddetlerinin belirli bir ölçükle geçirilmesi ile başlanır. Kuvvet poligonunun vektörleri, düğüm

etrafında saat ibresi doğrultusunda zira ile yerleştirilir. Her bir vektörün uçları, uzay diyagramında iki tarafında bulunan rakamlarla belirtilir. Vektörü tanımlayan ilk rakam vektörün kuyruk ucuna, ikinci rakam da başına yazılır. Söz konusu düğümüne etki yapan bütün kuvvetler için aynı işlem yapılarak kuvvet poligonu tamamlanır. Şekil 7.30 da A düğümü için çizilen kuvvet poligonunda bilinmeyen çubuk kuvvetleri (AH ve AB), sırasıyla I - I ve I - VI vektörleridir. Bu vektörlerden I - I in yönü düğümüne doğru olduğundan AH çubuk kuvveti basma (-), I - VI nın yönü düğümünden uzaklaştığından AB çubuk kuvveti çekme (+) dir. Bu kuvvetlerin şiddeti, vektörlerinin kuvvet poligonundaki uzunluklarının ölçülüp, kullanılan ölçeğe göre doğrulanmasıyla bulunur. Yukarıdaki işlemle AB çubuk kuvveti bulunduğundan, artık B düğümünde sadece iki çubuk kuvveti bilinmemektedir. Bu nedenle B düğümüne geçilerek, aynı şekilde kuvvet poligonunun çizilmesiyle HB ve HC çubuk kuvvetleri tayin edilir. Bundan sonra sadece iki adet çubuk kuvvetinin bilinmediği H düğümüne geçilerek HC ve HG çubuk kuvvetleri tayin edilir. Aynı işlem kafes girişin bütün diğer düğümlerinde yapılarak çubuk kuvvetlerinin tümü bulunur.

Uygulamada ise her bir düğüm için ayrı bir kuvvet poligonu çizmek yerine, bütün düğümlerdeki kuvvet poligonlarını birleştiren Maxwell diyagramından yararlanılır. Maxwell diyagramının çizimi aşağıda belirtilen aşamalarda gerçekleştirilir:

- 1) Kafes giriş üzerine gelen ölü yük, kar yükü ve rüzgâr yükü ayrı ayrı hesaplanarak, her bir düğümüne gelen ölü yük kar yükü ve rüzgâr yükü bulunur.
- 2) Yükler ve kuvvetler için uygun bir ölçek seçilir (Örneğin 1 cm = 100 kg veya 1 cm = 1 ton)
- 3) Kafes girişte, ölü yük (nati ağırlık), kar ve rüzgâr yükü nedeniyle ortaya çıkan mesnet tepkileri analitik yöntemle ayrı ayrı hesaplanır.
- 4) Kafes girişin serbest cisim diyagramı çizilir, dış kuvvetler ve çubuk kuvvetleri yukarıda açıklanan (Bow işaretleme sistemi) sisteme göre işaretlenir.
- 5) Maxwell diyagramının teşkilinde, önce kafes girişe etki yapan bütün dış kuvvetlere ilişkin kuvvet poligonu çizilir. Bu kuvvet poligonunun teşkilinde, vektörler başlangıç noktasından itibaren (genellikle

sol manmet) yapı etrafında saat ibresi doğrultusundaki sırasına göre yerleştirilir. Bu poligonun köşe noktaları vektörlere ilişkin daha önce belirtilen numaralara sisteme göre işaretlenir. Şekil 7.31 de kafa kirişin bu sisteme göre bağlantılan Maxwell diyagramı görülmektedir.



(Ölçek 1cm=2tm)

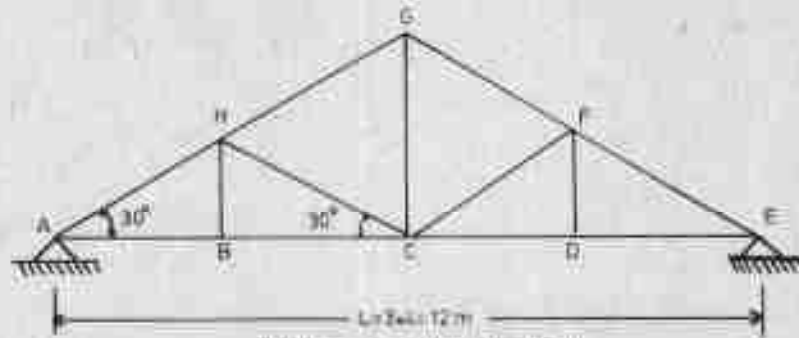
Şekil 7.31 Maxwell diyagramı

6) Şimdi sadece iki adet bilinmeyen çubuk kuvvetinin bulunduğu A düğümünü ele alalım. Bu düğümün etrafında normal rakam olarak sadece 1 rakamı var. Bu nedenle Maxwell diyagramında A düğümüne tekabül eden bir tek köşe (1 köşesi) olacaktır. Maxwell diyagramında 1 köşesinin bulunması için, buna bitişik iki köşeden, I ve VI dan sırasıyla AH ve AB çubuklarına paralel çizgiler çizilir. Bu çizgilerin kesim noktası Maxwell diyagramındaki 1 numaralı köşeyi verir. Bundan sonra, aynı şekilde B düğümünü ele alalım. Bu düğüm için diyagramda sadece 2 nolu köşe olacaktır. 2 nolu köşe 1 ve VI köşelerinden, sırasıyla BH ve BC çubuklarına paralel çizmekle bulunur. Maxwell diyagramının geri kalan 3, 4, 5 ve 6 nolu köşeleri, sırasıyla H, G, C ve D (veya F) düğüm noktalarının ele alınmasıyla bulunur. Yukarıda yapılan işlemlerden kolayca anlaşılacağı gibi kafes kirişteki her bir düğüme, Maxwell diyagramı ile bulunması gereken bir tek köşe isabet etmektedir.

7) Maxwell diyagramının çisimi tamamlandıktan sonra herhangi bir düğüme etki yapan çubuk kuvvetlerinin şiddet ve yönlerinin bulunması basit bir işlemdir. Söz konusu çubuğun her iki tarafındaki numara, buna ilişkin düğüm etrafında saat ibresi doğrultusunda okunur. Söz konusu düğüme etki yapan çubuk kuvvetinin şiddeti ve yönü, buna tekabül eden vektörün, ilk numaralı köşesinden, ikinci numaralı köşesine doğru (yön bu doğrultudur) ölçülmesi ile bulunur. Bu şekilde bulunan çubuk kuvvetleri şiddetleri ve yönleri ile kafes kirişin uzay diyagramında gösterilir (Şekil 7.31).

7.4.2.2 Örnek Çatı Hesabı

Verilen: Ankara'da inşa edilmesi düşünülen ticari bir tavuk kümesinin ahşap çatı sisteminde açıklığı $L = 12$ m olan Howe tipi (şekil 7.32) bir makas kullanılacaktır. Makas aralığı $s = 4$ m dir. Çatı örtü malzemesi



Şekil 7.32 Howe tipi çatı makası

esi oluklu eternit, çatının eğimi $\alpha = 30^\circ$ dir. Çatı sisteminin yapımında II. sınıf çam keresteni kullanılmaktadır.

İstenen: Çatı sisteminin boyutlandırılması.

Çözüm:

a) *Makas elemanlarının uzunluklarının hesabı:*

$$\sin 30^\circ = 0,5, \quad \cos 30^\circ = 0,87, \quad \tan 30^\circ = 0,58$$

1) $AB = BC = CD = DE = 3,00 \text{ m}$

2) $AH = HG = GF = FE = \frac{AB}{\cos 30^\circ} = \frac{3,00}{0,87} = 3,45 \text{ m}$

3) $HB = FD = AB \times \tan 30^\circ = 3,00 \times 0,58 = 1,74 \text{ m}$

4) $GC = AC \times \tan 30^\circ = 6,00 \times 0,58 = 3,48 \text{ m}$

5) $HC = CF = \frac{BC}{\cos 30^\circ} = \frac{3,00}{0,87} = 3,45 \text{ m}$

b) *Çatı yükünün hesabı:*

1) *Ölü (Zati ağırlık) yük:*

Çatı örtüsü (Oluklu eternit) 25 kg/m^2 Ç.D.

Mertek ağırlığı 10 kg/m^2 Ç.D.

$g = 35 \text{ kg/m}^2$ Ç.D.

$g_1 = \frac{g}{\cos 30^\circ} = \frac{35}{0,87} = 40 \text{ kg/m}^2$ Y.D.

Aşık ağırlığı 10 kg/m^2 Y.D.

$g_2 = 50 \text{ kg/m}^2$ Y.D.

Makas ağırlığı 13 kg/m^2 Y.D.

$g_3 = 63 \text{ kg/m}^2$ Y.D.

2) *Hareketli yük:*

Kar yükü: $P_k = P_s \times \cos \alpha$

$P_k = 75 \times \cos 30^\circ$

$P_k = 75 \times 0,87 = 65 \text{ kg/m}^2$ Y.D.

Rüzgar yükü:

$q = 80 \text{ kg/m}^2$

$P = e \cdot q$

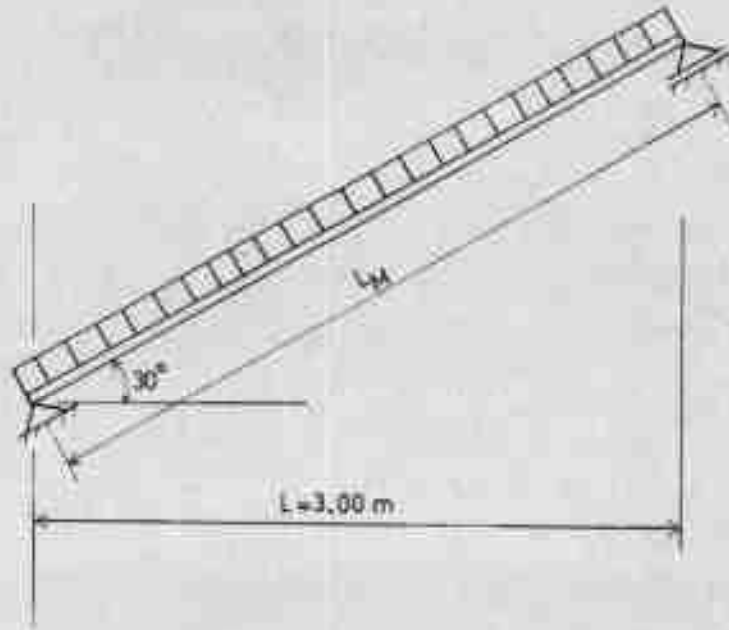
$$\begin{aligned} \text{Basınç: } P_{NB} &= (0.03 x^2 - 0.9) \cdot q \\ P_{NB} &= (0.03 \times 30^2 - 0.9) \times 80 \\ P_{NB} &= 0 \text{ Ç.D.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emme: } P_{NE} &= c \cdot q \\ P_{NE} &= -0.5 \times 80 = -40 \text{ kg/m}^2 \text{ Ç.D.} \end{aligned}$$

Şahıs yükü: Mertek kesitinin tayininde, tamir amacıyla çatıya çıkarak bir şahsın ($P_s = 100 \text{ kg}$) mertek ortasında durduğu kabul edilir.

c) *Mertek Hesabı:*

Mertekler aşıklara memetlenmiş aşık aralığına göre basit bir kiriş gibi projelendirilir. Mertek aralığı $S_M = 0.50 \text{ m}$ (şekil 7.33).



Şekil 7.33 Mertek hesabı

Aşıklar çatı makasının, A, H, G, F ve E düğümlerine oturduğuna göre aşık aralığı $L_A = L = 3.00 \text{ m}$ dir. Bu durumda mertek kirişlerinin eğik uzunluğu (aşıklığı):

$$L_M = \frac{L_A}{\cos \alpha} = \frac{3.00}{\cos 30^\circ} = 3.45 \text{ m dir.}$$

Merteke aralığı $S_M = 0.50$ m olduğuna göre, her bir yükleme için (yükün Y.D. ve Ç.D olduğuna göre) mertekte ortaya çıkan maksimum eğilme momentlerini hesaplayalım:

$$1) M_{s1} = \frac{W.L}{8} = \frac{(g_1 \times S_M \times L_A) \times (L_A)}{8} = \frac{(40 \times 0.50 \times 3.00) \times 300}{8}$$

$$M_{s1} = 2250 \text{ kg-cm.}$$

$$2) M_{g0} = 0$$

$$3) M_{s2} = \frac{W.L}{8} - \frac{(-P_{D0} \times S_M \times L_A) \times (L_A)}{8} = \frac{(-40 \times 0.50 \times 3.45) \times 345}{8}$$

$$M_{s2} = 2976 \text{ kg-cm}$$

$$4) M_k = \frac{W.L}{8} = \frac{(P_k \times S_M \times L_A) \times (L_A)}{8} = \frac{(65 \times 0.50 \times 3.00) \times (300)}{8}$$

$$M_k = 3656 \text{ kg-cm}$$

$$5) M_{P2} = \frac{P.L_A}{4} = \frac{100 \times 300}{4} = 7500 \text{ kg-cm.}$$

$$M_{P2} = 7500 \text{ kg-cm} > M_{s1} + M_k = 0 + 3656 \text{ kg-cm olduğundan}$$

$$M_{max} = M_{s1} + P_{D0} = 2250 + 7500 = 9750 \text{ kg-cm.}$$

$$\text{Seçilen kesit: } 6 \times 10 \text{ Z} = \frac{bh^2}{6} = \frac{6 \times 100}{6} = 100 \text{ cm}^3$$

Eğilme yönünden kontrol:

$$f = \frac{M}{Z} = \frac{9750}{100} = 97.50 \text{ kg/cm}^2 < f_m = 100 \text{ kg/cm}^2$$

Sarkı kontrolü: Sarkı kontrolü de en elverişsiz yükleme yani $g_1 + P_1$ ye göre yapılmalıdır:

$$\Delta = \frac{5}{384} \times \left(\frac{(g_1 \times S_M \times L_A) \times L_A^3}{E \times I} \right) + \frac{1}{48} \times \frac{P_D \times L_A^3}{E \times I}$$

$$f = \frac{b \cdot h^2}{12} = \frac{6 \times 10^3}{12} = 500 \text{ cm}^3, \quad E = 100\,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta = \frac{5 (40 \times 0.50 \times 3.00) \times (300)^3}{384 \times 100\,000 \times 500} + \frac{1}{48} \times \frac{100 \times (300)^3}{100\,000 \times 500}$$

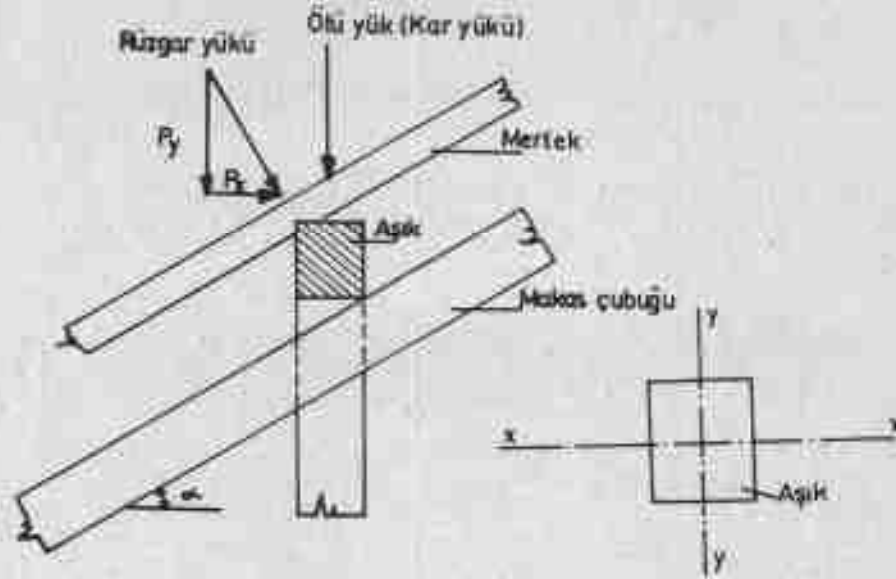
$$\Delta = 0.40 + 1.10 = 1.50 \text{ cm} \leq \frac{L_A}{200} = \frac{300}{200} = 1.5 \text{ cm}$$

Şu halde seçilen 6 x 10 mertek kesiti uygundur.

Aşık kesitinin tayini:

Aşık urunbuğu, makas aralığına ($L_{MA} = 4.00 \text{ m}$), aşık aralığı da $L_A = 3.00 \text{ m}$ olduğundan, her hangi bir aşık yatay düzlemde (Y.D.) $L_A \times L_{MA} = 4.00 \times 3.00 = 12.00 \text{ m}^2$ lik bir alanın yükünü taşır. Yatay düzlemin bir metrekairelik alanına tekabül eden çatı düzlemi yüzeyi $1 / \cos \alpha \text{ m}^2$ dir.

Aşıklar üzerine gelen yüklerin bir kısmını deneyin rüzgar yükünün, x-x ve y-y doğrultularında bileşenleri olduğundan, aşıklar iki yönlü eğilme ve sarılma esasına göre analiz edilirler veya projelenirler (şekil 7.34).



Şekil 7.34 Aşık kesitine gelen yükler.

Bu nedenle, aşıklar üzerine gelen yüklerin şekil 7.34 de gösterilen gibi durumuna göre x-x ve y-y doğrultularındaki bileşenleri hesaplanır:

Rüzgar yükü:

$$1) W_{Rby} = 0$$

$$2) W_{Rby} = - \frac{P_{Re}}{\cos \alpha} \times \cos \alpha \times (L_A \times L_{Ma}) \\ = - 40 \times 3,00 \times 4,00 = - 480 \text{ kg}$$

$$3) W_{Rbx} = 0$$

$$4) W_{Rbx} = - \frac{P_{Re}}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha \times (L_A \times L_{Ma}) \\ = - \frac{40}{0,87} \times 0,5 \times 3,00 \times 4,00 = - 276 \text{ kg}$$

Ölü yük:

$$W_{g2} = g_2 \times L_A \times L_{Ma}$$

$$W_{g2} = 50 \times 3,00 \times 4,00 = 600 \text{ kg (Y.D.)}$$

Kar yükü:

$$W_k = P_k \times L_A \times L_{Ma} = 65 \times 3,00 \times 4,00$$

$$W_k = 780 \text{ kg}$$

Bu durumda çatıya düşey (y-y) ve yatay doğrultuda gelen toplam kuvvet hesaplanabilir.

Açıya düşey doğrultuda (y-y) gelen toplam kuvvet (F_{y2})

1) Çatının rüzgar (basınç) tarafında

$$W_{y2b} = (W_{g2} + W_{Rby} + W_k) \\ = (600 + 0 + 780) \\ = 1380 \text{ kg}$$

2) Çatının emme tarafında

$$W_{y2e} = (W_{g2} + W_{Rby} + W_k) \\ = 600 - 480 + 780 = 900 \text{ kg}$$

Açıya yatay doğrultuda (x-x) gelen toplam kuvveti (F_{x2})

1) Çatının rüzgar (basınç) tarafında

$$W_{x2b} = W_{Rbx} = 0$$

2) Çatının emme tarafında

$$W_{x2e} = W_{Rbx} = - 276 \text{ kg}$$

Yukarıda hesaplanan toplam düğün yayılı yüklerin etkisi altında açıklarda dikey ve yatay doğrultuda meydana gelen maksimum eğilme momentleri hesaplanır:

Çatının rüzgâr (basma) tarafında:

$$M_{xh} = \frac{W_{xth} \times L_{Ma}}{8} = \frac{1340 \times 400}{8} = 69\,000 \text{ kg-cm}$$

$$M_{yh} = \frac{W_{xth} \times L_{Ma}}{8} = \frac{0 \times 400}{8} = 0$$

Çatının rüzgâr emme tarafında:

$$M_{xe} = \frac{W_{yte} \times L_{Ma}}{8} = \frac{900 \times 400}{8} = 45\,000 \text{ kg-cm}$$

$$M_{ye} = \frac{W_{yte} \times L_{Ma}}{8} = \frac{-276 \times 400}{8} = -13\,800 \text{ kg-cm}$$

Açık kesitinin boyunu:

Bu amaçla önce uygun düşeceği tahmin edilen bir kesit seçilir. Eğilme ve sarkı yönünden bu kesit kontrol edilir:

Seçilen açık kesiti: 12 x 20 cm

$$\text{Kesit modülü } Z_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{12 \times 20^2}{6} = 800 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = \frac{hb^2}{6} = \frac{20 \times 12^2}{6} = 480 \text{ cm}^3$$

$$\text{Atalet momenti } I_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{12 \times 20^3}{12} = 800 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{hb^3}{12} = \frac{20 \times 12^3}{12} = 2880 \text{ cm}^4$$

Eğilme gerilmesi yönünden kontrol:

Çatının rüzgâr (basma) tarafı:

$$f_b = \frac{M_{xh}}{Z_x} + \frac{M_{yh}}{Z_y} = \frac{69\,000}{800} + \frac{0}{480} = 87 \text{ kg/cm}^2$$

$$< f_{cm} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

Çatının rüzgâr emme tarafı:

$$f_e = \frac{M_{xe}}{Z_x} + \frac{M_{ye}}{Z_y} = \frac{45\,000}{800} + \frac{13\,800}{480} = 85 \text{ kg/cm}^2$$

$$85 \text{ kg/cm}^2 < f_{cm} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

Sachs yönünden kontrol

Çatının rüzgâr (hava) tarafı:

$$\Delta_y = \frac{5}{384} \frac{W_{yru} \times L^3 M_0}{E \times I} = \frac{5}{384} \frac{1380 \times 400^3}{10^3 \times 8000} = 1.43 \text{ cm}$$

$$\Delta_y = 1.43 \text{ cm} < \frac{400}{200} = 2 \text{ cm}$$

$$\Delta_x = 0$$

Çatının rüzgâr (emine) tarafı:

$$\Delta_y = \frac{5}{384} \times \frac{W_{yru} \times L^3 M_0}{E \times I} = \frac{5}{384} \times \frac{900 \times 400^3}{10^3 \times 8000} = 0.93 \text{ cm}$$

$$\Delta_x = \frac{5}{384} \times \frac{W_{xru} \times L^3 M_0}{E \times I} = \frac{5}{483} \times \frac{276 \times 400^3}{10^3 \times 8000} = 0.28 \text{ cm}$$

$$\Delta = \sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_x^2} = \sqrt{0.93^2 + 0.28^2} = 0.96 \text{ cm} < \frac{400}{200}$$

$$0.96 \text{ cm} < 2 \text{ cm}$$

Çatı makasının hesabı:

1) Çatı yükünün makas düğüm noktalarına dağıtılması:

a) *Ölü yük:* $g_1 = 63 \text{ kg} / \text{m}^2$ (Y.D.)

Beher makas tarafından taşınan ölü yük:

$$F_x = 12.00 \text{ m} \times 4.00 \text{ m} \times 63 \text{ kg} / \text{m}^2 = 3024 \text{ kg}$$

Her bir iç düğümüne gelen ölü yük:

$$F_{i_2} = \frac{F_x}{\Sigma \text{ iç düğüm} + \frac{\Sigma \text{ dış düğüm}}{2}} = \frac{3024}{3+1} = 760 \text{ kg}$$

Her bir dış düğümüne gelen ölü yük: Çatıda teşkil edilen saçığın da yükü dış düğümlere verildiğinden saçak genişliği dikkate alınarak bu yük artırılır. Saçak genişliği 0.50 m kabul edilirse:

$$F_{d_2} = \text{kg} / \text{m}^2 \times 4.00 \text{ m} \left(0.50 \text{ m} + \frac{3.00 \text{ m}}{2} \right) = 504 \text{ kg}$$

b) *Kar yükü:* $65 \text{ kg} / \text{m}^2$ (Y.D.)

Kar yükü de, ölü yük gibi yatay izdüşüm düzlemine dik kabul edildiğinden oran: $k = P_k / g_1 = 65 / 63 = 1.03$

Her bir iç düğüme gelen kar yükü:

$$F_{iü} = F_{iü} \times 1.03 = 760 \times 1.03 = 783 \text{ kg}$$

Dış düğümlere gelen kar yükü:

$$F_{dış} = F_{dış} \times 1.03 = 504 \times 1.03 = 519 \text{ kg}$$

c) Rüzgâr yükü:

Rüzgâr yükü çatı yüzeyi düzlemine (Ç.D) dik etki yaptığından, düğüm noktalarına dağılırken bu husus gözönünde bulundurulur:

Çatının rüzgâr (basınç) tarafı:

Çatının eğiminin $\alpha = 30^\circ$ olması halinde, çatının rüzgâr tarafında rüzgâr basıncı sıfır olduğundan, eğer rüzgârın soldan geldiği kabul edilirse, çatı yüzeyinin rüzgâra karşı yüzeyindeki (A ve H) düğümlere etki yapan rüzgâr kuvveti sıfır olacaktır.

Çatının rüzgâr (emme) tarafı:

$$P_{ne} = -40 \text{ kg/m}^2 \text{ (Ç.D.)}$$

G tepesi düğümü: (Şekil 7.32)

$$F_G = -40 \text{ kg/m}^2 \times 4.00 \text{ m} \times \frac{3.48 \text{ m}}{2} = -278 \text{ kg}$$

F düğümü:

$$F_F = -40 \text{ kg/m}^2 \times 4.00 \text{ m} \times 3.48 \text{ m} = -556 \text{ kg}$$

E dış düğümü: 0.50 m genişlikteki saçak da dikkate alınarak:

$$F_E = -40 \text{ kg/m}^2 \times 4.00 \text{ m} \times \left(\frac{0.50 \text{ m}}{0.87} + \frac{3.48}{2} \right) = -370 \text{ kg}$$

Makas çubuk kuvvetlerinin tayini:

Makasın düğüm noktalarına gelen ölü kar ve rüzgâr yükü yukarıda belirtildiği şekilde hesaplandıktan sonra, makasın yalnız ölü yük ve yalnız rüzgâr yükünden her bir çubuğunda ortaya çıkan çubuk kuvvetleri hesaplanır. Kar yükünden ortaya çıkan çubuk kuvvetleri ise ölü yüke göre bulunan çubuk kuvvetlerinin k katsayısı

$$\left(k = \frac{\text{Kar yükü}}{\text{Ölü yük}} \right) \text{ ile çarpılması ile kolayca bulunur.}$$

Ölü yük, kar yükü ve rüzgâr yükünden oluşan çubuk kuvvetlerinin, basma (-) ve çekme (+) oldukları dikkate alınarak bunların her bir

çubuk için cebirsel olarak toplanması ile her bir çubuktaki toplam yüklemenden oluşan maksimum kuvvet tayin edilir. Çubuk kesitleri bu maksimum çubuk kuvvetlerine göre tayin edilir.

Çubuk kuvvetlerinin hesaplanmasında, düğüm kesit ve bunların uygun bir kombinasyonu kullanılabilir gibi, grafiksel metodlardan (Örneğin Cremona ve Maxwell Diyagramı) da yararlanılabilir.

7.5 Kapı, Pencere, Merdiven ve Bacalar

7.5.1 Kapı

Yapılarda kapının fonksiyonu, iç ve dış ortam arasında ulaşımı sağlamaktır. Kapılar hangi tipte yapılsa yapılsınlar 1) Kapı kanadı, 2) Kasa, 3) Eşik ve 4) Pervaz olmak üzere belli başlı dört unsurdan oluşurlar.

Kapı kanadı, menteşeler yardımıyla eksen etrafında dönerek kapı boşluğunu kapatır. Kapı kanadı, çakma, tutkallı ve doğrama şeklinde yapılır.

Kasa, duvardaki kapı boşluğuna yerleştirilen, genişliği duvar kalınlığı ve sıvaya göre ayarlanan 4-4.5 cm kalınlığında rendelenmiş tahtadan yapılır. Bunlar yukarı köşelerinde kurlangıç kuyruğu biçiminde diği olarak birleştirilerek kasa çerçevesi meydana getirilir. Kasalar duvar örülürken kapı boşluğuna yerleştirilmiş bulunan ağaç takozlara çivi ile tutturulur. Kapı kanadı kasaya menteşe ile bağlanır.

Pervazın fonksiyonu, kasa ile duvar boşluğu arasında kalan açıklığı kapatmaktır. Pervaz 12-14 cm genişliğinde rendeli tahtadan yapılır. Pervazlar basen düş basen de silmeli olarak tertip edilir, kasaya iki tarafından bağlanır.

Kapıda eşğin fonksiyonu, kasat altından giren hava infiltrasyonunu azaltmaktır. Eşğin yüksekliği genellikle 1.5 - 3 cm dir. Eşikler kasa yanlarına iki taraftan tutturulur ve aynı zamanda kapı kanatlarına alttan dayanak teşkil eder.

Tarimsal yapılarda kapılar kendilerinden beklenen fonksiyona göre tek veya çift kanatlı veya sürmeli yapırlar. Tek veya çift kanatlı kapıların genişlikleri genellikle 90-100 cm, yükseklikleri 1.90-2.00 m dir. Bunlar duruma göre içe ve dışa açılabilirler. Sürme kapılar ise makara veya rulman üzerinde yatay olarak ileri geri sürülen kapılardır. Konut haricindeki tarimsal yapılarda genellikle tahta çakma kapılar kullanılır. Kayıtlardan oluşan çerçeve ve tablaların birbirine geçirilmesi suretiyle yapılan doğrama kapılardan ise daha çok konutlarda yararlanılır.

Özellikle kâğıt inşaatta kapı ve pencere boşluklarının üst kısmına yerleştirilen kirişe lento adı verilir. Lento bagını oturacağı yastık mesafesi 25 cm den az veya açıklığı ondan birinden küçük olamaz. Lento kesitinin hesaplanmasında, duvardan lentoya gelen yükün, kapı veya pencere boşluğu genişliğini kenar kabul eden bir eşkenar üçgenin yüküne denktir.

7.5.2 Pencere

Tarımsal yapı ve tesislerin doğal olarak ısklıandırılması ve havalandırılmasına hizmet eden pencere boşlukları inşaat tamamlanırken camlı bir çerçeve ile kapatılır.

Uygulamada pencere alanı genellikle toplam düşeme alanının yüzdesi olarak ifade edilir. Bu oran iklim koşulları ve yönün enlemine göre konutlar için % 10-25, hayvan barmakları için % 3-25 arasında değişir. Pencere alanı düşeme seviyesinden olan yükseklikleri pencereden beklenen fonksiyona göre konutlarda 0.50 - 1.25 m, hayvan barmaklarında 1.30 - 1.70 m arasında değişir.

Pencere hangi şekilde yapılmırsa yapılsınlar, genellikle 1) telöre, 2) çerçeve kanat ve 3) Pervaz olmak üzere üç ana elemandan oluşurlar. Pencere kanatlarını tutan ve bunları duvar boşluğuna tesbit eden sabit kısma telöre denir. Çoğunlukla çam kerestesinden yapılan telöre, duvar boşluğuna yerleştirilen ağaç takozlara çakılır. Pencere boşluğuna tesbit edilen telöre, ayrıca içten ve dıştan sıvanarak ısıstırılır. Pencerenin cam takılan sabit veya hareketli kenarlarına çerçeve denir. Pencere bir veya iki kanatlı olur ve kanatlar telöreye menteşe ile bağlanır. Pervazın fonksiyonu ise, telöre duvardaki takozlara oturtulduktan sonra, arada kalan boşluğu kapatmaktır. Pervaz kapılarda hem ön ve hem arka köşelerde iki taraflı olarak tertiplendiği halde pencereelerde çoğunlukla sadece iç kenarlara konular. Tarımsal yapılarda pencereler kullanılacakları yerlere göre kanatlı, sürmeli eksentri ve vacısdah yapılar.

7.5.3 Rampa ve Merdivenler

Özellikle depo, hangar, hayvan barmakları v.b. tarımsal yapıların önlerinde basamaklı, eğimli döşemelerden oluşan rampalar yapılabilir. Rampalar % 15 den fazla eğimli yapılmazlar.

Merdivenlerin yapılarıdaki fonksiyonları, çeşitli katlar arasında giriş çıkışı sağlamaktır. Bu nedenle merdivenlerin giriş-çıkış kolay, konforlu ve emniyetli olacak şekilde projelendirilmesi zorunludur. Giriş ve çıkış

rahatlığı için merdivenlerde basamak yüksekliğinin $h = 17 - 19$ cm, en az basamak genişliğinin ise $b = 25$ cm olması istenir (şekil 7.35). Basamak yüksekliği ve genişliğinin yukarıda sözü edilen ölçülerden farklı olması yorgunluğu artırır. Belirli bir kat yüksekliğinde merdiven boyuğu hesabında genellikle $2h + b = 62$ ilişkisinin yararlıdır. Uygulamada merdiven genişliğinin 90 cm den az olmaması istenir. Merdivenlerin bir veya iki yanı açık olabilir. Açık olan yanlarda 80-90 cm yükseklikte korkuluk yapılması zorunludur. Tarımsal yapılarda daha çok ahşap ve kâgir merdivenler kullanılır. En çok kullanılan merdiven şekilleri (şekil 7.36) düz, L veya Ü tipidir. Son iki tip kullanıldığı takdirde merdivenlerin döşüş kısımlarında ve başlangıcında 1 m^2 den küçük olmamak üzere sabahtıklar teşkil edilir.

7.5.4 Bacalar

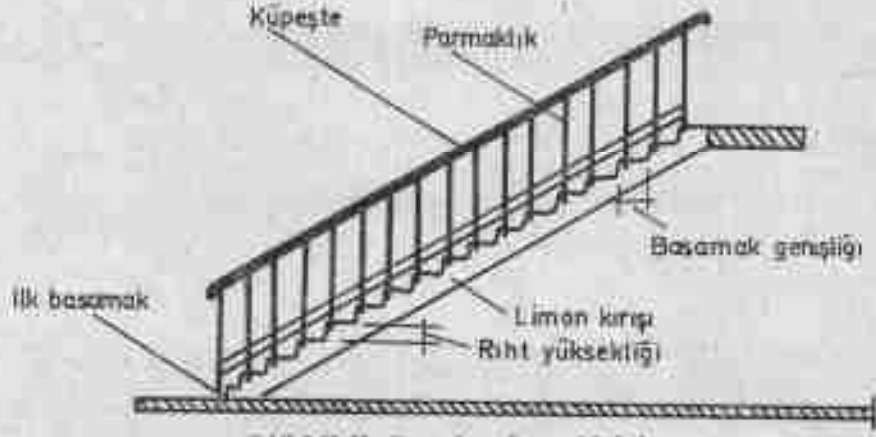
Kullanıldıkları amaca göre havalandırma, ateş (duman), tesisat bacası v.b. isimler alan bacalar genellikle duvarlarla birlikte etüd edilirler.

Ateş (duman) bacaları, yanan malzemenin gazını dışarıya atar, yanma için gerekli hava akımını temin eder. Baca ölçüsü, ateşin büyüklüğüne, bacanın yüksekliğine ve bulunduğu yere göre değişir. Uygulamada çoğunlukla her soba deliği için yukarıya kadar ayrı bir baca yapılması zorunludur. Bacanın en elverişli kesiti 13.5×135 veya 13.5×20 cm dir. Yangın tehlikesine karşı en az baca duvarı kalınlığı $1/3$ tuğla olmalıdır. Ahşap elemanlar bacanın iç kenarından en az 25 cm mesafede olmalıdır. Yangın ve gazların sızma tehlikesine karşı, bacaların aşağıdan yukarıya dıştan sıvanması zorunludur. Bacalar, çatı üstünde mahyadan en az 60 cm yukarıya kadar çıkmalıdır. Bacaların içine yağmur ve kar girmemesi için üstlerine şapka yapılır. Şapkalar betonarme ve sac olur. Betonarme şapkalar tuğla ayaklara oturtulur (şekil 7.37).

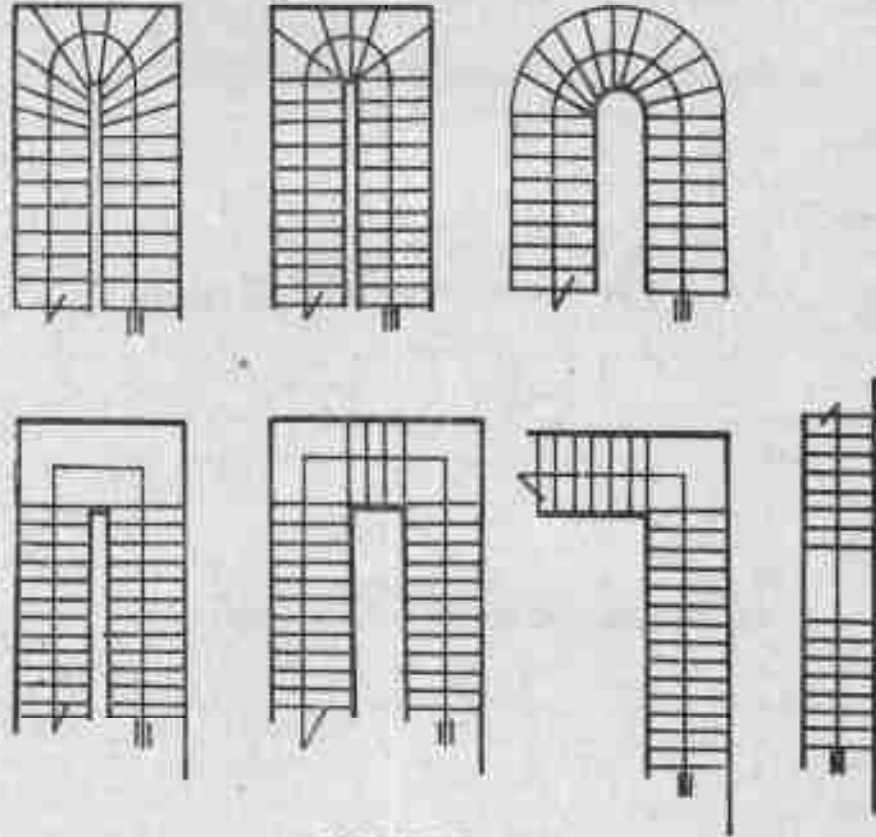
Şekil 7.38 de soha borularının bacaya doğru giriş şekli ile, çömine detayı gösterilmiştir.

7.6 Sıva ve Budana

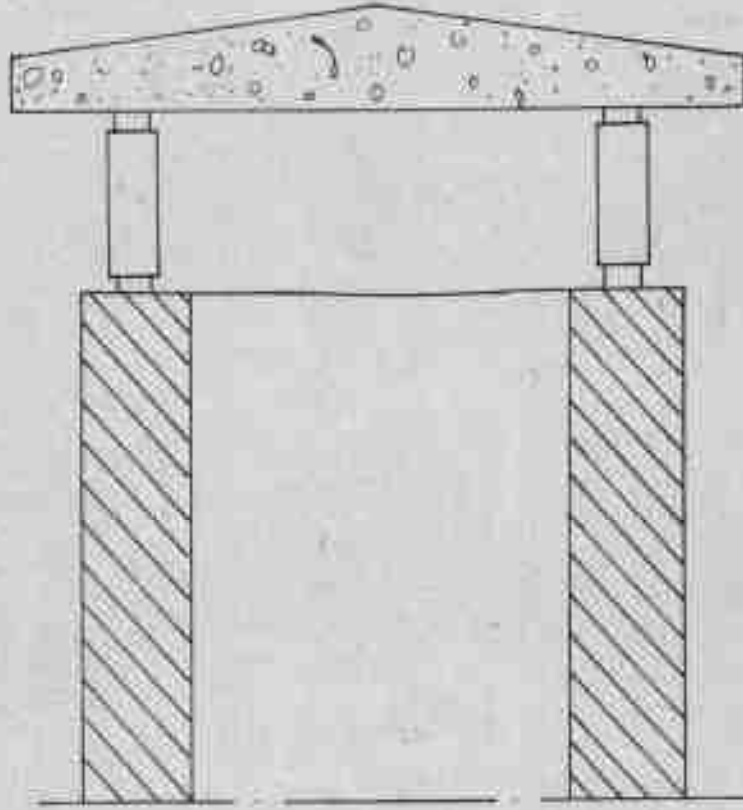
Binalarda sıva, duvar ve tavan yüzeylerini düzleştirme ve güçleştirme amacıyla yapılır. Sıva harcı (Bak. Yapı Malzemesi harçlar bölümü) duvar ve tavan yüzeylerine uygulandıktan sonra, budana veya boyayı kolayca tutabilen sert bir yüzey meydana getirir. Sıva aynı zamanda, uygulandığı yapı elemanının ısı, hava ve sese karşı geçirimsizliğini kısmen de olsa artırır.



Şekil 7.35 Merdiven oluşturmama örnekleri



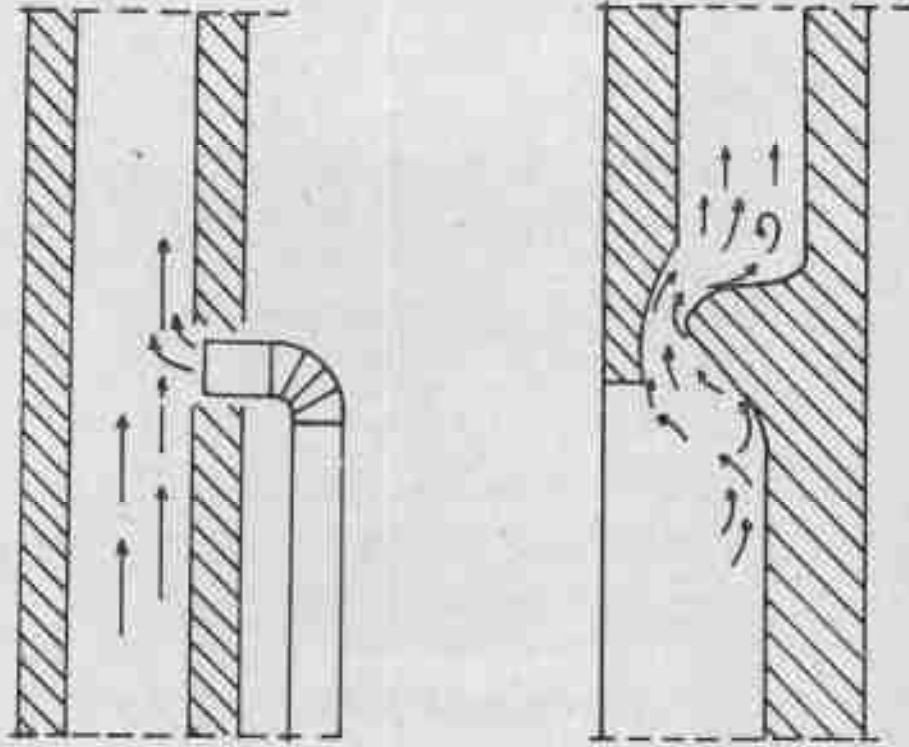
Şekil 7.36 Merdiven tipleri



Şekil 7.37 Baza şapkası

Sıva için en uygun mevsim ilik ve sonbahardır. İnşaat bitip duvarlar iyice kuruduktan sonra sıva işlerine başlanır. Yapılarda genellikle iç ve dış sıva olmak üzere iki tip sıva yapılır. Kat yüksekliği fazla olmayan binalarda duvar ve sıvalar "mısa" adı verilen ahşap sehpa üzerine kalaslar atılarak yarıdan seyyar iskelelerden yararlanılarak yapılır. Dış duvarlarda ise binanın bütün cephesine kafes kiriş şeklinde iskele kurulur. Bu iskeleler ahşap veya demir borulardan yapılır. Dış sıvalarda sıvaya yukarıdan başlanır. İç hüttikçe iskele beraber sökülüp evvelce duvarda bırakılan delikler tıkanarak aşağıya doğru inilir.

Betonarme tavan yüzeyleri üzerine yapılanlar söz dışı edilirse sıva, kaba ve ince olmak üzere iki tabaka halinde uygulanır. Kalınlığı en çok 3 cm olan ve tahta mustarlarla tesviye edilen kaba sıva kuruduktan sonra, perdah kumu (ince kum) ile yapılan ince sıva uygulanır.



Şekil 7.38 Sıva borununun hazırlama girişi ve çıkışı detayı

7.6.1 İç Sıva

Nemli bodrum duvarları hariç tutulursa, iç sıva genellikle kireç harcı ile yapılır. Harçta kullanılan kum kaba sıvalarda 3 mm lik elekten ince sıvalarda ise 1 mm lik elekten geçmelidir. Kireç harcı yapımında 1 m³ kuma 0,330 m³ sönmüş kireç, 110 litre su, takviyeli harçta ise 1 m³ kuma, 225 kg çimento, 0,1170 m³ sönmüş kireç ve 135 litre su katılır. Uygulamada genellikle kaba sıvanın kalınlığı 2 cm, ince sıvanın kalınlığı ise 1 cm dir.

Alçı sıva yapımında yine duvar yüzeyine önce 2-2,5 cm kalınlığında kaba sıva uygulanır. Bunun üzerine 700 kg alçıya 500 litre su katılarak hazırlanan harç, 0,5 cm kalınlıkta düzgün bir şekilde sürülür ve şabloula teviye edilir.

Ahşap yüzeyler doğrudan doğruya sıva tutmadığından, bunlara sıva yapımında ahşap çitelerden oluşan ağara üzerine kümes telleri

geniş başlıklı çivilerle iyice gerilerek tesbit edilir. Bunun üzerine sıva daha önce söylendiği gibi iki tabaka halinde uygulanır.

Sıva yüzeyleri m^2 olarak ölçülüp hesaplanır. $1.5 m^2$ den daha küçük boşluklar sıva hesabından düşülmez. Kapı ve pencereler ise iç sıva ölçülerinde dikkate alınmazlar.

7.6.2 Dış Sıva

Dış sıvaya bina iyice kurduktan sonra kapı ve pencereler degramaları takıldıktan sonra başlanır. Dış sıvada genellikle çimento harcı kullanılır. $1 m^2$ kuma 400 kg çimento ve 150 litre su katılmasıyla elde edilen harçla, önce 2 cm kalınlıkta bir kaba sıva yapılır. Daha sonra ince kumla hazırlanan harçla bunun üzerine ince sıva vurulur. Sıva çatlamasını önlemek amacıyla çimento harcına az miktarda kireç katılır. Sızdı edile bu dış sıva dışarda binalarda, mozayik sıva, mermer sıva, püskürtme sıva, serpme sıva v.b. dış sıva çeşitleri kullanılır. Dış sıvalar da m^2 olarak hesaplanır ve ince sıvanın aksine bunlarda boşluklar hesaptan düşülmez.

7.6.3 Badana

Yapının ince sıvası tamamlandıktan sonra, duvarlara güzel bir görünüş vermek ve renklendirmek amacıyla badana yapılır. Badanaya ince sıva iyice kurduktan sonra başlanır. Uygulamada genellikle 1) Kireç badana ve 2) Plastik badana olmak üzere iki çeşit badana kullanılır.

Kireç Badana: Kireç badanası sönmüş kirece ayrı ayrı kıvamına getirecek kadar su katıldıktan sonra iyice karıştırılarak hazırlanır. Kireç badana yapılmasında, $1 m^2$ badana edilecek yüzey için 0.300 kg sönmüş kireç ve 1.5 litre su hesaplanır. Badananın duvara iyice yapışması için az miktarda tuz ve zeytin yağı katılır. Badananın renkli olmasını isteniyorsa içerisine madeni boya karıştırılır. Badana, duvara fırça ile sürülür veya tulumba ile püskürtülür. İlk badanası yapıldan duvarlara, bir katı astar niteliğinde olmak üzere üç kat badana sürülür.

Plastik Badana: Plastik badana malzemesi, piyasada çeşitli ticari isimler altında kutular halinde bulunur. Malzemeyi kullanılacak bir hale getirmek için astara 1/3 oranında, diğer katlara ise 1/1 veya 1/2 oranlarındaılık su karıştırıldıktan sonra yağlı boya fırçası ile sürülür. Duvar yüzündeki mevcut deliklerin alet ile iyice düzeltilmesi zorunludur. 1 kg plastik badana boyası ile 10-12 m^2 duvar yüzü badana edilir.

7.7 Metraj ve Keşif

Bir yapının planlanıp inşa edilmesinde yapı maliyetinin tahmin edilmesi (keşif) önemli bir husustur. Hazırlanan projelerde ve özellikle birden çok seçeneğin bulunduğu durumlarda keşif, yapılacak seçimde en önemli rolü oynar.

Keşif birinci (ön) ve ikinci (kesin) keşif olmak üzere iki çeşittir.

Birinci keşif, bir yapıya başlamadan, yapının ön projeleri veya uygulama projeleri üzerinde yapılan işlemdir. Yapının ne kadar para ile yapılabileceğini saptamak için yapılır. Sonuç tahmini olup değişebilir. Ancak, kullanılacak malzeme birim fiyatları, işçilik ve taşıma giderleri gözönüne alınarak yapılan ön keşifler gerçeğe yakın bir şekilde hesaplanabilir. İkinci keşif, tamamlanmış bir yapının kaçta maloldüğünü bulabilmek için yapılan bir işlemdir. İnşaatın kesin projeleri ile yapım sırasında tutulan atışmalar üzerinde yapılır. İkinci keşif kesin olup değişmez.

Bir yapının keşfi üç aşamada hazırlanır:

- 1) Yapının metrajının yapılması.
- 2) Birim fiyatlarının saptanarak proje üzerinde belirtilmesi.
- 3) Keşif ücretinin hazırlanması.

Metraj, bir yapıyı oluşturan bütün elemanların ölçülerek uzunlukların metre, alanların m^2 , hacimlerin m^3 ve demir işlerinin de kg olarak miktarlarının bulunmasıdır. Yapının metraj işlemi tamamlandığı zaman o yapıyı yapabilmek için gerekli işlerin; yapı bölümlerinin miktarları hesaplanmış olur. Metraj yapılırken çoğunlukla kaba inşaat kısımları m^3 ince inşaat kısımları ile ahşap işleri m^2 ile ölçülürler (Çevre 7.5).

Çevre 7.5 Çeşitli yapı unsurlarının ölçü birimleri

Yapılan işler	Birimi	Yapılan işler	Birimi
Kası işleri	m^3	Kaplamalar	m^2
Toprak taşıma	m^3	Yarım tuğla duvar	m^3
Bloka	m^3	Kalı duvarlar	m^3
Büz ölçümü	m	Dümlükler	m
Beton işleri	m^3	Bardürler	m
Betonarme demirleri	kg	Sıva, boya	m^2
Tekiler	m^2	Badana	m^2
Katıplar	m^2	Şap mesazık	m^2
İnkübler	m^2	Yalıtım işleri	m^2
Münc taş duvar	m^3	Ahşap doğrama	m^2
Kesme taş duvar	m^3	Gam	m^2
Çatı örtülere	m^2	Demir işleri	kg

Metraj yapılan işler bir sıra dahilinde "Metraj Cetveline" yazılır. Bütün işlemler tamamlandıktan sonra, metraj cetveline işlenen değerlerden aynı niteliği içeren işler kendi aralarında toplanmış olarak "metraj özeti cetveli"ne yazılırlar.

Metraj yapımında dikkat edilecek en önemli nokta herhangi bir yapı elemanının unutulmaması veya birden fazla yazılmamasıdır.

Birim Fiyat, bir projedeki her ayrı eîns için m, m² veya m³ ü için kullanılacak malzeme fiyatı ile işçilik ve taşıma giderleri toplamına belirli bir yüzdesi kadar kâr eklenerek bulunur. Bu tanıma göre örneğin, 200 adedi çimento harç ile örülecek bir veya daha fazla kalınlıktaki tuğla duvarın birim fiyatı şu şekilde analiz edilebilir: 1 m³ tuğla duvarın örülmesi için 325 adet tuğla, 0.250 m³ harç (0.250 m³ harç için 50.00 kg çimento, 0.250 m³ kum, 0.0335 m³ su ve 1.25 saat işçi), 5 saat duvarcı ustası işçiliği ile 12.50 saat duvarcı amele işçiliği hesaplanır. İnşaatın yapıldığı yöredeki malzeme fiyatları ile işçilik ücretleri bilindiğine göre bu değerler yukarıda verilen birimlerle çarpılarak toplam malzeme ve işçilik tutarı saptanmış olur. Bu miktara, belirli bir yüzdesi kadar müteahhit kârı eklenerek 1 m³ tuğla duvarın birim fiyatı bulunmuş olur. Birim fiyatların saptanmasından sonra, keşif işinin son aşaması olan "keşif özeti"nin hazırlanmasına geçilir. Bunun için cetvel 7.4 den yararlanılır.

Cetvel 7.4 İnşaat Keşif Özeti

İşin No	Yapılan işin Çapılı	Birim Fiyat No	Birim	Miktar	B. Fiyat		Tutar	
					TL	Kr.	TL	Kr.

Yapılacak işin metraj ve birim fiyatları sıra ile cetvelde işlenir. Bunların birbiriyle çarpımının toplamı o yapının "inşaat tutarını" verir. İnşaat tutarına, yapının özelliğine göre proje bedeli olarak % 5 ekli tesisat için % 9, elektrik tesisatı için % 3, havagazı tesisatı için % 2, kalorifer tesisatı için % 20 eklenmesiyle yapının "toplam keşif tutarı" saptanmış olur.

Bazen yalnızca malzeme için keşif yapılır. Bu, özellikle malzemenin inşaat sahibi tarafından, işçiliğin ise müteahhit veya taşeron tarafından sağlanacağı durumlarda uygulanmaktadır. Herhangi bir yapı veya tesisin inşaatında gerekli malzeme miktarının hassas olarak tayini için, daha önceden değinildiği gibi, yapının detaylı plan, görünüş ve kesit-

lerine gereksinime duyulur. Bu plan ve kesitler üzerinde önce yapı unsurlarının metrajı yapılır. Sonra birim yapı unsuru hacim ve alanları için gerekli olan malzeme miktarlarından gidilerek gerekli malzeme miktarları, piyasadan satın alınacağı birimlere göre ayrı ayrı hesap edilir. Hesap edilen malzeme miktarları birim fiyatları ile çarpıldığı zaman belirli bir yapı için gereken malzeme keşfi elde edilir. Yapılar için gerekli malzeme miktarlarının saptanmasında veya fiyat analizlerinin yapılmasında Bayındırlık Bakanlığı veya diğer ilgili kuruluşların hazırladığı "birim fiyat analizi veya birim fiyat cetvellerinden" yararlanılması, yapı malzeme veya maliyet keşif işlerinde kolaylık sağlar.

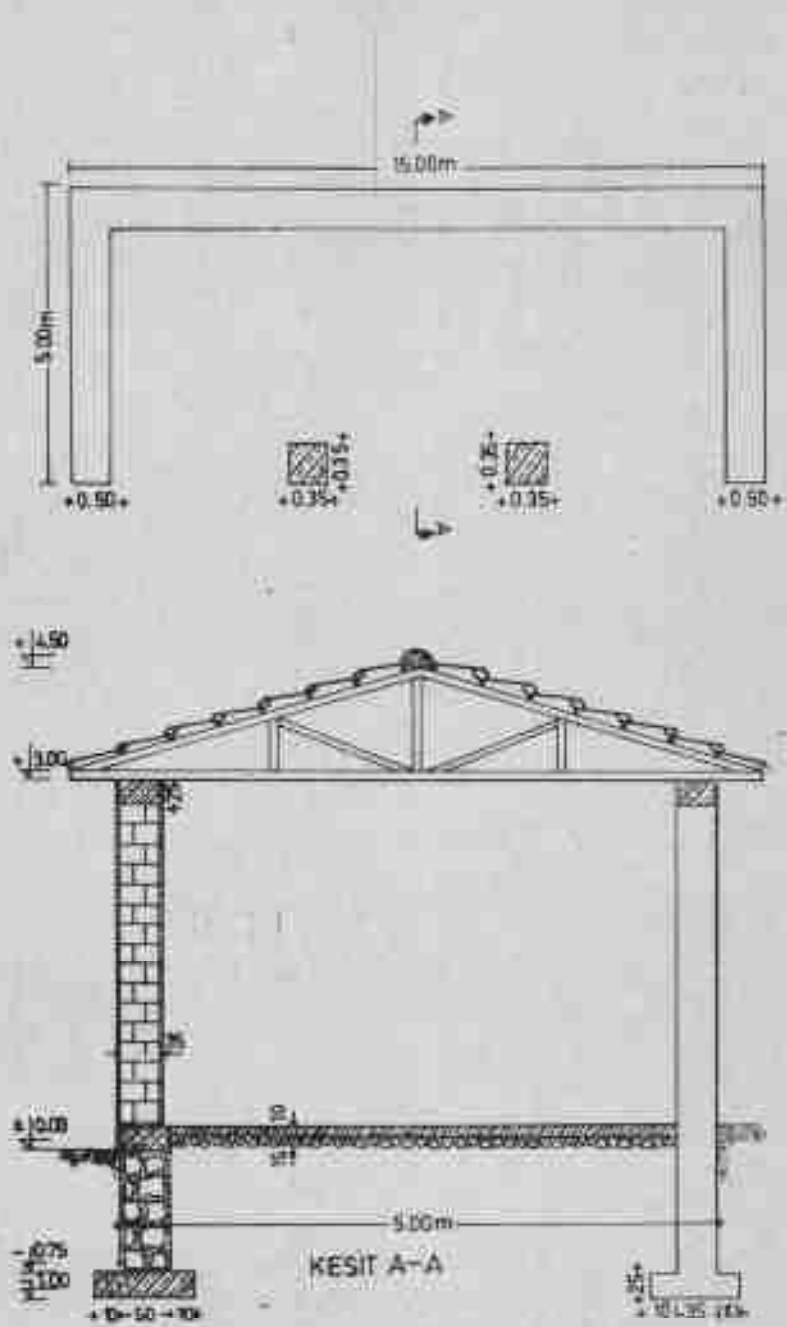
Metraj ve malzeme keşfine ilişkin yukarıda değinilen noktaları bir örnekle açıklayalım.

Örnek: Şekil 7.39 da plan ve kesidi verilen öni açık hangarın metrajı ve malzeme keşfi yapılacaktır.

Yapılacak işlerin nitelikleri:

- 1) Kazı işleri: Kazı genişliği temel duvarlarında 70 cm, kolonlarda 50 cm dir.
- 2) Beton işleri: Demirli betonlar 300 dozlu, grobeton ise 250 dozlu, olarak düşünülmüştür.
- 3) Temel duvarları: 200 dozlu çimento çarçlı moloz taş duvar ile yapılacaktır.
- 4) Tuğla duvar işleri: Tuğla duvarları 150 dozlu takviyeli harçla yapılacaktır.
- 5) Betonarme demirleri: Yapıda $\varnothing 6 - \varnothing 12$ mm ince betonarme demirleri kullanılacaktır.
- 6) Çatı işleri: Çatı marsilya kiremidi ile örtülecektir.
- 7) Kalıp işleri: Düz yüzeyli betonarme kalıba kullanılacaktır.
- 8) Siva işleri: Tuğla duvarların iç ve dış yüzeyleri 2 cm kalınlıkta ve kireç harçlı siva ile sıvanacaktır.

1) *Metrajın Yapılması:* Metraj, herhangi bir aksaklığa olanak vermemek amacıyla bir sıra dahilinde yapılır. Bulunan değerler metraj cetveline işlenir (Cetvel 7.5). Daha sonra, aynı nitelikteki işlerin toplamı metraj özeti cetveline yazılır (Cetvel 7.6).



Şekil 7.20 Hangar plan ve kesiti

Cədvəl 2.3 Xəyi məntəzaj cədvəli

Sıra №	İşin adı	Dənələri	Boyutları			Villəkəlin	Boğluk	Miktar		Otoç
			En	Boy	Villəkəlin			Am	Kəçin	
1	Təvfiyə xəzər	1	4,50	14,00	0,25			15,750	15,750	m ³
	Tərəzi kəməsi	1	0,70	13,20	1,00			10,440		m ³
	Tərəzi kəməsi	2	0,70	4,50	1,00			6,300	16,940	m ³
	Tərəzi bəzəni	1	0,70	13,20	0,25			2,665		m ³
	Tərəzi bəzəni	2	0,70	4,50	0,25			1,375	4,135	m ³
	Təy şirvaz	1	0,50	15,00	0,75			5,625		m ³
	Təy şirvaz	2	0,50	4,50	0,75			2,875	9,000	m ³
	Hətəl bəzəni	1	0,40	10,00	0,35			1,875		m ³
	Hətəl bəzəni	2	0,50	4,50	0,35			1,125	3,000	m ³
	Təglin şirvaz	1	0,34	15,00	2,50			12,750		m ³
	Təglin şirvaz	2	0,34	4,50	2,50			7,922	20,672	m ³
	Hətəl bəzəni	2	0,34	15,00	0,25			2,550		m ³
	Hətəl bəzəni	2	0,34	4,50	0,25			0,734	3,284	m ³
	Kəlim bəzəni	2	0,55	0,35	0,25			0,131		m ³
	Kəlim bəzəni	2	0,35	0,35	0,75			0,219	1,060	m ³
	Bölkə	1	4,50	14,00	0,15			9,450	9,450	m ³
	Gömbəni	1	4,50	14,00	0,19			8,100	6,300	m ³
10	Şirvaz	1	3,00	15,00				45,00		
	Şirvaz	2	3,00	4,00				10,00		
	Şirvaz	1	2,75	14,32				39,38		
	Şirvaz	2	2,75	4,66				19,92	140,00	m ³
11	Cəza	1	0,00	10,00				00,00	90,00	m ³

Tablo 7.8 Metraj Özet

Sıra No	Ba. Piyas. No	İşin Cinsi	Ölçü	Miktar
1.	—	Terziye kazan	m ³	15.550
2.	—	Dur derin temel kazan	m ³	18.948
3.	—	Betonarme beton	m ³	11.579
4.	—	Taş temel duvarı	m ³	0.000
5.	—	Tuğla duvar	m ³	20.672
6.	—	Blokaj	m ³	0.450
7.	—	Gröbeton	m ³	0.300
8.	—	Sivaz	m ³	140.00
9.	—	Çatı	m ³	56.00

2) *Malzeme Analizi*: Malzeme analizinden amaç, metrajı yapılan her unsur için malzeme gereksinimini saptamaktır.

Betonarme beton: 1 m³ betonarme beton için 300 kg çimento, 0.500 m³ kum, 0.780 m³ çakıl, 0.055 m³ kalıp kerestesine gereksinime vardır. Demirlerde % 10 zayıf olduğu ve % 10 bağlama teli gereği kabul edilir. $\varnothing 6 - \varnothing 12$ mm lik demirlerin birim uzunluklarının ağırlığı 0.022 kg ile 0.89 kg dir.

Çimento	$11.579 \times 300 = 3462.000$ kg
Kum	$11.579 \times 0.500 = 5.770$
Çakıl	$11.579 \times 0.780 = 9.332$ m ³
Kalıp kerestesi	$11.579 \times 0.055 = 0.637$ m ³
Demir: $\varnothing 12$ mm	$15.00 \times 4 \times 4 \times 0.890 = 213.600$ kg
	$5.00 \times 4 \times 6 \times 0.890 = 106.800$ kg
	$3.75 \times 4 \times 3 \times 0.890 = 26.700$ kg
	<hr/>
	347.100 kg
	% 10 Zayıf 34.710
	<hr/>
Toplam	381.810 kg

Demir \varnothing 6 mm	1.85x75 x0.220 =	30.525 kg
	1.85x45 x0.220 =	18.315 kg
	1.40x75 x0.220 =	23.100 kg
	1.40x45 x0.220 =	13.860 kg
	1.08x150x0.220 =	34.640 kg
	1.08x40 x0.220 =	9.504 kg
		<hr/> 130.944 kg
	% 10 Zayıf	13.094
	Toplam	<hr/> 144.038 kg

Bağlama teli	347.100 + 130.944x0.10 =	47.804 kg
Çivi	11.578x0.100 =	1.158 kg

Taş duvar: 1 m³ taş duvar için 1,200 m³ figure taş, 0,330 m³ harç 1 m³ için 1 m³ kum, 200 kg çimento.

Figure taş	900.0x1.200 =	10.800 m ³
Harç	9.000x0.330 =	2.970 m ³
Çimento	2.970x200 =	594.000 kg
Kum	2.970x1.000 =	2.970 m ³

Tuğla duvar: 1 m³ tuğla duvar için 525 adet tuğla, 0,250 m³ harç, harç için 150 kg çimento, 100 kg sönmemiş kireç, 1 m³ kum.

Tuğla	20.675x525 =	10.854 adet
Harç	20.675x0.250 =	5.169 m ³
Çimento	5.169x150.000 =	775.350 kg
Kireç	5.169x100.000 =	516.900 kg
Kum	5.169x1.00 =	5.169 m ³

Blokaj: 1 m³ blokaj için 1.100 m³ taşa gereksinime vardır.

Taş	9.450x1.100 =	10.395 m ³
-----------	---------------	-----------------------

Göbeton: 1 m³ göbetonun malzeme gereksinimi 250 kg çimento, 0,500 m³ kum, 0,780 m³ çakıldır.

Çimento	6.300x250 =	1575.000 kg
Kum	6.300x0.500 =	3.150 m ³
Çakıl	6.300x0.780 =	4.914 m ³

Sıra: 1 m³ sıva için gereken malzeme 1 m³ Kum, 165 kg sönmemiş kireçtir.

Kum	140.00x0.02x1.000	=	2.800	m ³
Sönmemiş kireç	140.00x0.02x165.00	=	462.000	kg

Çatı: 8 m² izdüşüm çatı yüzeyi için 0.080 m³ kereste, 0.500 kg çivi, 17 adet marsilya kiremidi, 0.030 kg galvanizli tel; 1 m mahya uzunluğuna için 3.5 adet mahya kiremidi, 0.006 m³ harç; 1m³ harç için ise 1 m³ kum, 200 kg çimento gerekir.

Kereste	96.00x0.080	=	7.680	m ³
Çivi	96.00x0.500	=	48.000	kg
Marsilya kiremidi	96.00x17	=	1632	adet
Galvanizli tel	96.00x0.030	=	2.880	kg
Mahya kiremidi	16.00x3.50	=	56	adet
Harç	16.00x0.006	=	0.096	m ³
Çimento	0.096x200	=	19.200	kg
Kum	0.096x1.00	=	0.096	m ³

3) *Malzeme Keşif Özeti*: Malzeme analizi sonuçlandırdıktan sonra cetvel 7.7 de gösterildiği şekilde malzeme keşif özeti hazırlanır. Bulunan malzeme miktarları birim fiyatları ile çarpılarak sonuçlar toplanır ve yapılacak inşaatın malzeme keşif tutarı elde edilmiş olur.

Cədvəl 7.7 Məhsulun kəpif əsəti

Sıra №	Məhsulun Qiyməti	Həcmi	Miktar	Birim Qiymət*	Ünvan TL, K¢
1	Tağ	m ³	41.159	47.32	1007.19
2	Tağla	adət	10024	0.36	3655.90
3	Koçu	ad*	19.995	48.00	959.76
4	Çəkil	m ³	14.246	48.00	683.81
5	Çimənt	ton	6.426	395.00	2538.27
6	Səməzəniş kəpif	ton	0.978	600.00	587.40
7	Demir: Ø 12 mm	ton	0.302	5070.00	1536.74
8	Demir: Ø 6 mm	ton	0.144	3330.00	479.40
9	Kəməz	m ³	8.317	1000.00	8317.00
10	Məhsulün kəpif	adət	1022	1.30	1328.60
11	Məhsulün kəpif	adət	36	1.30	46.80
12	Çəkil	kg	49.150	16.20	796.23
13	Tağ	kg	60.044	6.73	404.28
Məhsulün Kəpif Qiyməti					19084.95

(*) 1976 yıl üçün qiymət təsdiqlənən məhsullər.

YARARLANILAN ESERLER

- Alkan, Z. 1969 Ziraat İnşaat. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 65, Erzurum.
- Altınay, A. 1961 Pratik Yapıçılık. Temellden Çatıya. Hünertabiat Matbaası, İstanbul.
- Arsoy, Z. 1943 Çatı İnşaatı. Üniversite Kitabevi, İstanbul.
- ASAE, 1967 Adobe Brick Construction. ASAE Yearbook, USA.
- Balaban, A. 1974 Mühendislik Mekaniği, Cilt I. Yapı Statikği. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları 531, Ankara.
- Barey, H. J., Sumner, L.L. 1966 Farm Structures. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Boyd, J. S. 1973 Practical Farm Buildings. The Interstate Printers and Publishers, Inc. Danville, Illinois.
- Carter, D.G. 1954 Farm Buildings. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Chmelka, F., Melan, E. 1948 Einführung in die Festigkeitslehre, Springer Verlag, Wien.
- Cooper, G. H. 1959 Building Construction Estimating. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.
- Davies, R. L., Petty, D. J. 1966 Building Elements. The Architectural Press, London.
- Graessle, J. C. 1966 Elementary Theory of Structures. John Dickens and Co. Ltd. Northampton.
- Grey, H. E. 1955 Farm Service Buildings. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.
- Güngör, İ. H. 1962 Ahşap, Cilt I-II Çeltük Matbaası, İstanbul.
- Güngör, İ. H. 1962 Kâğıt Yapı. Baha Matbaası, İstanbul.

- Güngör, L.H. 1965 Ahşap Yapı Bilgisi, Cilt I. İTÜ Teknik Okulu Yayınları, Sayı: 42, İstanbul.
- Günsoy, O. 1966 Yapı Statik, Cilt I. Arı Kitabevi Matbaası, İstanbul.
- Günsoy, O. 1967 Yapı, Cilt II. Ahşap İnşaat. Arı Kitabevi Matbaası İstanbul.
- Günsoy, O. 1969 Yapı. Arı Kitabevi Matbaası, İstanbul.
- Inan, M. 1970 Cisimlerin Mukavemeti. Ofset Matbaacılık Ltd. Şti. İstanbul.
- Jackson, H. T. 1965 The Design of Structural Members, Part One. The Architectural Press, London.
- Kleinlogel, A., Lorsch, H. G. 1953 Beam Formulas. Frederick Ungar Publishing Co. New York.
- Le Corbusier, J. 1967 Execution Des Maçonneries, Tome, 1. J. B. Mailliere et Fils, Paris.
- Lytle, R. J. 1973 Farm Builder's Handbook Structures Publishing Company, Michigan.
- Mc Kaig, T. H. 1965 Applied Structural Design of Buildings. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Merritt, F. S. 1958 Building Construction Handbook. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.
- Morgan, W., Williams, D.T. 1963 Structural Mechanics. Sir Isaac Pitman and Sons, Ltd. London.
- Morgan, W. 1964 The Elements of Structures. Sir Isaac Pitman and Sons, Ltd. London.
- Nash, W. A. 1972 Theory and Problems of Strength of Materials. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Newman, M. 1968 Standard Structural Details For Building Construction. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Neubauer, L. W., Walker, H. B. 1961 Farm Building Design. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, N. J. USA.
- Odabaşı, Y., Uluğ, T. N. 1971 Betonarme İnşaat Hesapları, Arı Kitabevi Matbaası, İstanbul.
- Özçelik, N. 1965 İnşaat Bilgisi. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları No: 102, İstanbul.

- Panczarek, A., Ocak, M. E. 1976 Yapı İşletmesi ve Maloluğu Hesapları. Kemal Matbaası, A. Ş. Adana.
- Pasfield, D. H. 1965 Farm Buildings Design and Construction. Temple Press Books, London.
- Richley, C. B. 1961 Agricultural Engineers Handbook. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.
- Sayman, D. 1971 İnşaat Mühendisleri İçin Yardımcı Cetveller. Oğul Matbaası, Ankara.
- Sheed, T. C., Wawter, J. 1941 Theory of Simple Structures. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Sönmez, N. 1955 Ziraî Yapı Malzemesi Olan Kerpiç'in Özellikleri Üzerinde Araştırmalar. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 71, Ankara.
- Sönmez, N. 1961 Ziraat İşletmelerinde Kerpiç Yapılar ve Bunların Özellikleri. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 180, Ankara.
- TSE 1969 TS-500, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türkmen, A. 1960 Ahşap Yapılar, Cilt. I. İTÜ. Kütüphanesi Sayı: 425, Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul.
- Uluğ, T. N. 1971 İnşaat Kılavuzu. Arı Kitabevi Matbaası, İstanbul.
- Urry, S. A. 1969 Solution Of Problems In Strength Of Materials. Sir Isaac Pitman and Sons, Ltd. London.
- Weller, J. B. 1965 Farm Buildings. Vol. I. Crosby Lockwood and Sons, Ltd. London.