

Yapılara etkiyen karakteristik yükler, yük simgeleri, yük ve malzeme katsayıları, tasarım yükü, tasarım dayanımı, yapı güvenliği kavramları

Yapıyı oluşturan duvar, döşeme, kiriş, kolon gibi elemanların kendi ağırlıkları; insan, eşya, kar, makine ağırlıkları; deprem, rüzgâr kuvvetleri, sıvı, dalga, toprak basıncı, patlama, çarpma gibi yapıyı zorlayan yüklerdir. Yükler yapı elemanlarında şekil ve yer değiştirmelere dolayısıyla iç kuvvetlerin (moment, kesme, ..) oluşmasına neden olur. İç kuvvetlere ve yer değiştirmelere (yatay/düşey, dönme) **yük etkileri** denir. Yapının güvenli olması için yük etkilerine dayanması gerekir. O halde yüklerin doğru belirlenmesi çok önemlidir. Ancak, yüklerin kesin değerlerini bilmek mümkün değildir. Tartıldığı anda 75 kg olan bir kişi, her zaman 75 kg mıdır? Muhtemelen hayır. 1 m³ betonarme betonunun kütlesi agrega cinsine, donatının az-çok olmasına, sıkıştırma kalitesine bağlı olarak az yada çok değişir; kesin bir değer vermek mümkün değildir. Deprem, rüzgâr, kar gibi doğa olaylarından kaynaklanan yükler de önceden tam doğru olarak bilinemez. Geçmişte olmuş deprem bilgileri, kar ve rüzgâr meteorolojik ölçümleri istatistiksel olarak değerlendirilir doğruya en yakın ve **olası** yükler belirlenir. Bu yolla belirlenmiş yükler yönetmeliklerde verilir. Yönetmeliklerde verilmiş, doğruya en yakın fakat **olası** yüklerle **karakteristik yükler** denir. Farklı tipteki her yükün G, Q, E, W, H ve T ile gösterilen simgesi vardır. Karakteristik yük tipleri ve simgeleri aşağıda verilmiştir:

Simgesi G

Kalıcı (sabit, zati, öz, ölü) yükler: Yapı elemanlarının kendi yükleridir. Yeri ve şiddeti zamanla değişmeyen statik yüküdür.

- Çatı ağırlığı
- Tesisat ağırlığı(Aydınlatma, havalandırma, ısıtma, soğutma, kedi yolları, asma tavan,...)
- Döşeme ağırlığı (döşeme betonu+tesviye betonu+kaplama+sıva).
- Kiriş ağırlığı
- Duvar ağırlığı (dolgu malzemesi+bağlama harcı+sıva, yalıtım, kaplama)
- Kolon ağırlığı

Simgesi Q

Hareketli yükler: Yapı elemanına zaman zaman etkiyen, yeri ve şiddeti zaman zaman değişen statik yüklerdir.

- Eşya yükleri
- İnsan yükleri
- Kar yükü

Düşey yükler

Simgesi E

Yatay yükler: Yapıya yatay olarak etkidiği varsayılan statik veya dinamik yüklerdir.

Simgesi W

•Deprem yükü

Simgesi H

•Rüzgâr yükü

•Toprak itkisi

•Sıvı yükü

Yatay yükler

Simgesi T

Diğer yükler: Yukarıdaki yük tipleri dışında kalan yüklerdir.

- Sıcaklık farkından oluşan yük
- Büzülme ve sünmeden oluşan yük
- Farklı oturmalarından oluşan yük
- Buz yükü
- Patlama yükü, dalga yükü, montaj yükü

Diğer yükler

NOT:

Karakteristik yük, yük etkileri, yük birleşimleri, tasarım etkileri, karakteristik dayanım, malzeme katsayıları, tasarım dayanımı, taşıma gücü

gibi tanımlar öğrenci için yenidir. Sadece betonarme derslerinde değil, meslek yaşamı boyunca kullanmak zorundadır. Bu nedenle iyi kavranması gerekir.

Karakteristik yüklerin değerleri yönetmeliklerde verilmiştir:

TS 498:2021 , TS ISO 9194:1997 : Kalıcı yükler, hareketli yükler, kar, buz ve rüzgâr yükleri, toprak itkisi.

TBDY-2018: Deprem yükleri **TS EN 1991-1-3** Yapılar üzerindeki etkiler- Kar yükleri

TS 500:2000: Büzülme, sünme, sıcaklık farkı etkileri

Yönetmeliklerde verilmiş yükler karakteristik olduğundan etkileri de karakteristiktir. Yükler, dolayısıyla **yük etkileri** olabildiğince en doğru değerdir, fakat doğruluğu şüphelidir. Yük etkilerinin karakteristik değerleri yerine; hesaplarda **Tasarım etkileri ve yük birleşimleri** kullanılır. Tasarım etkileri; karakteristik etkilerin genelde 1 (bir) den büyük olan **yük katsayıları** ile çarpılması ve birleştirilmesi ile belirlenirler ve elemanların tasarımında(boyutlandırılmasında) kullanılırlar. Birden çok tasarım etkisi vardır. Çünkü yüklerin tümü yapıya aynı anda etkimez, farklı zamanlarda farklı yükler etkir. Bu yolla çok sayıda yük senaryosu oluşturulur, ne zaman hangi yük etkirse etkisin yapının **güvenliği** sağlanmaya çalışılır. TS 500/2000 de tanımlı yük katsayıları ve **yük birleşimleri** (yük senaryoları) aşağıda verilmiştir.

Yalnız düşey yükler için (deprem ve rüzgârın etkin olmadığı durumlarda):

$$F_d = 1.4G + 1.6Q$$

$$F_d = 1.0G + 1.2Q + 1.2T$$

Deprem etkin ise:

$$F_d = 1.4G + 1.6Q$$

$$F_d = 1.0G + 1.2Q + 1.2T$$

$$F_d = 1.0G + 1.0Q + 1.0E$$

$$F_d = 1.0G + 1.0Q - 1.0E$$

$$F_d = 0.9G + 1.0E$$

$$F_d = 0.9G - 1.0E$$

Rüzgâr etkin ise:

$$F_d = 1.4G + 1.6Q$$

$$F_d = 1.0G + 1.2Q + 1.2T$$

$$F_d = 1.0G + 1.3Q + 1.3W$$

$$F_d = 1.0G + 1.3Q - 1.3W$$

$$F_d = 0.9G + 1.3W$$

$$F_d = 0.9G - 1.3W$$

NOT: Sıvı basıncı etkisinin bulunması durumunda , bu etki 1.4 ile çarpılır ve içinde Q etkisi görülen tüm birleşimlere eklenir.

Deprem anında kuvvetli bir rüzgârın da esmesi çok düşük bir olasılıktır. Ekonomik nedenle; bir yapıya aynı anda hem depremin hem de rüzgârın etkimeyeceği varsayılır. Deprem ve rüzgâr yüklerinden hangisi daha elverişsiz ise o dikkate alınır. Türkiye’de normal yapılarda genelde deprem etkin olur. Gökdelen türü yapılarda ve hafif çatılı çelik yapılarda rüzgâr etkileri de önemlidir.

G, Q, E, W, H, T harfleri yük tipinin simgesidir, yükün değeri değildir. Büyük harf yerine küçük harfler de kullanılabilir. **F_d ye tasarım etkisi** denir, karakteristik yük etkilerinin yük katsayıları ile çarpılıp birleştirilmesi ile hesaplanır.

Örnek: Deprem ve rüzgâr etkisinde olmayan bir yapının bir kolonunun bir kesitinde karakteristik sabit yükten 700 kN eksenel, 170 kNm moment, 60 kN kesme kuvveti oluştuğunu; karakteristik hareketli yükten de 300 kN eksenel, 80 kNm moment ve 25 kN kesme kuvveti oluştuğunu varsayalım. Bu durumda:

$$N_g = 700 \text{ kN}, M_g = 170 \text{ kNm}, V_g = 60 \text{ kN} \quad (\text{karakteristik sabit yük etkileri})$$

$$N_q = 300 \text{ kN}, M_q = 80 \text{ kNm}, V_q = 25 \text{ kN} \quad (\text{karakteristik hareketli yük etkileri})$$

Dış yükler ile dengede olan ve hesaplanmış iç kuvvetler

ile gösterilir. Kolonun bu kesitinde tasarım etkileri $F_d = 1.4G + 1.6Q$ birleşiminden hesaplanmalıdır. Çünkü , sadece sabit(G) ve hareketli(Q) yük etkisi vardır, deprem(E), rüzgâr (W) veya diğer yükler(T) etkisi yoktur. Bu nedenle kolonun aynı kesitindeki tasarım etkileri:

$$N_d = 1.4 \cdot 700 + 1.6 \cdot 300 = 1460 \text{ kN}$$

$$M_d = 1.4 \cdot 170 + 1.6 \cdot 80 = 366 \text{ kNm}$$

$$V_d = 1.4 \cdot 60 + 1.6 \cdot 25 = 124 \text{ kN}$$

Dış yükler ile dengede olmayan, günün birinde olabileceği varsayılan ve tasarımda kullanılacak kuvvetler

olarak hesaplanır. Kolonun boyutlandırılmasında bu tasarım değerleri kullanılır, karakteristik yük etkileri kullanılmaz.

TS EN 206-1:2002 ve TS 708:2016 da verilen ve projede öngörülen malzeme (beton, çelik) karakteristik dayanımlarının üretimde tutmama, düşük kalma riski vardır. Bu nedenle hesaplar öngörülen karakteristik dayanımlar ile değil, **tasarım dayanımları** ile yapılır. Tasarım dayanımları karakteristik dayanımların **malzeme katsayısına** bölünmesi ile bulunur. TS500/2000 de tanımlı olan **malzeme katsayıları** 1 (bir) den büyük değerler olduğundan daha küçük dayanımlar ile hesap yapılarak tutmama riski azaltılır, **güvenlik** sağlanmaya çalışılır.

Beton tasarım dayanımı:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}}$$

f_{ck} : betonun karakteristik basınç dayanımı

f_{cd} : betonun basınç tasarım dayanımı

f_{ctk} : betonun karakteristik çekme dayanımı

f_{ctd} : betonun çekme tasarım dayanımı

γ_{mc} : **betonun malzeme katsayısı**

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_{mc}}$$

$\gamma_{mc}=1.5$ yerinde dökülen ve iyi denetlenen betonlar için

$\gamma_{mc}=1.4$ öndöküm (prefabrik) betonlar için

$\gamma_{mc}=1.7$ denetimi iyi yapılamayan betonlar için

Çelik tasarım dayanımı:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{ms}}$$

f_{yk} : çelik karakteristik dayanımı

f_{yd} : çelik tasarım dayanımı

γ_{ms} : çelik malzeme katsayısı

$\gamma_{ms}=1.15$ (her tür çelik için)

Fabrikada üretilen ve prefabrik denilen öndöküm betonlar yerinde(şantiyede) dökülen betonlara nazaran daha iyi denetimlidir. Öndöküm beton için öngörülen karakteristik basınç dayanımının tutma olasılığı daha yüksektir, risk daha düşüktür, malzeme katsayısı $\gamma_{mc}=1.4$ tür. Benzer şekilde; inşaat çeliği betona nazaran daha homojen bir malzeme olduğundan ve fabrikada üretildiğinden dayanımının karakteristik dayanımdan farklı olma olasılığı (riski) betona nazaran çok daha düşüktür. Bu nedenle, çeliğin malzeme katsayısı γ_{ms} betonun malzeme katsayısı γ_{mc} den daha küçük tutulmuştur ve tek bir değeri vardır: $\gamma_{ms}=1.15$. Hesaplarda f_{ck} , f_{ctk} , f_{yk} karakteristik dayanımları kullanılmaz, daha düşük olan f_{cd} , f_{ctd} , f_{yd} tasarım dayanımları kullanılır.

Malzeme katsayılarının seçimi:

γ_{mc} ve γ_{ms} malzeme katsayıları yönetmeliğin mühendise verdiği bir yetkidir, güvenli yapı üretmesine olanak sağlayan önemli bir anahtardır. Peki; bir yapının statik-betonarme projelerini hazırlayacak olan mühendis betonun malzeme katsayısını nasıl seçecektir?

Her tür yapıda ve her çelik sınıfı için: $\gamma_{ms}=1.15$ seçilir.

Yapı prefabrik olarak inşa edilecekse: $\gamma_{mc}=1.4$ seçilir.

Yapı yerinde dökme beton ile inşa edilecekse: Hazır beton kullanılacak ve iyi denetlenebilecek ise $\gamma_{mc}=1.5$, iyi denetlenemeyeceği düşünülen beton için, hazır beton olsa dahi, $\gamma_{mc}=1.7$ seçilir.

Yapı elle veya betonlerle karılan beton ile inşa edilecekse: Beton iyi denetlense dahi, hemen hiçbir zaman, öngörülen kalitede üretilemez, $\gamma_{mc}=1.7$ seçilir. Hatta daha büyük, $\gamma_{mc}=2$ seçilmesi önerilir.

Betonun iyi denetlenip denetlenmeyeceği nasıl belirlenir? Cevabı biraz zorca bir sorudur bu. İnşaat belki bir yıl yada birkaç yıl sonra başlayacaktır, fakat Statik - betonarme projeyi hazırlamak için malzemeye ve katsayılarına karar verilmek zorundadır. Mühendisin elinde sadece mimari vardır. Mimari projeden hareketle, inşaatın nerede yapılacağı(büyük kentte, kasabada, dağ başında), hazır beton temin edilip edilemeyeceği, denetim firması olup olmadığı, yapı sahibi ve muhtemel yapımcı(müteahhit) gibi veriler irdelenerek γ_{mc} nin değeri kararlaştırılabilir. Hazır beton santrali ve denetim firmaları olan büyük kentlerde çoğunlukla $\gamma_{mc}=1.5$ seçilmektedir. **Örnek:** C30/37 ve B 420C ile Eskişehir merkezde inşa edilecek yapıda $\gamma_{mc}=1.5$ seçilirken; aynı yapı bir kasabada(denetim yetersiz) inşa edilecekse $\gamma_{mc}=1.7$ seçilmelidir. Aynı yapı dağ başında şantiye betonu ile üretilecekse öncelikle C30/37 yerine beton sınıfını C25/30 a düşürmek ve $\gamma_{mc}=1.7$ almak uygun olacaktır. Hatta $\gamma_{mc}=2$ belki daha da uygun olur.

Yapı güvenliği kavramı

Yapılar kullanım ömrü boyunca farklı yüklerin etkisindedir. Mühendisin görevi bu yük etkilerine karşı yapıyı **olabildiğince** güvenli kılmaktır. Neden “tam” değil de “olabildiğince”? Çünkü bir takım belirsizlikler ve maliyet yapının “tam” güvenli kılınmasını önler. Az da olsa belli bir risk üstlenilerek güvenlik sağlanmaya çalışılır. Kullanım ömrü boyunca kullanım amacını yerine getirebilen, az yada çok hasar alabilme olasılığı olan fakat toptan geçmeyen yapı güvenli kabul edilir.

Güvenli yapı oluşturmak için:

- Taşıyıcı sistem özenle seçilir.
- Uygun malzeme(beton/çelik) ve malzeme katsayısı seçilir.
- Yapıya etkiyecek yükler özenle belirlenir.
- Karakteristik yük etkileri yerine yük katsayıları ile artırılmış ve yük senaryolarına göre birleştirilmiş tasarım etkileri kullanılır.
- Karakteristik malzeme dayanımları yerine malzeme katsayıları ile azaltılmış tasarım dayanımları kullanılır.
- Yönetmeliklere uyulur. Neticede yönetmelikler yapının güvenli olması için hazırlanmışlardır.
- Hesaplar (statik-dinamik-betonarme) yazılımlar ile bilgisayarda yapılır. Yazılım sonuçları irdelenir, gerekli düzeltmeler yapılır, hesap tekrarlanır.
- Her bir taşıyıcı elemandaki tasarım etkilerinin(moment, kesme, normal kuvvet) elemanın **taşıma gücünü** aşmaması sağlanır.
- Çizim detayları özenle hazırlanır.
- İnşaatın çizimlere uygun yapılmasına özen gösterilir.
- İnşaatın her aşaması sıkı denetime tabi tutulur.



Bu kuş(!) neden birden çok dalı özenle bir araya getirmiş acaba?

Taşıma gücü kavramı ve taşıma gücü açısından yapı güvenliği

Betonarme bir elemanın güvenli olması için onun tasarım dayanımı (**taşıma gücü**) en az o elemandaki tasarım yük etkisi kadar olmalıdır: $R_d \geq F_d$

R_d : Tasarım dayanımı. Moment, kesme kuvveti, aksenal kuvvet v.b. etkilere karşı elemanın gösterebildiği taşıma gücüdür. Nasıl hesaplanacağı ilerideki konularda anlatılacaktır.

F_d : Tasarım yükü etkisi. Karakteristik yüklerden oluşan moment, kesme kuvveti, aksenal kuvvet gibi zorlamaların yük katsayıları ile artırılmış ve birleştirilmiş değeridir.

Bir kirişin tüm yüklerinden oluşan tasarım momenti M_d , kesme tasarım kuvveti V_d , kirişin moment taşıma gücü M_r , kesme taşıma gücü de V_r olsun.

$M_r \geq M_d$ olması durumunda kiriş momente karşı güvenli, aksi halde güvensizdir deriz.

$V_r \geq V_d$ olması durumunda kiriş kesmeye karşı güvenli, aksi halde güvensizdir deriz.

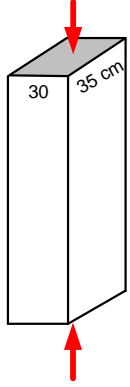
Kirişin güvenli olması için her iki kuvvete karşı da güvenli olması gerekir. Birine karşı güvenli, diğerine karşı güvensiz olması halinde kiriş güvensizdir. Çünkü o kuvvet kirişi kırıyor anlamındadır. Yapının bütünün güvenli olması için her taşıyıcı elemanın güvenli olması gereği açıktır.

Taşıma gücüne **kapasite** de denir. Taşıma gücü kavramı için basit bir örnek verelim: 10 tonluk kamyon, kapasitesi 10 ton olan, yani 10 tona kadar yükü kullanım ömrü boyunca güvenle taşıyabilecek şekilde üretilmiş anlamındadır. Kamyon 10 tondan daha az veya daha fazla yüklenebilir. Taşıma gücü olan 10 ton sınırı ne kadar aşılsa güvenlik o denli azalır. Örneğin, 20 ton yükü belki kısa bir süre taşıyabilecek ve hasar alacaktır. 100 tonluk bir yük anında geçmesine neden olacaktır.

Yapıda da durum tamamen benzerdir. Yapı belli bir taşıma gücü için tasarlanmıştır. Taşıma gücü kısa süre aşılabılır, küçük hasarlar olur-olmaz. Taşıma gücü aşırı aşılsa, diyelim öngörülemediği büyüklükte bir deprem etkisi, ağır hasar alacak belki de geçecektir.

ÖRNEKLER: Karakteristik kuvvet, tasarım kuvveti, karakteristik dayanım, malzeme katsayıları ve tasarım dayanımı

Solda görülen donatısız elemandan C25/30 betonu ile üç adet üretilecektir. Biri öndöküm(prefabrik), diğeri iyi denetimli, bir diğeri de kötü denetimlidir. a) Elemanların beklenen karakteristik kırılma basınç kuvveti nedir? b) 36. sayfadaki sünme deney sonucunu da dikkate alarak, elemanların **güvenle** taşıyabileceği tasarım basınç kuvvetini belirleyiniz.



a) Beklenen karakteristik kırılma basınç kuvveti N:
C25/30 için $f_{ck}=25 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma_c = \frac{N_k}{A_c} = f_{ck} \rightarrow N_k = f_{ck} A_c$$

$$N_k = 25 \cdot 300 \cdot 350$$

$$N_k = 2625 \cdot 10^3 \text{ N} = 2625 \text{ kN}$$

b) Öndökümlü elemanın tasarım kuvveti:
 $f_{ck}=25 \text{ N/mm}^2$, $\gamma_{mc}=1.4$, $f_{cd}=25/1.4=17.86 \text{ N/mm}^2$

Deney sonucuna göre, yükten oluşan beton gerilmesi tasarım dayanımının 0.75 ini aşmamalı (36.sayfadaki deney sonucuna bakınız):

$$\frac{\sigma_c}{f_{cd}} = 0.75 \rightarrow \sigma_c = 0.75 f_{cd}$$

$$\sigma_c = \frac{N_d}{A_c} \leq 0.75 f_{cd} \rightarrow N_d \leq 0.75 f_{cd} A_c$$

$$N_d \leq 0.75 \cdot 17.86 \cdot 300 \cdot 350$$

$$N_d \leq 1406475 \text{ N} \approx 1406.5 \text{ kN}$$

b) İyi denetimli elemanın tasarım kuvveti:
 $f_{ck}=25 \text{ N/mm}^2$
 $\gamma_{mc}=1.5$, $f_{cd}=25/1.5=16.67 \text{ N/mm}^2$

$$N_d \leq 0.75 f_{cd} A_c$$

$$N_d \leq 0.75 \cdot 16.67 \cdot 300 \cdot 350$$

$$N_d \leq 1312.8 \text{ kN}$$

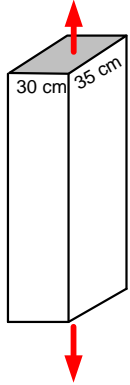
b) Kötü denetimli elemanın tasarım kuvveti:
 $f_{ck}=25 \text{ N/mm}^2$
 $\gamma_{mc}=1.7$, $f_{cd}=25/1.7=14.71 \text{ N/mm}^2$

$$N_d \leq 0.75 f_{cd} A_c$$

$$N_d \leq 0.75 \cdot 14.71 \cdot 300 \cdot 350$$

$$N_d \leq 1161.6 \text{ kN}$$

Solda görülen donatısız elemandan C25/30 betonu ile üç adet üretilecektir. Biri öndöküm(prefabrik), diğeri iyi denetimli, bir diğeri de kötü denetimlidir. a) Elemanların beklenen karakteristik kırılma çekme kuvveti nedir? b) Elemanların **güvenle** taşıyabileceği tasarım çekme kuvvetini belirleyiniz.



Beklenen karakteristik kırılma çekme kuvveti N:
C25/30 için $f_{ctk}=1.75 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma_{ct} = \frac{N_k}{A_c} = f_{ctk} \rightarrow N_k = f_{ctk} A_c$$

$$N_k = 1.75 \cdot 300 \cdot 350$$

$$N_k = 183.75 \text{ kN}$$

b) Öndökümlü elemanın tasarım kuvveti:
 $f_{ctk}=1.75 \text{ N/mm}^2$, $\gamma_{mc}=1.4$
 $f_{ctd}=1.75/1.4=1.25 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma_{ct} \leq \frac{N_d}{A_c} = f_{ctd} \rightarrow N_d \leq f_{ctd} A_c$$

$$N_d \leq 1.25 \cdot 300 \cdot 350$$

$$N_d \leq 131.25 \text{ kN}$$

b) İyi denetimli elemanın tasarım kuvveti:
 $f_{ctk}=1.75 \text{ N/mm}^2$, $\gamma_{mc}=1.5$
 $f_{ctd}=1.75/1.5=1.17 \text{ N/mm}^2$

$$N_d \leq f_{ctd} A_c$$

$$N_d \leq 1.17 \cdot 300 \cdot 350$$

$$N_d \leq 122.85 \text{ kN}$$

b) Kötü denetimli elemanın tasarım kuvveti:
 $f_{ctk}=1.75 \text{ N/mm}^2$, $\gamma_{mc}=1.7$
 $f_{ctd}=1.75/1.7=1.03 \text{ N/mm}^2$

$$N_d \leq f_{ctd} A_c$$

$$N_d \leq 1.03 \cdot 300 \cdot 350$$

$$N_d = 108.1 \text{ kN}$$

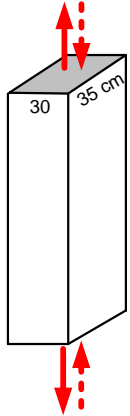
Solda görülen donatısız elemandan C25/30 betonu ile üç adet üretilmiştir. Biri öndöküm(prefabrik), diğeri iyi denetimli, bir diğeri de kötü denetimlidir. Elemanlar bazen basınç bazen de çekme kuvveti etkisinde kalacaktır. Elemanların **güvenle** taşıyabileceği eksenel tasarım kuvvetini belirleyiniz.

Betonun basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşüktür. Elemanlar basınç kuvvetinden değil, çekme kuvvetinden kırılacaktır. Yukarıdaki hesaplanmış değerler dikkate alınarak elemanların güvenle taşıyabileceği eksenel kuvvet:

Öndökümlü eleman için $N_d=131.25 \text{ kN}$

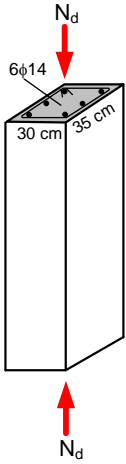
İyi denetimli eleman için $N_d=122.85 \text{ kN}$

Kötü denetimli eleman için $N_d=108.1 \text{ kN}$



ÖRNEKLER: Karakteristik yük, tasarım yükü, karakteristik dayanım, malzeme katsayıları ve tasarım dayanımı

Solda görülen eleman donatılı olarak C25/30 betonu ve B500C çeliği ile iyi denetimli bir şantiyede üretilmiştir. Kesitte 6φ14 boyuna donatı vardır. Bu elemanın **güvenle** taşıyabileceği aksel tasarım basma kuvvetini belirleyiniz. Betonarme kolonlarda beton ve çelik donatı kenetlenme sayesinde birbirlerine kuvvet aktarmaktadır. Elemanın taşıyacağı nihai kuvvet, deneysel olarak da oldukça hassas bir şekilde belirlenebilmektedir. Deney katsayısı yönetmelikte 0.85 dir.



$$N_d \leq \underbrace{0.85}_{\text{Deney katsayısı}} \cdot (A_c - A_s) f_{cd} + \underbrace{A_s f_{yd}}_{\text{Çeliğin karşıladığı kuvvet}}$$

↓
Betonun karşıladığı kuvvet

olmalıdır.

$$A_c = 300 \cdot 350 = 105 \cdot 10^3 \text{ m m}^2$$

$$A_s = 924 \text{ m m}^2 \quad (6\phi 14 \text{ çubuğun toplam kesitalanı})$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{mc}} = \frac{25}{1.5} = 16.67 \text{ N /m m}^2$$

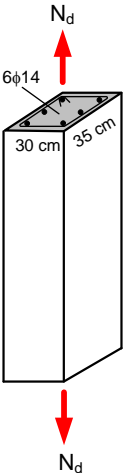
$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{ms}} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ N /m m}^2$$

$$N_d \leq 0.85 \cdot (105 \cdot 10^3 - 924) \cdot 16.67 + 924 \cdot 434.78$$

$$N_d \leq 1889.5 \text{ kN}$$

TS500'e göre nihai (göçme) aksel kuvvet değeri

$$N_k \leq 0.85 \cdot f_{ck} (A_c - A_s) + A_s f_{yk}$$



Solda görülen eleman donatılı olarak C25/30 betonu ve B500C çeliği ile iyi denetimli bir şantiyede üretilmiştir. Kesitte 6φ14 boyuna donatı vardır. Elemanın **güvenle** taşıyabileceği aksel tasarım çekme kuvvetini belirleyiniz.

Beton çekme kuvveti alamayacak, çatlayacaktır. Çekme kuvvetini sadece çelik çubuklar karşılamak zorundadır:

$$N_d \leq A_s f_{yd}$$

$$A_s = 924 \text{ mm}^2$$

$$f_{yd} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ N/mm}^2$$

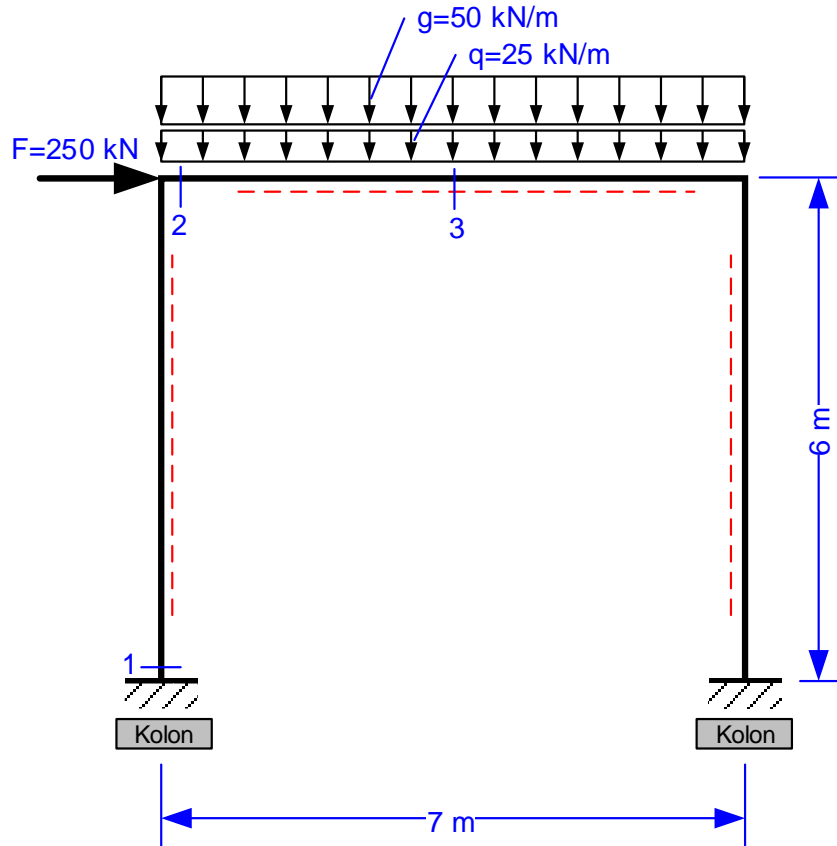
$$N_d \leq 924 \cdot 434.78$$

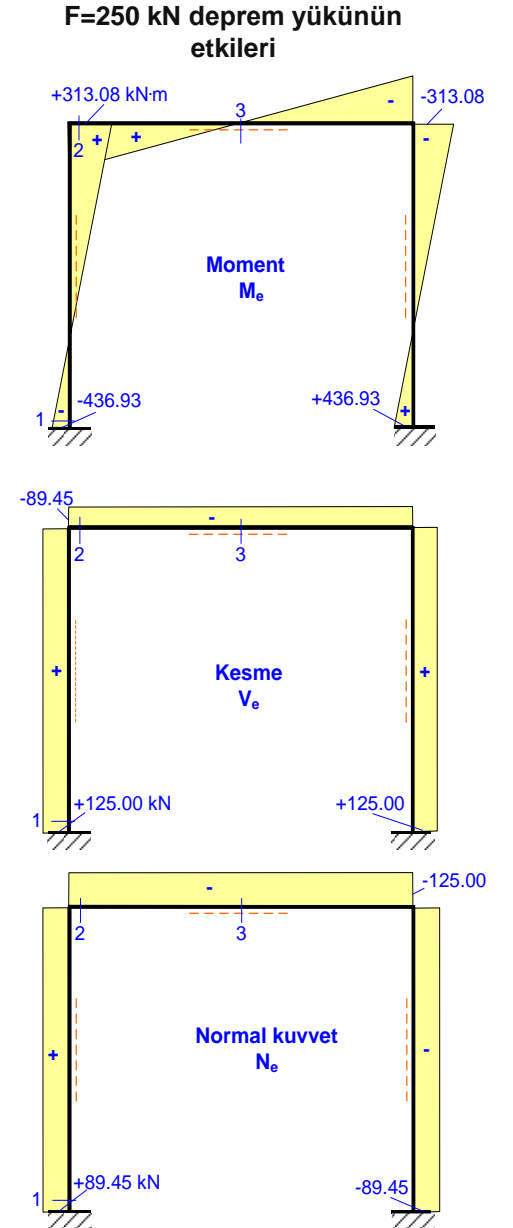
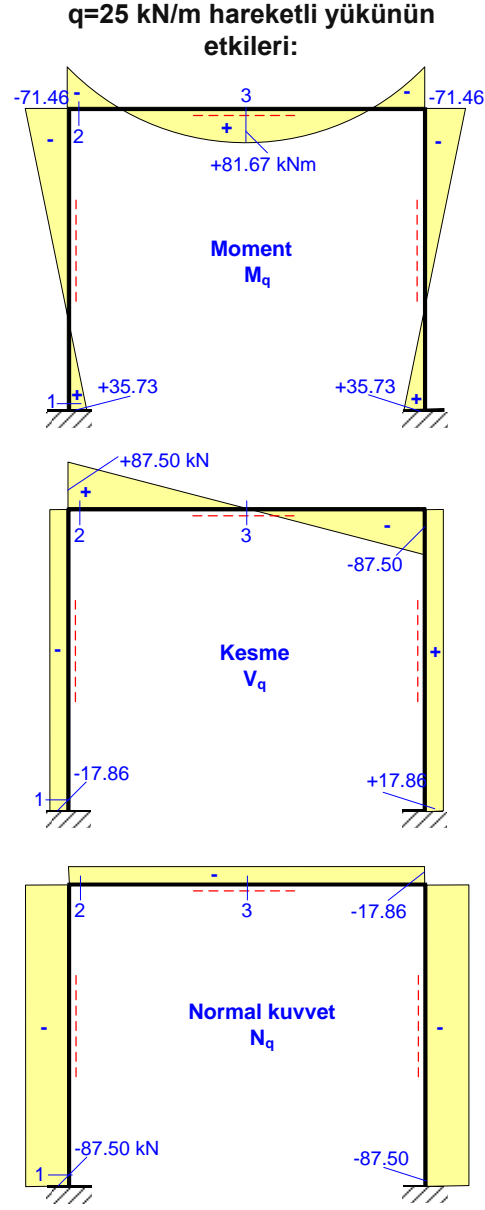
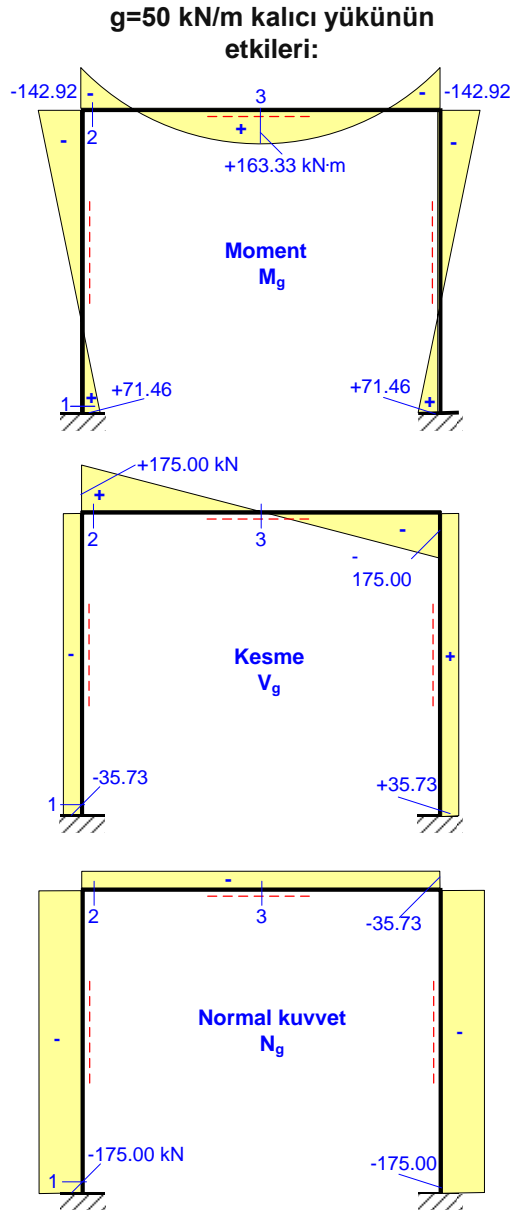
$$N_d \leq 401.7 \text{ kN}$$

ÖRNEK: Yük etkileri, yük katsayıları, yük birleşimleri, tasarım etkileri

Aşağıda verilen çerçeve C30/37 betonu ile inşa edilecektir. Kolon ve kirişler 30/70 cm boyutundadır. Yükler karakteristiktir. g kalıcı, q hareketli ve F deprem yüküdür. Her yüke ait moment, kesme ve normal kuvvet diyagramı verilmiştir. Statik hesaplarda kiriş ve kolonların çekme olduğu varsayılan tarafları kesikli çizgi ile gösterilmiştir.

- Çerçevenin 1, 2 ve 3 noktalarındaki tasarım momentlerini bulunuz.
- 1 ve 2 noktalarındaki tasarım kesme kuvvetlerini bulunuz.
- 1 noktasındaki tasarım normal kuvvetlerini bulunuz.
- 2 ve 3 noktalarında hesaplanan tasarım momentlerinden hangileri betonarme hesaba (boyuna donatı hesabına) esas alınmalı ve bunlar için hesaplanan donatı kirişin hangi tarafına konmalıdır ?
- 2 noktasında hesaplanan tasarım kesme kuvvetlerinden hangisi betonarme hesaba (sargı donatısı hesabına) esas alınmalıdır ?





Sistemde sadece G (kalıcı), Q (hareketli) ve E (deprem) etkileri vardır. T (diğer) ve W (rüzgar) etkiler yoktur. Bu nedenle; depremin etkin olması durumuna ait

$$F_d=1.4G + 1.6Q$$
$$F_d=1.0G + 1.0Q + 1.0E$$
$$F_d=1.0G + 1.0Q - 1.0E$$
$$F_d=0.9G + 1.0E$$
$$F_d=0.9G - 1.0E$$

yük birleşimleri kullanılarak tasarım kuvvetleri bulunacaktır.

a) Tasarım momentleri:

1 noktasında tasarım momentleri:

$$M_d=1.4 \cdot 71.46 + 1.6 \cdot 35.73 = +157.21 \text{ kN}\cdot\text{m}$$
$$M_d=71.46 + 35.73 + (-436.93) = -329.74 \text{ "}$$
$$M_d=71.46 + 35.73 - (-436.93) = +544.12 \text{ "}$$
$$M_d=0.9 \cdot 71.46 + (-436.93) = -372.62 \text{ "}$$
$$M_d=0.9 \cdot 71.46 - (-436.93) = +501.24 \text{ "}$$

2 noktasında tasarım momentleri:

$$M_d=1.4 \cdot (-142.92) + 1.6 \cdot (-71.46) = -314.42 \text{ kN}\cdot\text{m}$$
$$M_d=-142.92 - 71.46 + 313.08 = +98.70 \text{ "}$$
$$M_d=-142.92 - 71.46 - 313.08 = -527.46 \text{ "}$$
$$M_d=0.9 \cdot (-142.92) + 313.08 = +184.45 \text{ "}$$
$$M_d=0.9 \cdot (-142.92) - 313.08 = -441.71 \text{ "}$$

3 noktasında tasarım momentleri:

$$M_d=1.4 \cdot 163.33 + 1.6 \cdot 81.67 = +359.33 \text{ kN}\cdot\text{m}$$
$$M_d=163.33 + 81.67 + 0 = +245.00 \text{ "}$$
$$M_d=163.33 + 81.67 - 0 = +245.00 \text{ "}$$
$$M_d=0.9 \cdot 163.33 + 0 = +147.00 \text{ "}$$
$$M_d=0.9 \cdot 163.33 - 0 = +147.00 \text{ "}$$

b) Tasarım kesme kuvvetleri:

1 noktasında tasarım kesme kuvvetleri:

$$V_d=1.4 \cdot (-35.73) + 1.6 \cdot (-17.86) = -78.60 \text{ kN}$$
$$V_d=-35.73 - 17.86 + 125.00 = +71.41 \text{ "}$$
$$V_d=-35.73 - 17.86 - 125.00 = -178.59 \text{ "}$$
$$V_d=0.9 \cdot (-35.73) + 125.00 = +92.84 \text{ "}$$
$$V_d=0.9 \cdot (-35.73) - 125.00 = -157.16 \text{ "}$$

2 noktasında tasarım kesme kuvvetleri:

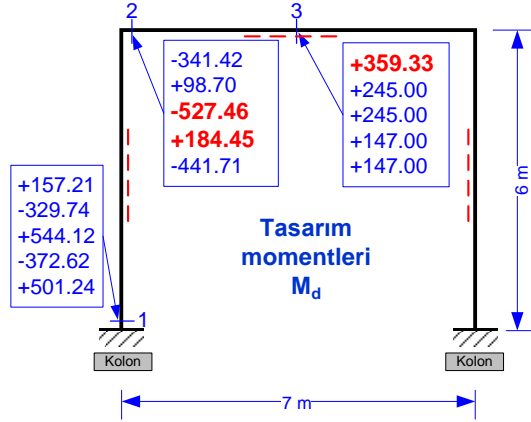
$$V_d=1.4 \cdot 175.00 + 1.6 \cdot 87.50 = +385.00 \text{ kN}$$
$$V_d=175.00 + 87.50 + (-89.45) = +173.05 \text{ "}$$
$$V_d=175.00 + 87.50 - (-89.45) = +351.95 \text{ "}$$
$$V_d=0.9 \cdot 175.00 + (-89.45) = +68.05 \text{ "}$$
$$V_d=0.9 \cdot 175.00 - (-89.45) = +246.95 \text{ "}$$

c) Tasarım normal kuvvetleri:

1 noktasında tasarım normal kuvvetleri:

$$N_d=1.4 \cdot (-175.00) + 1.6 \cdot (-87.50) = -385.00 \text{ kN}$$
$$N_d=-175.00 - 87.50 + 89.45 = -173.05 \text{ "}$$
$$N_d=-175.00 - 87.50 - 89.45 = -351.95 \text{ "}$$
$$N_d=0.9 \cdot (-175) + 89.45 = -68.05 \text{ "}$$
$$N_d=0.9 \cdot (-175) - 89.45 = -247.00 \text{ "}$$

d) 2 ve 3 noktasında betonarme (boyuna donatı) hesabına esas alınacak tasarım momentleri:



Her noktada, örneğin 2 noktasında, 5 farklı tasarım momenti hesaplanmıştır. Bunlar bu noktada yüklerden oluşan gerçek moment değildir! Ancak, her birinin olma **olasılığı** vardır!. Gün olur biri, gün olur bir diğeri **oluşabilir**. Hiçbiri oluşmayabilir de! Oluşursa, kiriş bu momente dayanabilmelidir.

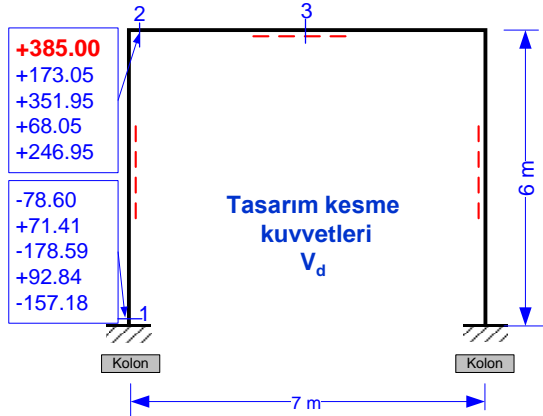
Pozitif momentler, etkidiği noktada, kirişin kesik çizgili tarafına, negatif momentler de diğer tarafına çekme uygulamaktadır.

Kirişin **pozitif** momentlerinden mutlak değerce en büyük olanı kirişin **alt tarafına** konulacak boyuna donatının hesabına; **negatif** momentlerden mutlak değerce en büyüğü de kirişin **üst tarafına** konulacak boyuna donatının hesabına esas alınmalıdır.

2 noktasında: Bu noktada $M_d = +184.45$ kN-m momenti için hesaplanan boyuna donatı kirişin **alt tarafına**; $M_d = -527.46$ kN-m için hesaplanan donatı da kirişin **üst tarafına** konmalıdır.

3 noktasında: Bu noktada $M_d = +359.33$ kN-m momenti için hesaplanan donatı kirişin **alt tarafına** konmalıdır. Bu noktada negatif moment olmadığından **üst tarafa donatı gerekmez**, momentin oluşturacağı basınç kuvvetini beton alır. Ancak, yönetmeliklerin ön gördüğü kadar **minimum montaj donatısı konulmalıdır**.

e) 2 noktasında kesme (sargı donatısı) hesabına esas alınacak tasarım kesme kuvveti



Kesme kuvvetinin işareti betonarme hesabın sonucunu değiştirmez. Mutlak değerce en büyük kesme kuvveti betonarme hesaba esas alınır.

2 noktasında: $V_d = +385.00$ kN kesme kuvveti betonarme hesaba (sargı donatısı hesabına) esas alınmalıdır.

NOT: 1 noktasında hesaplanan tasarım kuvvetleri burada yorumlanmamıştır. Bunun nedeni kolonların davranışının henüz incelenmemiş olmasıdır. Kolonlarda durum daha da karmaşıktır. Kolonların davranışı ele alındıktan sonra konuya dönülecektir.

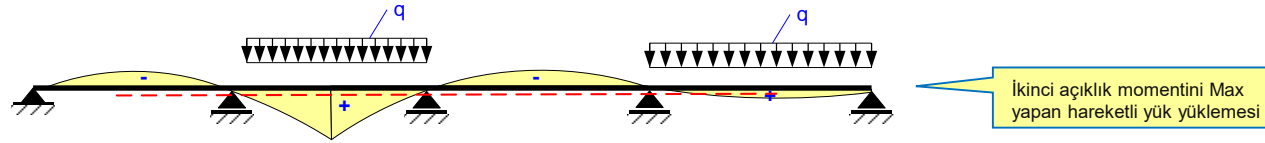
Hareketli yük düzenlemesi

... Hareketli yük elemanda en elverişsiz kesit zorlamalarını yaratacak biçimde düzenlenecektir (TS 500:2000, madde 6.3.3).

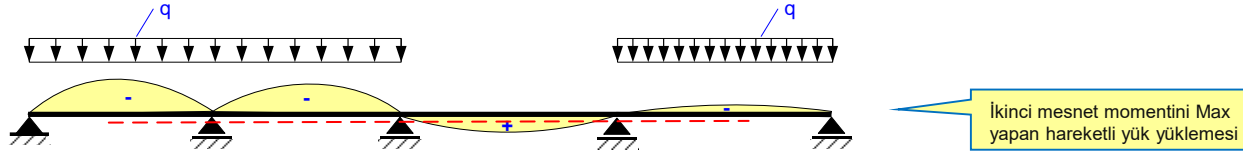
SÜREKLİ KİRİŞLERDE:

Hareketli yük; tasarım etkileri araştırılan kesitte en büyük zorlamayı oluşturacak şekilde kirişe yüklenir. Sürekli kiriş tesir çizgileri görünümüne bakılarak; hareketli yük hangi açıklıklara yüklendiğinde en büyük etkinin oluşacağı belirlenebilir (dama yüklemesi).

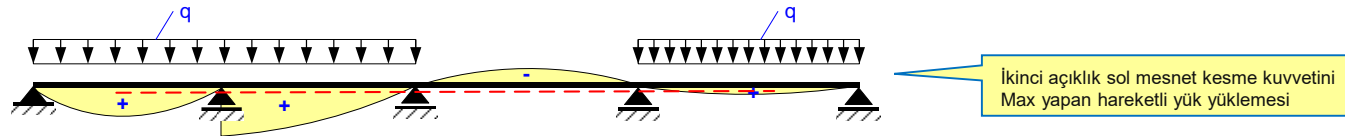
Açıklık momentini en büyük yapan yükleme: En büyük momenti aranan açıklık q ile yüklenir. Komşu açıklıklar bir boş bir dolu (q ile) olarak düzenlenir.



Mesnet momentini en büyük yapan yükleme: En büyük momenti aranan mesnedin sağ ve sol açıklığı q ile yüklenir. Diğer açıklıklar bir boş bir dolu (q ile) olarak düzenlenir.



Mesnet kesme kuvvetini en büyük yapan yükleme: En büyük kesme kuvveti aranan mesnedin sağ ve sol açıklığı q ile yüklenir. Diğer açıklıklar bir boş bir dolu (q ile) olarak düzenlenir.



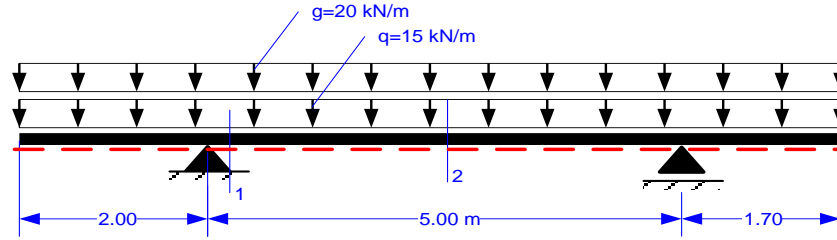
ÇOK KATLI ÇOK AÇIKLIKLI ÇERÇEVELERDE:

Gerçekte el hesabı yapılamayacak kadar farklı yükleme durumu vardır. Ancak, yeter doğrulukta sonuç veren beş farklı yükleme ile yetinilebilir (ERSOY/ÖZCEBE, Sayfa 176).

Aşağıdaki sürekli kirişte g sabit, q hareketli karakteristik yüklerdir.

- 1 ve 2 noktalarındaki tasarım momentini,
- 1 noktasındaki tasarım kesme kuvvetini

belirleyiniz.



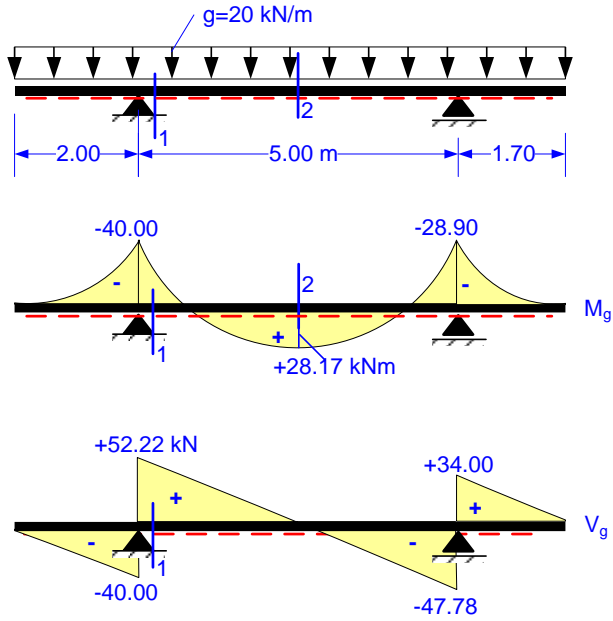
ÇÖZÜM:

Çözüm için aşağıdaki yüklemeler ayrı ayrı yapılmalıdır:

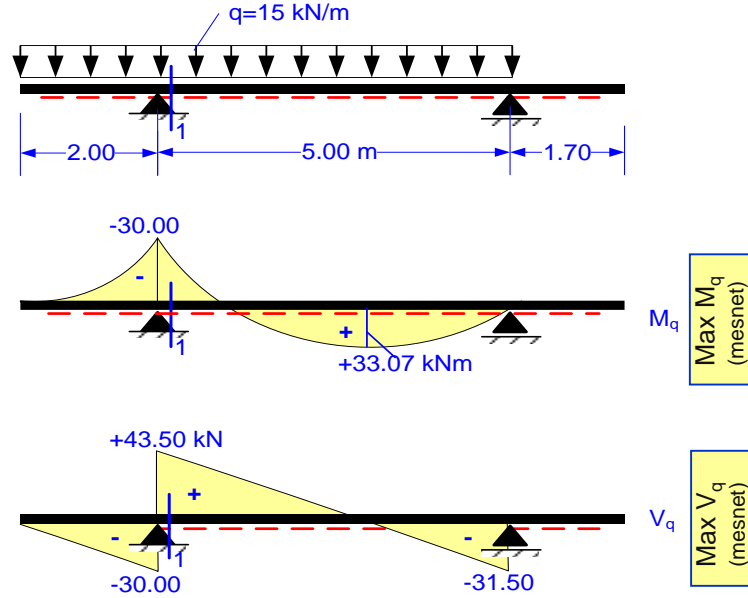
- Sistemin tüm açıklıkları g ile yüklenir. Moment ve kesme diyagramları çizilir.
- 2 noktasındaki açıklık momentini en büyük yapan q yüklemesi yapılır: Orta açıklık q ile yüklü, konsollar boş. Bu yüklemeden hareketli yükün 2 noktasında oluşturduğu en büyük moment belirlenir.
- 1 noktasındaki mesnet momentini en büyük yapan q yüklemesi yapılır: Orta açıklık q ile yüklü, sol konsol q ile yüklü, sağ konsol boş. Bu yüklemeden hareketli yükün 1 noktasında oluşturduğu en büyük moment belirlenir.
- 1 noktasındaki kesme kuvvetini en büyük yapan q yüklemesi yapılır: Orta açıklık q ile yüklü, sol konsol q ile yüklü, sağ konsol boş. Bu yüklemeden hareketli yükün 1 noktasında oluşturduğu en büyük kesme kuvveti belirlenir.

Sağ konsol, sol konsoldan daha kısadır. Sağ mesnet moment ve kesme kuvvetleri 1 noktasında hesaplanacak olanlardan daha küçük olacaktır. Bu nedenle sağ mesnet etkileri için q yüklemesine gerek yoktur.

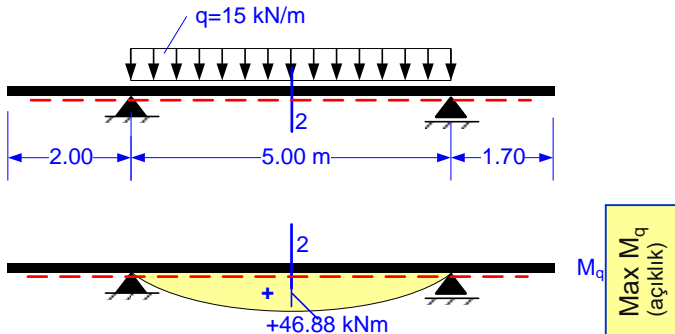
Sabit yük g yüklemesi:



1 noktasında max M ve Max V oluşturan q yüklemesi:



2 noktasında max M oluşturan q yüklemesi:



1 noktasında tasarım momenti:

$$M_d = 1.4 \cdot (-40.00) + 1.6 \cdot (-30.00) = -104.00 \text{ kNm}$$

1 noktasında tasarım kesme kuvveti:

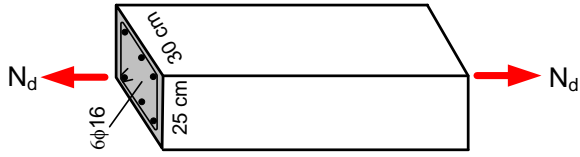
$$V_d = 1.4 \cdot 52.22 + 1.6 \cdot 43.50 = +142.71 \text{ kN}$$

2 noktasında tasarım momenti:

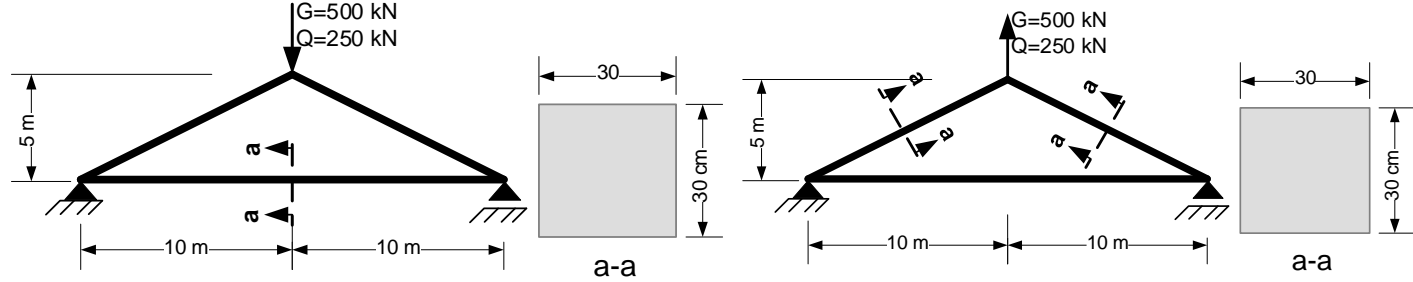
$$M_d = 1.4 \cdot 28.17 + 1.6 \cdot 46.88 = +114.45 \text{ kNm}$$

Sorular

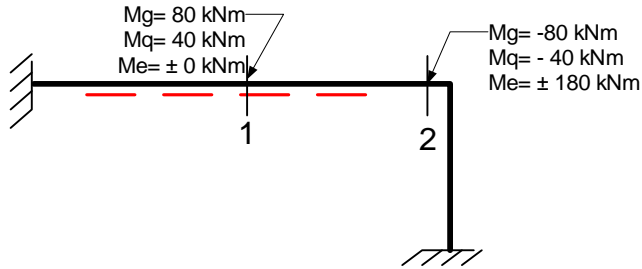
7. Aşağıda verilen eleman C30/37 betonu ve B500C çeliği ile hazırlanmıştır. Elemanda $6\Phi 16$ boyuna çelik bulunmaktadır. Çelik birim uzamasının $\epsilon_s=0.001$ i aşmaması istenmektedir. N_d aksel çekme kuvveti en çok ne kadar olabilir?



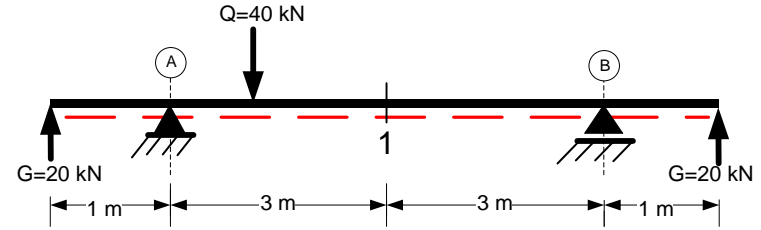
8. Şekilde görülen **betonarme** kafes kiriş C35/45 betonu ve B 420C çeliği ile Eskişehir merkezde inşa edilecektir. Verilen yükleri **güvenle** taşıyabilmesi için a-a kesitine konulması gereken donatı alanı ne olmalıdır. Uygun çelik çubukları seçerek kesiti çiziniz



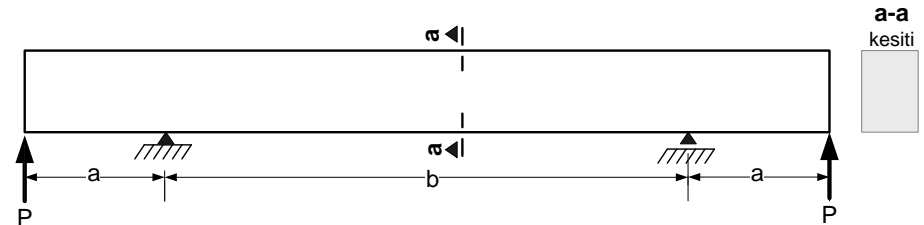
9. Aşağıda görülen çerçevenin 1 ve 2 noktadaki moment etkileri verilmiştir. Bu noktadaki tasarım momentlerini bulunuz, hangileri için kirişin hangi tarafına donatı konulacağını yazınız.



10. Aşağıda verilen kiriş G sabit, Q hareketli tekil yük etkisindedir, başkaca yük yoktur. Hareketli yük sadece A-B arasında hareket edebilmektedir. 1 nolu kesitteki tasarım momentini bulunuz.



11. Sağda görülen konsollu kirişin P yükü için kesme ve moment diyagramını çiziniz. Kirişin muhtemel çatlaklarını ve ezilme noktalarını gösteriniz. Çatlakları önlemek için önereceğiniz donatıları ve açılımını çiziniz.



12. Depremin etkin olması durumunda tasarım etkileri sağdaki birleşimlerden belirlenir. İlk üç birleşimde yük etkilerinin katsayıları en az 1(bir) dir ve Q etkisi vardır. Son bağıntıda Q etkisi yoktur, neden? Ayrıca G etkisinin katsayısı 1(bir) den küçüktür, neden?

$$F_d = 1.4G + 1.6Q$$

$$F_d = G + 1.2Q + 1.2T$$

$$F_d = G + Q \mp E$$

$$F_d = 0.9G \mp E$$

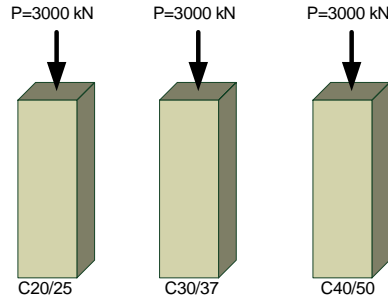
13. TS 500:2000 yönetmeliğinde tanımlı betonların gerilme-birim kısalma eğrilerini aynı $\sigma_c - \epsilon_c$ koordinat eksen takımında karşılaştırmalı olarak çiziniz.

14. TS 708:2016 yönetmeliğinde tanımlı betonarme çeliklerinin(hasır donatı çelikleri hariç) gerilme-birim uzama eğrilerini aynı $\sigma_s - \epsilon_s$ koordinat eksen takımında karşılaştırmalı olarak çiziniz.

15. Kesit boyutları, malzemesi(beton, çelik), boyuna donatı düzeni ve miktarı aynı olan K1, K2 ve K3 adlı kolonlar aynı koşullarda imal edilmişlerdir. Farklı olan etriye çap ve adımları aşağıda verilen bu kolonların gerilme-kısalma eğrilerini aynı $\sigma_c - \epsilon_c$ koordinat eksen takımında karşılaştırmalı olarak çiziniz.

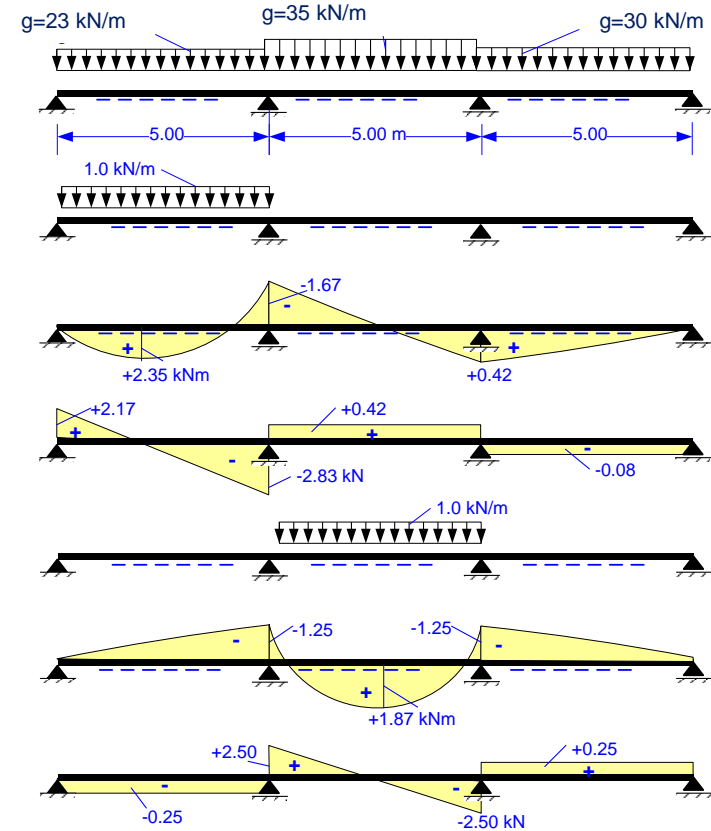
Kolon	Etriye çapı (mm)	Etriye adımı (mm)
K1	10	200
K2	8	200
K3	10	150

16. Aşağıda görülen beton kolonların kesitleri 400x400 mmxmm dir ve C20/25, C30/37 ve C40/50 betonları ile üretilmişlerdir. Sabit eksenel P kuvveti ile yüklenen bu kolonların kırılma riski var mıdır, kırılırsa hangileri ve yaklaşık ne kadar zaman sonra kırılır?

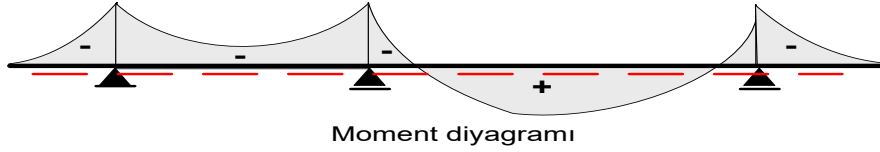


17. Bir beton numune üretildikten sonra 1 ay suda, 3 ay kuru havada, 3 ay suda ve sonra sürekli kuru havada tutuluyor. Ayrıca 7. ay sabit bir yükte yükleniyor. Bu numunenin kısalma-zaman diyagramını tahmini olarak çiziniz.

18. Üç açıklıklı simetrik bir kirişin 1.0 kN/m lik açıklık yüklerine ait moment ve kesme diyagramları sağda bilgi olarak verilmiştir. Kiriş şekilde gösterilen g sabit (karakteristik) ve $q=28$ kN/m hareketli (karakteristik) yüklerini taşıyacaktır. Sabit yükün açıklıklarda olması veya olmaması durumlarını dikkate alarak aşağıdaki şıkları cevaplayınız. a) Hangi açıklıkta en büyük tasarım momenti oluşur, değeri nedir? b) Hangi mesnette en büyük tasarım momenti oluşur, değeri nedir? c) Hangi açıklıkta en büyük tasarım kesme kuvveti oluşur, değeri nedir?

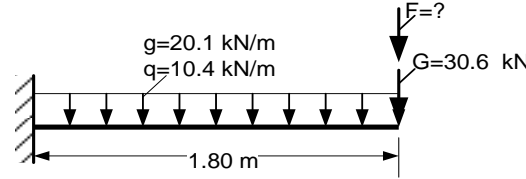


19. Sürekli bir kirişin moment diyagramının görünümü verilmiştir. Kirişte oluşabilecek çatlakları çiziniz. Betonun ezilebileceği noktaları gösteriniz. Kiriş için donatı öneriniz.

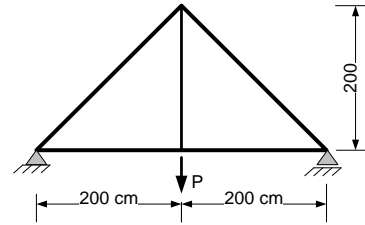


20. Sağdaki konsol kirişte yükler karakteristiktir. G ve g sabit, q hareketli ve F deprem kuvvetidir. Deprem kuvveti düşey yüklerin toplamının %40 dır. Mesnetteki

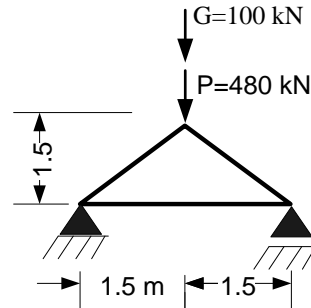
a) Tasarım momentlerini hesaplayınız. b) Tasarım kesme kuvvetlerini hesaplayınız. c) Tasarım momentlerinden hangisine göre hesaplanan boyuna donatı kirişin hangi tarafına konmalıdır? d) Hangi tasarım kesme kuvveti etriye hesabında kullanılmalıdır.



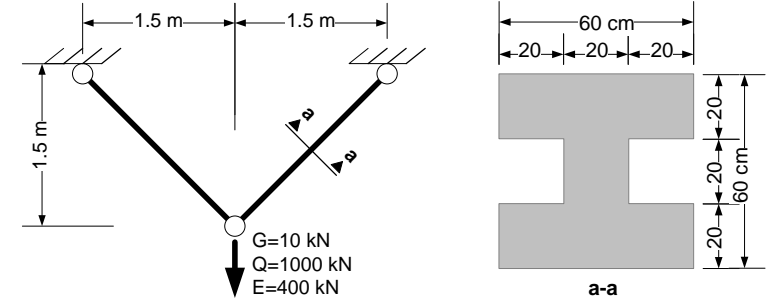
21. Sağda görülen kafes-kiriş sistem C30/37 betonundan donatısız imal edilmiştir. Elemanların kesitleri 300x300 mmxmm dir. P sabit yüküdür. Sistemin güvenle taşıyabileceği en büyük P yükünü belirleyiniz.



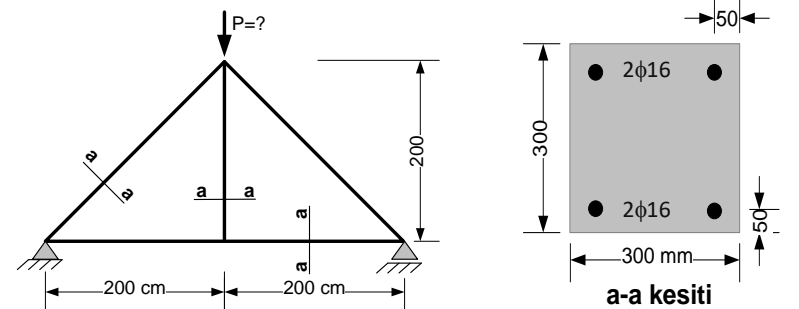
22. Sağda görülen kafes sistemde elemanlar 400 mmx400 mm boyutundadır. G sabit, P hareketli karakteristik yüküdür. Yatay elemana konulması gereken donatıyı hesaplayınız ve bu elemanın kesitini çiziniz. Malzeme C30/37-B420C, şantiye denetimi iyidir.



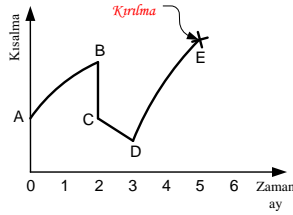
23. İyi denetimli bir şantiyede üretilecek betonarme kafes sistem ve eleman kesiti sağda verilmiştir. G sabit, Q hareketli E deprem yüküdür. Sistemin bu yükleri güvenle taşınabilmesi için gerekli donatıyı hesaplayınız ve kesiti çiziniz. $\phi 10$ konstrüktif etriye kullanınız. Malzeme: C35/45 ve B420C, beton örtüsü: 5 cm



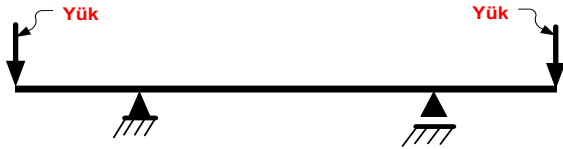
24. Aşağıda görülen kafes-kiriş sistem C30/37-B420C malzemesi ile iyi denetimli bir şantiyede imal edilmiştir. Tüm elemanların kesit ve donatıları aynıdır. Elemanların kendi ağırlığı ihmal edildiği varsayılarak sistemin güvenle taşıyabileceği en büyük P yükünü belirleyiniz.



25. Bir beton numuneye ait kısılma-zaman diyagramı verilmiştir. A, B, C ve D noktalarında kısılmanın artması veya azalmasının nedeni ne olabilir? Numune neden kırılmıştır? Kısaca açıklayınız.



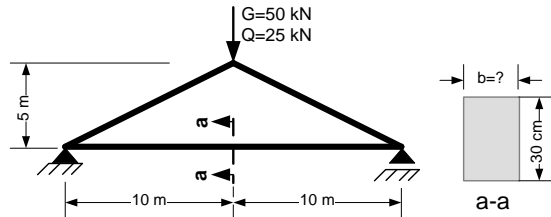
26. Dikdörtgen kesitli kirişin şekilde görülen yük etkisindedir. Kirişin muhtemel çatlaklarını ve ezilme noktalarını gösteriniz. Çatlakları önlemek için önereceğiniz donatıları ve açılımını çiziniz.



27. Bir inşaatta CEM I 32.5 N çimentosu ile beton dökülmüş, ertesi gün yağmur yağmaya başlayarak 30 gün süreyle devam etmiş, bu sürede hava sıcaklığı da 20^o C civarında seyretmiştir.

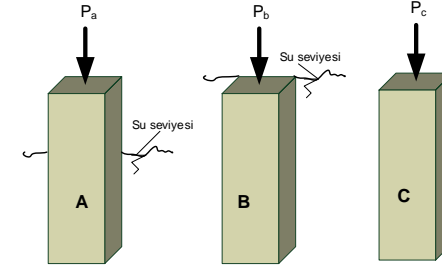
- Betona kür yapılması gerekir mi?
- Büzülme olur mu?
- Sünme olur mu?
20. gün sonunda, yedek dikmeler dahil, tüm iskele-kalıp sökülebilir mi?

28. Şekilde görülen beton kafes kiriş C35/45 betonunu ile Eskişehir merkezde inşa edilecektir. Verilen yükleri **güvenle** taşıyabilmesi için a-a kesitinin genişliği en az ne olmalıdır.



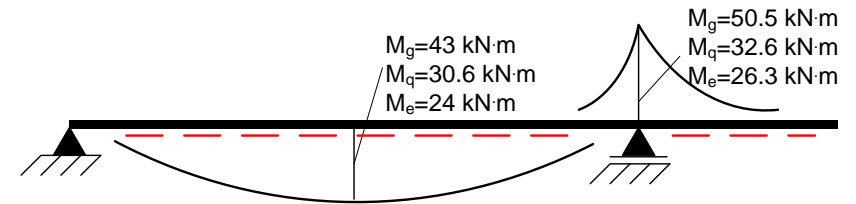
29. Sağda görülen A, B ve C kolonları aynı kesitli, aynı malzeme ve özenle ile üretilmiştir. A kolonu kısmen, B kolonu tamamen su içindedir. C kolonu su seviyesi üstündedir. P_a, P_b ve P_c yükleri kolonlar kırılıncaya kadar yavaş yavaş artırılmaktadır.

- Teorik olarak, kolonların beklenen kırılma **sırası** nedir (P_a, P_b, P_c kırılma yüklerinden hangisi en büyük/en küçüktür)
- Hangi kolonun hangi noktalarında **öncelikle** kırılma beklenir.

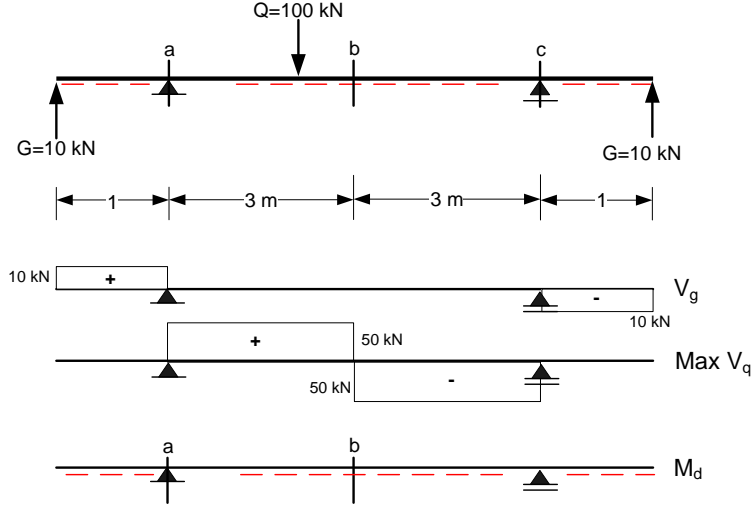


30. Hazır beton temin edilemeyen bir şantiyedesiniz, bir katın beton karışımını hazırlamanız gerekiyor. İnşa edeceğiniz yapının projesinde malzeme C25/30, S 420, kiriş ve kolonların en küçük boyutları 250 mm, donatı aralıkları 25 mm, döşeme kalınlıkları 100 mm, net beton örtüsü 30 mm olarak gösterilmiştir. Şantiyenizde her tür agrega (ince kum, kalın kum, çakıl) ve uygun su olduğu varsayımıyla karışım reçetesi hazırlayınız.

31. Bir kirişin yük etkileri aşağıda verilmiştir. Çekme donatısı hesabında kullanılacak tasarım momentlerini belirleyiniz. Hangi tasarım momenti için donatı kirişin hangi tarafına konmalıdır?

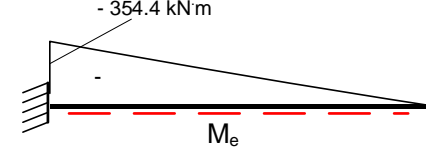
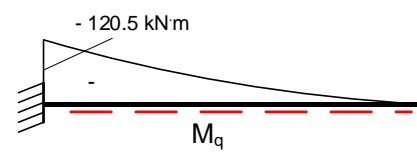
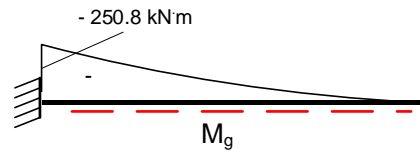
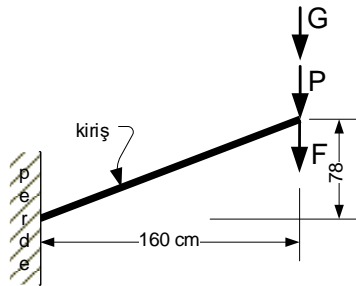


32. Sağdaki kirişte G karakteristik sabit, Q karakteristik hareketli yüküdür. Q yükü a ve c noktaları arasında gezmektedir. Bu yüklere ait V_g ve V_q kesme etkileri verilmiştir. Kirişin a ve b noktalarındaki tasarım momentlerini belirleyiniz ve donatının kirişin hangi tarafına konulacağını yazınız.

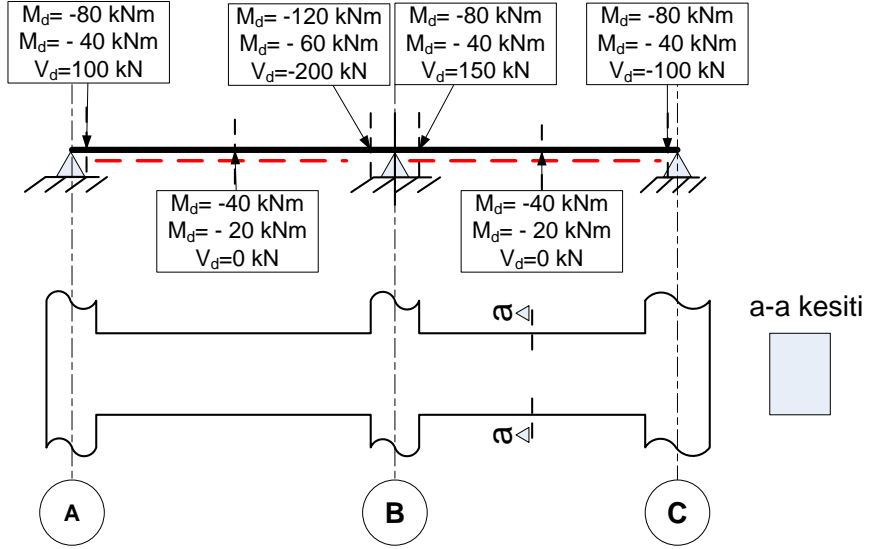


33. Bir kenarı 30 cm olan ve 2000 kN eksenel yük taşıması gereken dikdörtgen kesitli bir kolon C25/30 betonu ile üretilmek isteniyor. Kolonun sünme nedeniyle kırılmaması için diğer kenarı en az ne kadar olmalıdır?

34. Rijit bir perdeye ankastre mesnetlenmiş betonarme bir konsol inşa edilecektir. $G=5$ kN, $P=10$ kN, $F=4$ kN konsolun ucuna etkiyen sırasıyla sabit hareketli ve deprem kuvvetleridir. Mesnet noktasındaki tasarım moment ve kesme kuvvetlerini hesaplayınız.



35. Aşağıda görülen kirişin açıklık ve mesnet noktalarındaki moment ve kesme tasarım etkileri verilmiştir. Kirişe donatı yerleştiriniz, donatı açılımını veriniz. Her donatının hangi tasarım kuvvetini karşılamak için konduğunu çizim üzerinde çok kısa belirtiniz.



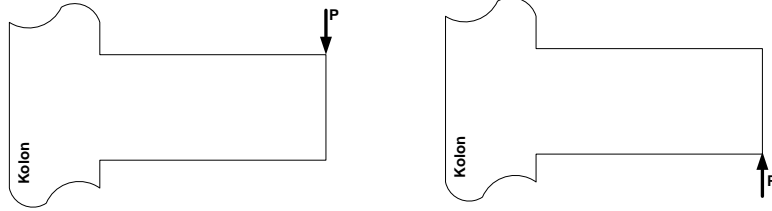
36. Bir konsol kirişin karakteristik sabit, hareketli ve deprem yüklerinden oluşan moment diyagramları verilmiştir. Tasarım momentlerini belirleyiniz. Hangi moment için donatı kirişin hangi tarafına konulmalıdır?

37. Bir yapının kat betonu döküldüğü gün hava sıcaklığı 20°C iken, 4 gün sonra sıcaklık 4 gün süre ile 3°C olmuş ve daha sonraki günlerde sürekli 20°C civarında olmuştur. Betonda kullanılan çimento CEM I 32.5 N dir, herhangi bir katkı kullanılmamıştır. Öngörülen kalıp sökme süresini sağdaki tabloda gün olarak veriniz.

Kullanılan Çimentonun dayanım sınıfı	Kiriş yan kalıpları, kolon ve perde kalıpları	Küçük açıklıklı döşemelerin dikme ve kalıpları	Kiriş ve büyük açıklıklı döşemelerin dikme ve kalıpları	Yedek dikmeler
32.5N				

38. Eski bir yapının beton sınıfını belirlemek için çok sayıda numune alınmış; basınç deneyi sonucunda ortalama dayanım 28.9 N/mm^2 , standart sapma 6 N/mm^2 , en küçük dayanım 17 N/mm^2 olarak bulunmuştur. Yapıdaki betonun sınıfını, elastisite modülünü ve çekme dayanımını tahmin ediniz.

39. Aşağıdaki konsol kirişlerde P yükü beton ezilinceye kadar yavaş yavaş artırılmıştır. Muhtemel çatlakları ve ezilme noktasını şekil üzerinde gösteriniz. Bu çatlakları önlemek için donatı öneriniz, donatının açılımını çiziniz.

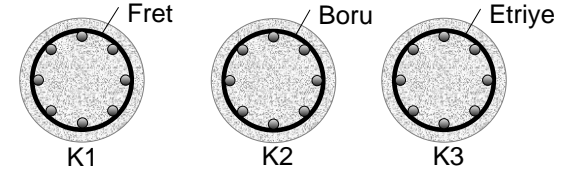


40. Mevcut bir yapının beton sınıfını belirlemek üzere 10 adet ölçüm yapılmış ve ortalama basınç dayanımı 21 N/mm^2 , en küçük basınç dayanımı 17 N/mm^2 bulunmuştur. Betonun sınıfı ne kabul edilebilir? TS 500:2000 e göre Elastisite modülü ve çekme dayanımı ne alınabilir.

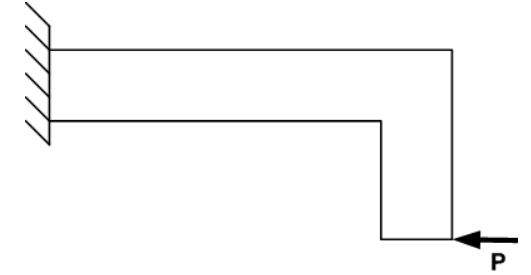
41. Aynı koşullarda, aynı özenle hazırlanan A ve B özdeş numuneleri 28 gün boyunca laboratuvar koşullarında saklanmış, sonra normal çevre koşullarına çıkartılmıştır. A numunesi 28 inci gün, B numunesi 60 inci gün aynı sabit bir yük ile yüklenerek kısalmaları zaman zaman ölçülmüştür. A ve B numunelerinin muhtemel Kısalma-Zaman eğrilerini aynı eksen takımında çiziniz.

42. 31. sorudaki kirişin neresine ne donatısı konulmalıdır? Boyuna kesit çizerek ve donatı açılımlarını vererek gösteriniz. Çubukların üzerine amacını (çekme, montaj, etriye, ...) yazarak belirtiniz.

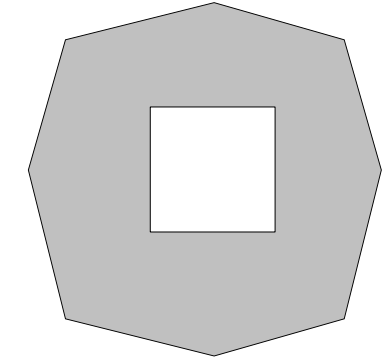
43. Kesitleri görülen K1, K2 ve K3 kolonlarının sadece sargıları farklı tiptedir. Tahmini gerilme-birim kısalma diyagramlarını aynı eksen takımında karşılaştırmalı olarak çiziniz.



44. Şekilde görülen ve P yükü etkisinde olan beton kirişinde oluşabilecek çatlakları şekil üzerine çiziniz. Çatlakları önlemek için donatı öneriniz, donatının açılımını çiziniz.

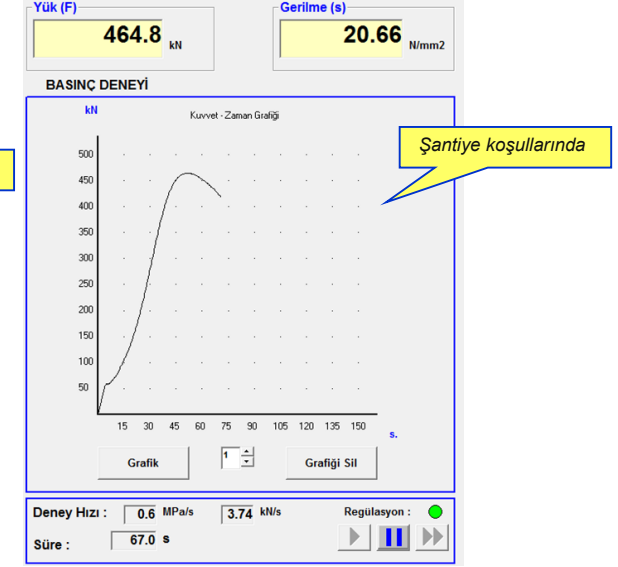
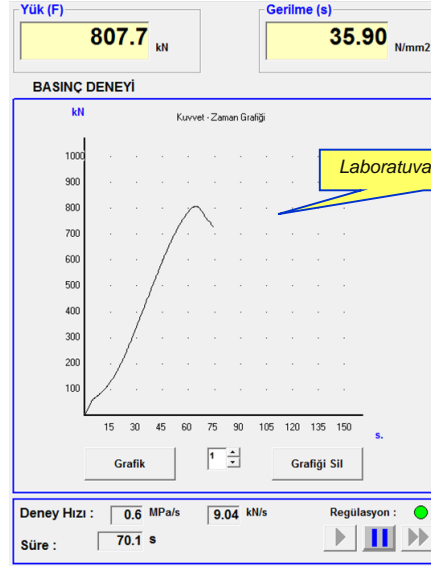


45. Sağda kesiti verilen kolon için boyuna donatı ve sargı öneriniz, sargının açılımını veriniz.



46. Bir şantiyede dökülen betondan aynı an ve koşullarda alınan 15x15x15 cm küp numunelerden biri şantiye koşullarında biri de laboratuvar koşullarında tutulmuştur. 7. gün basınç deneyi sonuçları sağda verilmiştir.

- Basınç dayanımları neden çok farklı olmuştur?
- Dökülen beton hakkında hangisi daha gerçekçi fikir verir.
- Dökülen betonun 28.gün dayanımını tahmin ediniz.
- Kalıp-iskele sökülme zamanına hangisini dikkate alarak karar verirsiniz.



47. B420C çeliğinde:

a) Aşağıda verilen birim uzamalar için çelik gerilmesi ne kadardır, çeliğin akıp akmadığını yazınız.

$\epsilon_s=0.003$ $\sigma_s=$ N/mm²

$\epsilon_s=0.01$ $\sigma_s=$ N/mm²

$\epsilon_s=0.0001$ $\sigma_s=$ N/mm²

b) Aşağıda verilen gerilmeler için çelik birim uzaması ne kadardır, çeliğin akıp akmadığını yazınız.

$\sigma_s=220$ N/mm² $\epsilon_s=$

$\sigma_s=365.22$ N/mm² $\epsilon_s=$

$\sigma_s=300$ N/mm² $\epsilon_s=$