

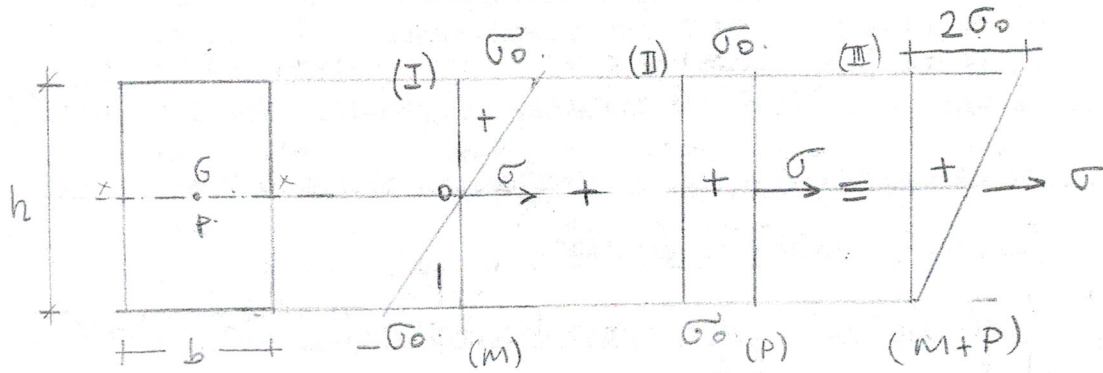
derecesinin belirlenmesi bu elemanın dış yükler altındaki davranışının incelenmesini gerektirir.

### 3.4. Eğilme Etkisindeki İzostatik bir kirişin eğilme etkisi

Dikdörtgen kesitli bir kiriş dikkate alınsın. Momentinin etkisindeki herhangi bir kesitdeki gerilmeler incelenen istenirse X-X eksenine göre kesitin eylemsizlik momenti

$$I = \frac{bh^3}{12} \text{ dir.}$$

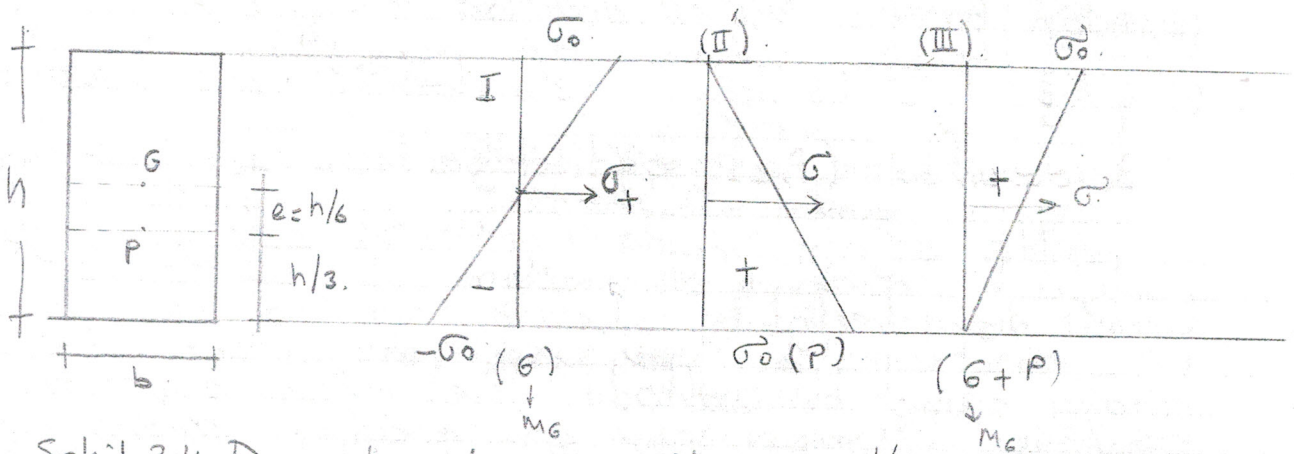
X-X eksenine göre ordinatı y olan bir noktadaki normal gerilme ifadesi  $\sigma = \frac{M}{I} \cdot y$  şeklindedir. Bu da şekil (3.3) 'e ait (I) diyagramından görüldüğü gibi gerilme yükseklığının fonksiyonu olarak değiştiğini göstermektedir. Söz konusu gerilmenin kesitin ekstrem lifleri üzerindeki değerleri  $\sigma_0 = \frac{6M}{bh^2}$  bağıntısıyla belirlenir.



Şekil 3.3. Merkezi Öngerilme Etkisi

Betonun çekme dayanımının zayıf olması nedeniyle büyük bir eğilme momentinin etkisinde kalacak kirişi donatısız betondan yapmak mümkün değildir. Karşılık kirişe madde 3.3'de incelenen gergide olduğu gibi 2 uçundan bizzat beton üzerine mesnet

bir donatı yardımı ile öngerilme verilmiş olsun. Öngerilmenin giriş kesitinde oluşturduğu gerilme değeri  $\sigma_0$  olarak belirlenirse, (Diyagram I) eğilme etkisindeki kirişte eğilme diyagramı (I) ve (II) diyagramlarının süperpozitesi olan (III) diyagramı olur. Bu durum  $P = b \cdot h \cdot \sigma_0 = 6 \cdot \frac{M}{h}$  şiddetindeki P kuvveti sayesinde kesitteki çekme gerilmelerinin kaybolduğu görülmektedir. Şekil 3.3'den görüldüğü gibi kesitteki çekme gerilmeleri ancak basınç bölgesindeki gerilmenin  $\sigma_0$ 'dan  $2\sigma_0$ 'ya yükselmesinden sonra yok edilebilmiştir. Buda kesitin alt kısmındaki yararlı öngerilmenin faydasız hatta üst kısımda zararlı olduğunu göstermektedir. Bu husus P öngerilme kuvvetinin kesitin yalnız faydalı olacak bölgesinde basınç gerilmesi oluşturacak şekilde dış-merkez olarak uygulanmasını düşündürmektedir.



Şekil 3.4. Dışmerkez bir öngerilmenin etkisi:

(I) diyagramının incelenmesinden, kesitte çekme gerilmesinin oluşmaması için kesitte çekme gerilme



si oluşmaması için kesitin üst kısmında sıfır başlayacak olan alt kısmda  $\sigma_0$  değerine ula bir eş gen öngerilmenin uygulanmasının yeterli görülmektedir. Bu durumda nihai gerilme diyagramı Şekil 3.4'deki gibi olmaktadır.

II' diyagramını gerçekleştirmek için öngerilme donat kesitin merkezi çekirdeğinin sınırına diğer bir alt liften itibaren kesit yüksekliğinin  $1/3$ 'üne uygulan gerekmektedir. Bu da dışmerkezlğin  $e = h/6$ 'ya eşit sına karşılık gelmektedir. Öngerilme kuvvetinin ta noktasının bu yeni konumunun öncekine göre 2 üst bulunmaktadır:

1) Maksimum gerilme  $2\sigma_0$  yerine,  $\sigma_0$ 'dur.

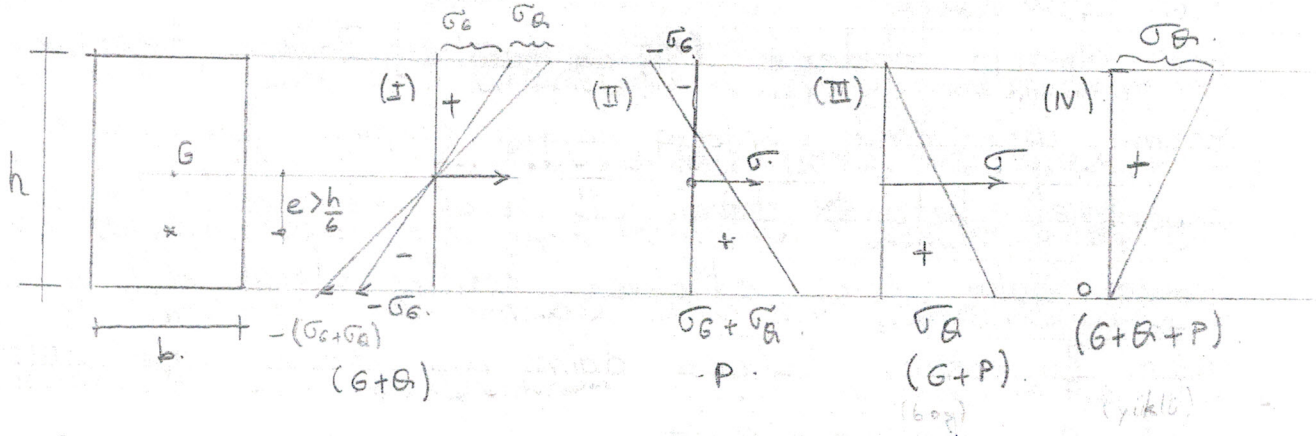
2) Bu durumda gerekli öngerilme kuvvetinin değeri (II') diyagramının alanıyla kesit genişliği olan  $b$ 'nin pımından ibarettir. Yani bu durumda  $P = \frac{1}{2} b \cdot h \cdot \sigma_0 = \frac{3M}{h}$  Görüldüğü gibi bu değer yukarıdakinin yarısı kadardır.

Bu durumda  $(P, e)$  çifti değerleri üzerinde ay bir şekilde değişim meydana getirmek suretiyle öngerilme kuvveti dışmerkezlğinin ayarlanmasının sağlayacağı ortaya çıkmış bulunmaktadır.  $(P, e)$  çiftini ayarlamak tiyle gerilme dağılımının optimum koşulları elde edilebilir.

Şimdi pratik hayatta çok kullanılan sabit y

momenti ile bu momentle süperpoze olan hareketli yük etkisindeki bir kesit durumu dikkate alınsın. Sadece dış etkiler altında üst lifteki gerilme  $\sigma_s$  den  $\sigma_s + \sigma_a$  ya kadar değişir. Bu lifte  $-\sigma_s$  gibi minimum bir gerilmenin varlığının büyük önemi vardır.

Sadece öngerilme etkisi altında kesitte çekme gerilmesi oluşturmada üst lifte gerilme negatif olacak şekilde bir gerilme diyagramı elde etmek mümkün gözükmemektedir. Diğer bir deyişle öngerilme kuvvetinin tatbik noktasının kesitin merkezi şehirdeğinin dışında olması mümkündür. Bu durumda optimum diyagram aşağıdaki gibidir. (Şekil 3.5)



Şekil 3.5. Kiriş sabit yükünün dengelenmesi (telafisi)  
(bedaver taşınması)

Bu şekilde I diyagramı dış yüklerin, II ise öngerilme kuvvetinin oluşturduğu gerilmeleri göstermektedir. III ve IV ile gösterilen gerilmeler ise öngerilme etkisindeki kesitte sırasıyla  $G$  ve  $G+A$  den meydana gelen gerilmeleri göstermektedir. II diyagramı ile tanımlanan gerilmeleri elde etmek için gerekli  $P$  öngerilme kuvveti ile bu



kuvvetin dışmerkezliği arasında aşağıdaki iki denklede edilir.

$$-\sigma_c = \frac{P}{bh} + \frac{6}{bh^2} P.e$$

$$\sigma_c + \sigma_a = \frac{P}{bh} - \frac{6}{bh^2} P.e$$

(Burada ağırlık merkezlerinin altındaki e değerleri alınacaktır.) Bu iki denklemden;

$$p = \frac{b \cdot h}{2} \cdot \sigma_a, \quad e = -h \frac{\sigma_a + 2\sigma_c}{6\sigma_a} \quad \text{--- (3.1)}$$

Burada ilk bakışta sürprizle karşılanacak bir sonuca oluyoruz. Yukarıda tanımlanan  $(P, e)$  çiftinin değerleri ile (IV) ile gösterilen kesitteki extrem gerilmeler artılıklı değil olmayıp sadece  $M_a$  ya bağlıdır. Böylece öngerilme önemli üstünlüğünü ortaya koymuş oluyoruz. Bu durum öngerilmeli betonda daimi yük telafi edilebilmektedir. daimi yükü telafi edilebilen kesitler olarak adlandırılır. Bu sonucu kabaca daimi yük bedava taşınması ifadesiyle karşılayabiliriz.

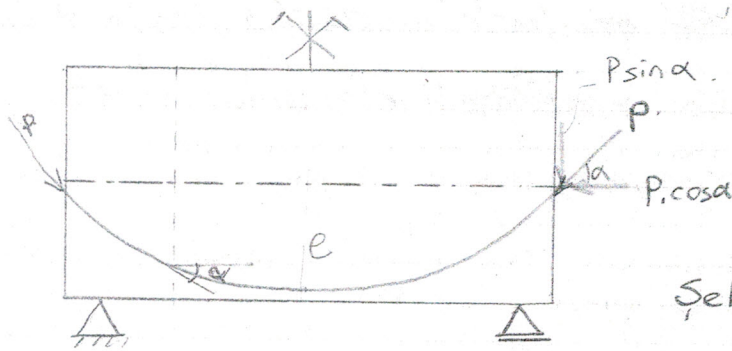
Bununla beraber ortaya koyduğumuz bu durum olacak gerçekleşecek bir durum değildir. Daha (3.1) bağıntısının 2. si ile hesaplanan e değerinin geometrisi ile daimi uyum sağlamadığını göreceğiz. dışmerkezlikde bir noktada sınırlıdır. Zira donatının bir beton örtü kalınlığı ile (paspayı) beton kesitin kalması zorunludur. Diğer taraftan eğer kesite etk

(max, min) ekstrem eğilme momentleri zıt yönde ise öngerilme kuvvetinin tatbik noktasını (kablo geçiş hattını) kesit ağırlık merkezine yakın tutmak bazen gerekli olmaktadır

Bu basit örnek bize öngerilmenin betonun başlıca zayıf noktası kabul edilen çekme dayanımının kısıklığı gibi önemli bir sakıncasını ortadan kaldırarak, özelliklerinden en iyi bir şekilde yararlanmak için, mühendislerin kullanımına sunulan önemli bir yapı tekniği olduğunu göstermektedir

### 3.5. Kesme Kuvveti ve Öngerilme

Örnek olarak doğru eksenli ve sabit kesitli iki uçundan basit mesnetli beton bir kiriş dik kate alınsın, bundan önceki bölümde en büyük eğilme momentinin etki ettiği orta kesitte, öngerilme donatısı dışmerkezliliğinin artırılmasına ve budanın kesitin alt yarısına yerleştirilmesinin uygun olduğu gösterilmiştir. Buna karşılık mesnetler yakınında eğilme momenti azalmaktadır. Bu nedenle donatının mesnetlere doğru kaldırılarak uçlarda kesitlerin ağırlık merkezlerine ankre edilmesi hem mümkün<sup>ve</sup> hem de bu bölgelerde genellikle üst kısımlarda oluşabilecek çekme gerilmelerinden sakınmak için gerekli olmaktadır. (Şekil 3, 6)



Şekil 3,6 Bir öngerilme donatısının kaldırılması



O halde bu durumda donatı kesitten eğilerek geçmekte dolayısıyla kiriş eksenine bir açı yapmaktadır. Eğer  $P_0$  öngerilme kuvvetinin gösterirse bundan  $P \sin \alpha$  değerinde bir öngerilme kesme kuvveti meydana gelir. Şekilden görüldüğü gibi bu kesme kuvvetinin yönü dış kuvvetlerin olduğu kesme kuvveti ile zıt yöndedir.

$V_G$  ve  $V_A$  sırasıyla sabit ve hareketli yükler meydana gelen maksimum kesme kuvvetlerini gösterir. Üzere öngerilme kuvveti dikkate alındığında ki toplam kesme kuvveti  $V_G - P \sin \alpha$  'dan

$V_G + V_A - P \sin \alpha$  'ya kadar değişmektedir. Bu da optimum dengelemenin (telafinin / kompanzasyonun)

$P \sin \alpha = V_G + \frac{1}{2} V_A$  olması halinde gerçekleşecektir. Çünkü  $P \sin \alpha$  'nın bu değeri için toplam kesme

$-\frac{1}{2} V_A$  'den  $\frac{1}{2} V_A$  'ye kadar değişmektedir. Ancak bu optimizasyonu her zaman gerçekleştirebilmek

olmayabilir. Zira  $P$  ve  $\alpha$  'nın değerleri bazen bu koşullara göre belirlenir. Bununla beraber kabloların

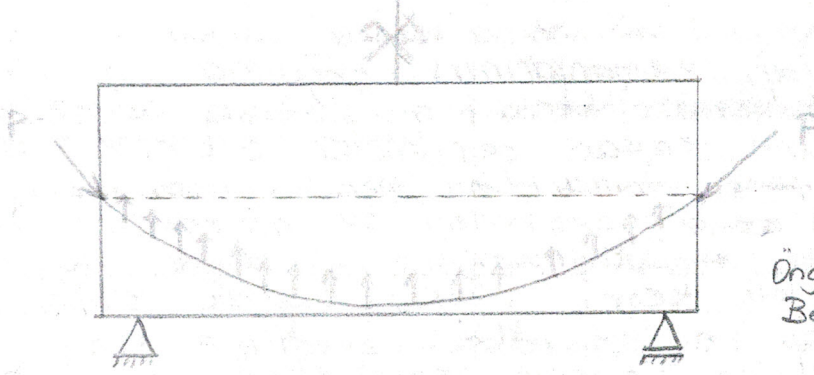
olmasının daima yararlı olduğu kuşkusuzdur. Çünkü yükten dolayı asal çekme gerilmeleri azalır ve

gecikir. Diğer bir deyişle öngerilmeli elemanların ihtiyacı daha az olur.



### 3.6. Öngerilmenin Diğer Bir Görünümü

Buraya kadar öngerilmenin özellikleri analitik açıdan incelenmiştir. Öyle ki <sup>öngerilme her kesitte</sup> söz konusu bağıntılara göre  $P$ ,  $e$  ve  $\alpha$ 'nın fonksiyonu olarak normal kuvvet, eğilme momenti ve kesme kuvvetine dönüşmektedir. Durum böyle olmakla beraber öngerilmenin özellikleri analitik bağıntılar yerine sentetik yolla da incelenebilir. Şekil 3.6'daki örnekte uçlarda donatının ankrajına karşılık gelen tekil bir  $P$  kuvveti ve geniş hattı boyunca şiddeti donatı yörüngesinin eğimi ile  $(\alpha)$  orantılı, temas kuvvetleri olmak üzere 2 cins etki meydana gelmektedir.



Şekil 3.7.  
Öngerilme Donatısının  
Beton Üzerine Etkisi

Bu durumda ağırlığı gözardı edilen donatı dengeli olduğundan üzerine etkijen kuvvetlerin toplamı 0'dır.

Bu şekil, öngerilme donatısı rolünün, asma köprü kablolarındaki benzer olduğunu göstermektedir.

Özellikle sürtünme etkisini ihmal ederde donatı geniş hattının parabol şeklinde olduğu kabul edilirse, kablo üzerindeki yayılı yükün bileşeni sabit olur. Bu da üniform ağırlıklı kirişin öz ağırlığını mükemmel bir şekilde dengelediğini göstermektedir.