

(1.24)

Denklem (1.21) ve (1.22)'den $F_s = F_b$, $k = \frac{6EI_c}{\ell_c^3}$, $\ell_b = 20$ m,

$A_b = 0.4 \times 1.2 = 0.48 \text{ m}^2$, $E_c = 2.7 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$, Denklem (1.24)'teki yerlerine konduğunda, F_b için aşağıdaki değer elde edilir.

$$F_b = 350 \text{ kN}$$

350 kN, kirişteki aksel çekme ve kolona tepede etkiyen kesme kuvvetidir. Bu değer daha doğru çözümde 396 kN olarak hesaplanmıştı.

1.1 MALZEME İÇİN MATEMATİKSEL MODELLER

Herhangi bir “mukavemet” probleminin çözümünde, gerilme veya kuvvet cinsinden ifade edilen “denge denklemleri” ile deformasyon cinsinden ifade edilen “uygunluk denklemleri” arasındaki ilişki, ancak kullanılan malzemenin gerilme-birim deformasyon (σ - ϵ) ilişkisinden yararlanılarak kurulur. Denge ve uygunluk denklemleri malzeme özelliklerinden bağımsız olduğundan, çözümdeki hata oranı büyük çapta varsayılan malzeme davranışının, yani σ - ϵ ilişkisinin doğruluğuna bağlıdır. Matematiksel çözümü kolaylaştırmak amacı ile deneyden elde edilen σ - ϵ eğrileri idealize edilip basitleştirilerek kullanılır. İdealize edilip basitleştirilen σ - ϵ eğrileri “matematiksel model” olarak adlandırılır. Aşağıdaki bölümlerde beton ve çelik için yaygın olarak kullanılan bazı matematiksel modeller tanıtılacaktır.

1.1.1 Beton İçin Matematiksel Modeller

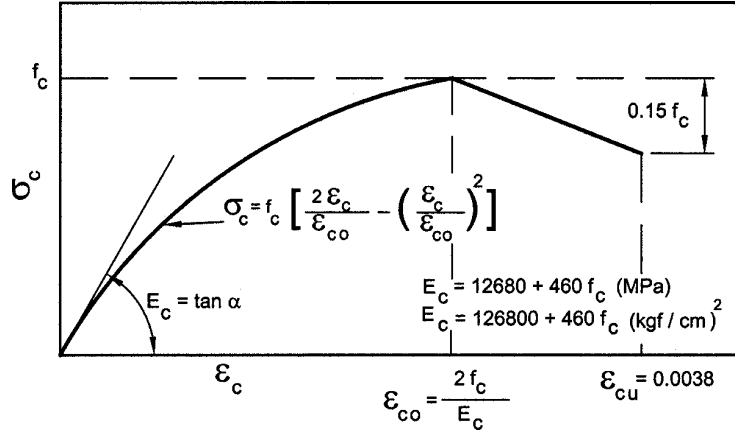
Betonun σ - ϵ eğrisinin, çok sayıda değişkenden etkilendiği, bu nedenle her durum için geçerli tek bir eğrinin tanımlanmasının olanaksız olacağı daha önceki bölümlerde belirtilmişti. Ancak, kesin olmasa bile problemlerin çözümü ve davranışın anlaşılabilmesi için betonun σ - ϵ ilişkisini belirleyen modellere gereksinme vardır. Bu gereksinme nedeni ile, bugüne kadar çeşitli araştırmacılarca bir çok beton modeli önerilmiştir. Burada, bunlardan en yaygın olarak kullanılan dört model, Hognestad, Geliştirilmiş Kent ve Park, Sheikh ve Uzumeri ile Saatcioglu ve Razvi modelleri kısaca tanıtılacaktır. Görüleceği gibi, Hognestad dışındaki modeller sarılmış betonu da içermektedir. Bu dört modele ek olarak, betonun tekrarlanan yük altındaki davranışını simgeleyen, boşalma ve yeniden yükleme eğrilerini de tanımlayan, Thompson ve Park modelinden de söz edilecektir. Son olarak, betonun çekme gerilmeleri altındaki davranışını modelleyen basitleştirilmiş bir çekme σ - ϵ eğrisi verilecektir. Betonun çekme dayanımı genellikle ihmal edildiğinden bu model basınç davranışını simgeleyen modeller kadar önemli değildir.

a. Hognestad Modeli

Hognestad tarafından önerilen ve elli yıldır yaygın olarak kullanılan model, (σ - ϵ eğrisi), Şekil 1.37'de gösterilmiştir. Modelde, σ - ϵ eğrisinin tepe noktasına kadar olan parçası ikinci derece bir parabol, düşüş parçası ise, doğrusal varsayılmıştır. Maksimum gerilme genelde beton silindir dayanımının %85' i olarak alınır ($f_c = 0.85f_{ck}$). Maksimum gerilmeye karşılık olan birim kısalma, $\epsilon_{co} = 2f_c/E_c$ olarak verilmişse de, basit olarak $\epsilon_{co}=0.002$ alınabilir. Modeldeki elastisite modülü E_c için Hognestad tarafından aşağıdaki denklem önerilmiştir.

$$E_c = \tan \alpha = 12680 + 460f_c \quad (\text{MPa}) \quad (1.25)$$

Bu denklemde E_c ve f_c , MPa cinsinden ifade edilmelidir.

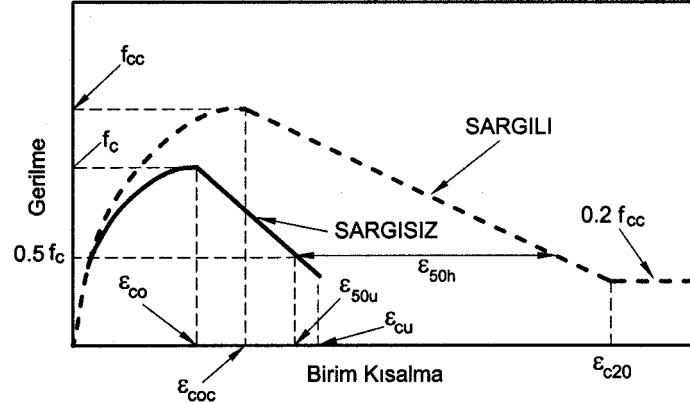


Şekil 1.37 Hognestad Modeli

b. Geliştirilmiş Kent ve Park Modeli

Bu model, Roy ve Sozen tarafından sargılı beton için önerilen σ - ϵ ilişkisinden esinlenerek geliştirilmiştir. Şekil 1.38'de gösterildiği gibi, sargılı ve sargısız beton için iki ayrı σ - ϵ eğrisi önerilmektedir. Sargı nedeni ile beton dayanımının f_c 'den f_{cc} 'ye, maksimum gerilmeye karşılık gelen birim kısalmanın ise ϵ_{co} 'dan ϵ_{coc} 'ye yükseldiği varsayılmaktadır. Gerek sargılı, gerekse sargısız beton için önerilen eğrilerin ilk bölümleri, Hognestad modelindeki gibi ikinci derece bir parabol varsayılmıştır. Eğrilerin gerilme azalmasını gösteren ikinci bölümleri ise, eğimi eksi olan düz çizgilerle gösterilmiştir. Sargılı betonun eğimi, sargısız betona oranla daha küçüktür. Sargısız betonda maksimum birim kısalma ϵ_{cu} iken, sargılı betonda böyle bir sınır yoktur. Sargısız beton için, $\epsilon_{cu}=\epsilon_{50u}$ veya daha basit olarak $\epsilon_{cu}=0.004$ alınabilir.

Sargılı beton modeli, çekirdek olarak tanımlanan ve fret veya etriye ile sınırlanan beton kütlesi için, sargısız beton modeli ise çekirdek dışında kalan kabuk betonu için geçerlidir. Kent ve Park, çekirdeğin boyutlarını, etriye dışından etriye dışına ölçülen uzunluklarla tanımlamaktadırlar.



Şekil 1.38 Geliştirilmiş Kent ve Park Modeli

Geliştirilmiş Kent ve Park modelindeki σ - ϵ eğrilerini tanımlayan denklemler aşağıda verilmiştir.

Parabolik Eğri:

$$\sigma_c = f_c \left[\frac{2\epsilon_c}{\epsilon_{co}} - \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{co}} \right)^2 \right] \quad \text{Sargısız beton} \quad (1.26)$$

ϵ_{co} , normal dayanımlı betonlar için yaklaşık 0.002 alınabilir.

$$\sigma_c = f_{cc} \left[\frac{2\epsilon_c}{\epsilon_{coc}} - \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{coc}} \right)^2 \right] \quad \text{Sargılı beton} \quad (1.27)$$

$\epsilon_{coc} = K \epsilon_{co}$ (K aşağıda tanımlanmıştır).

Doğrusal Eğri (Gerilmenin azaldığı bölüm):

Sargısız beton:

$$\sigma_c = f_c [1 - Z_u (\epsilon_c - \epsilon_{co})] \quad (1.28)$$

$$Z_u = \frac{0.5}{\epsilon_{50u} - \epsilon_{co}} \quad (1.29)$$