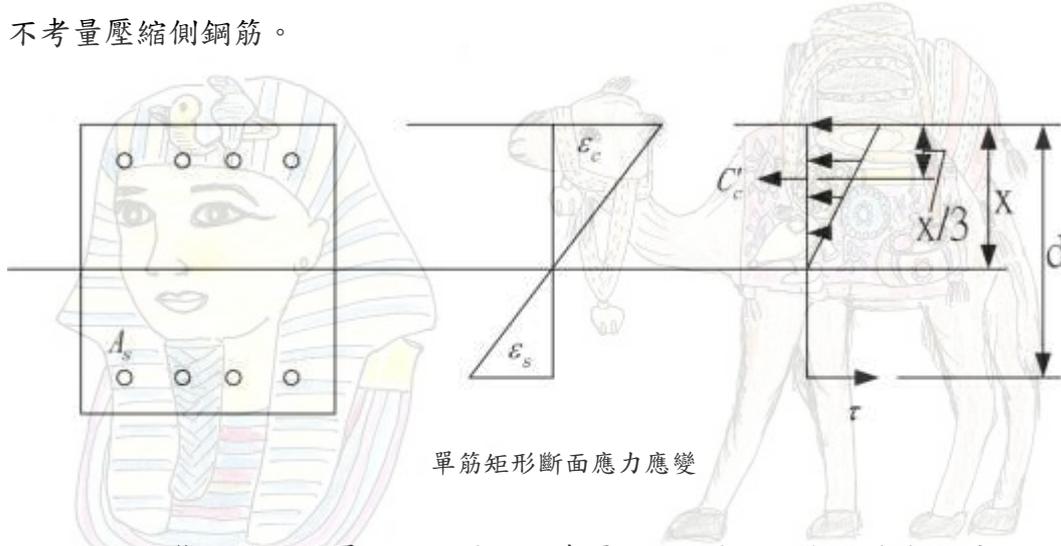
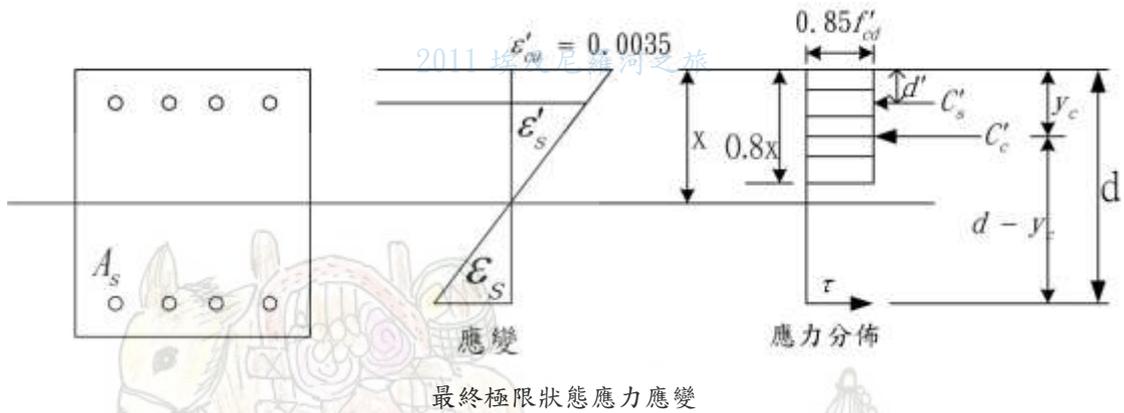


最終極限狀態承受彎矩構材斷面耐力估算

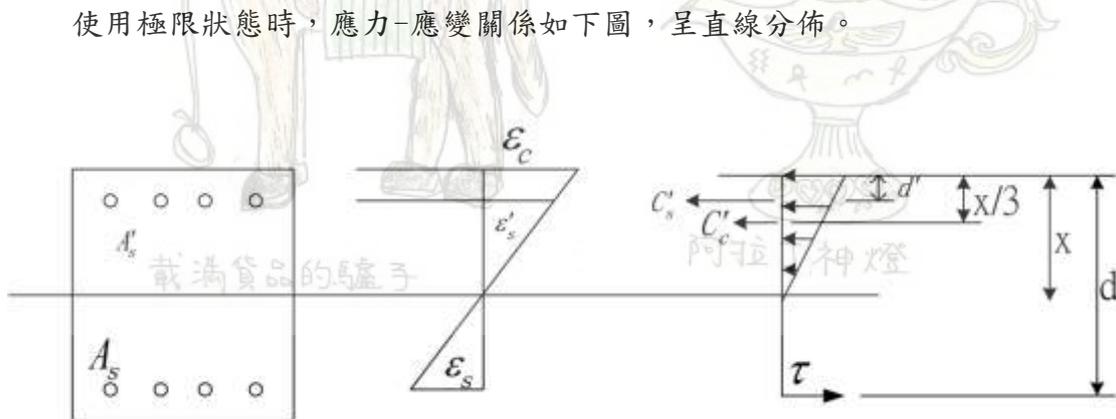
容許應力設計法採用如下圖所示單筋矩形斷面應力-應變模式，計算耐力時不考量壓縮側鋼筋。



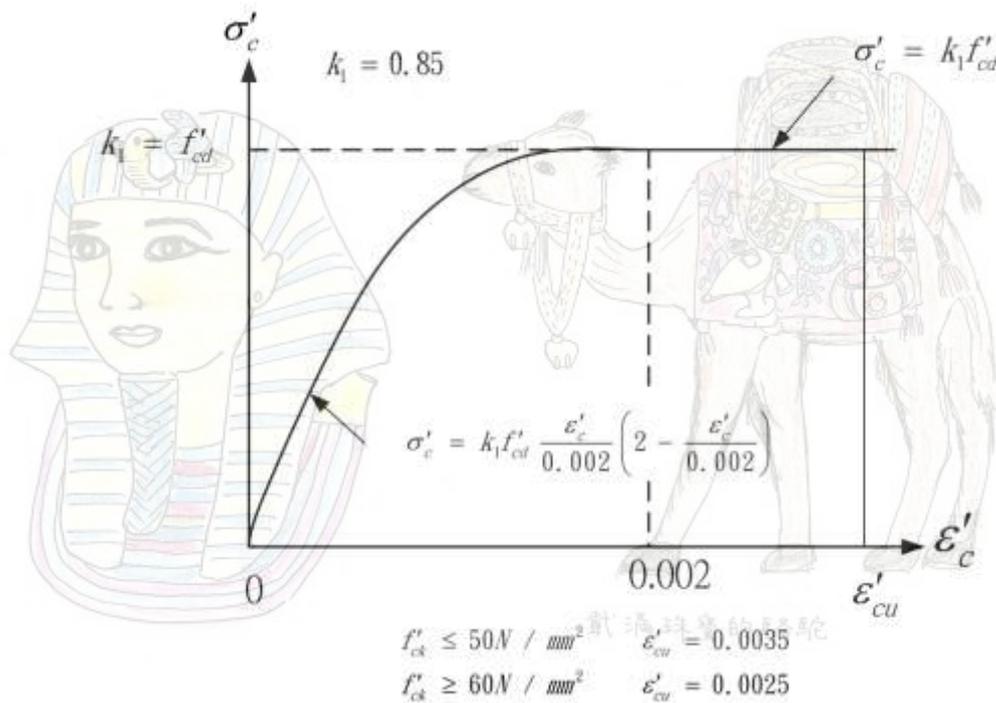
極限狀態設計法將壓縮側鋼筋納入考量，以複筋矩形斷面作出更精緻的耐力計算，但不適用於隔牆。下圖為最終極限狀態的混凝土應力-應變模式。



使用極限狀態時，應力-應變關係如下圖，呈直線分佈。



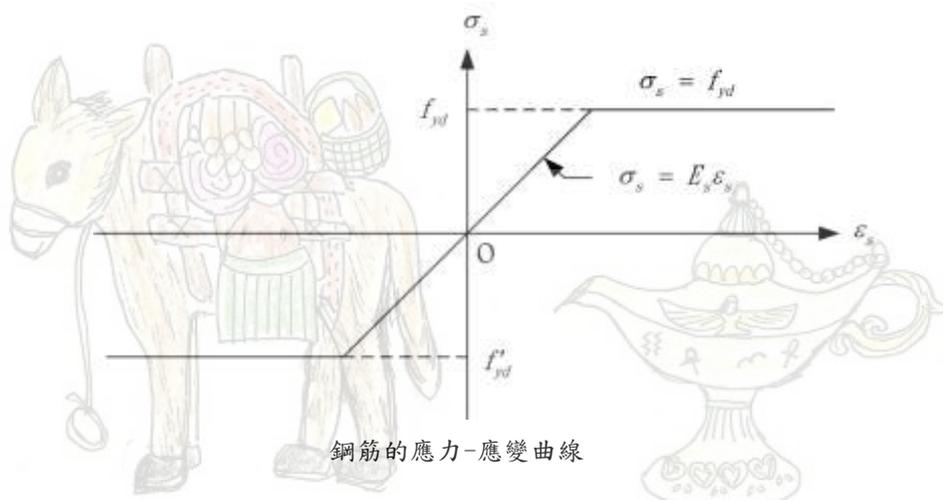
下圖為混凝土的應力-應變曲線。



混凝土的應力-應變曲線

2011 埃及尼羅河之旅

下圖為鋼筋的應力-應變曲線。



鋼筋的應力-應變曲線

承受彎矩構材設計斷面耐力隨斷面力的作用方向，計算構材斷面或構材單位寬度的斷面圖心時，應基於下列假定：

- ① 最終極限狀態
 - ① 縱應變與斷面中立軸算起距離成正比。
 - ② 不考量混凝土拉張應力。

- ③ 混凝土最終應變視為 $\epsilon'_{cu} = 0.0035$
- ④ 構材斷面應變均為壓縮應變
- ⑤ 混凝土壓縮應力分佈為矩形壓縮應力分佈(等值應力)

⑥ 使用-疲乏極限狀態

- ① 縱應變與斷面中立軸算起距離成正比。
- ② 不考量混凝土拉張應力。
- ③ 視混凝土、鋼材為彈性體
- ④ 鋼材楊氏係數 $E_s=200\text{kN/mm}^2$ ， 混凝土楊氏係數 f'_{ck} 如下表所列

混凝土楊氏係數

f'_{ck} (N/mm^2)	18	21	24	27
E_c (kN/mm^2)	22	23.5	25	26.5

最終極限狀態彎曲耐力計算程序如下：

(1) 彎曲耐力 M_{ud}

因對拉張主筋的力矩平衡得 2011 埃及尼羅河之旅

$$M_{ud} = |C'_c(d - y_c) + C'_s(d - d')| / \gamma_b \quad (1)$$

M_{ud} : 承受彎矩構材的彎曲耐力

C'_c : 作用於混凝土的壓縮合力

C'_s : 作用於壓縮主鋼筋壓縮合力

d : 有效高度

d' : 壓縮主鋼筋中心線至壓縮側構材端的距離

y_c : 壓縮側構材端至 C'_c 作用點間的距離

γ_b : 構材係數(標準值=1.15)

彎曲耐力為假定拉張鋼筋降伏、壓縮鋼筋未降伏，混凝土處於最終應變狀態下求得，此時 C'_c 、 C'_s 及 y_c 可以下列式表示。

$$C'_c = 0.85f'_{cd}b_w0.8x = 0.68f'_{cd}b_wx \quad (2)$$

$$C'_s = A'_s\sigma'_s \quad (3)$$

$$y_c = 0.6x \quad (4)$$

f'_{cd} : 混凝土壓縮強度設計用值

b_w : 構材寬

x : 混凝土壓縮側端至中立軸間距離

A'_s : 壓縮鋼筋斷面積(壓縮鋼筋量)

σ'_s : 壓縮鋼筋引起壓縮應力

求得 $x(\sigma'_s)$ ，即可求得彎曲耐力 (M_{ud})。

(2) 混凝土壓縮側端至中立軸間距離 (x)

混凝土壓縮側端至中立軸間距離 x 可以下列程序求得。

構材軸向的力平衡可以下式表示

$$T = C'_c + C'_s = 0.68f'_{cd}b_w x + A'_s\sigma'_s \quad (5)$$

T 為作用於拉張主鋼筋的拉張力，可以下式表示

$$T = A_s f_{yd} \quad (6)$$

A_s : 拉張鋼筋斷面積

f_{yd} : 鋼材拉張降伏強度設計用值

又因壓縮主鋼筋與混凝土應變的關係得

$$\sigma'_s = E_s \varepsilon'_{cu} (x - d') / x \quad (7)$$

由上 3 式消去 σ'_s ，可得 x 如下

$$x = -Q + \left| (Q^2 + 2.72f'_{cd}b_w d' A'_s \varepsilon'_{cu} E_s) \right|^{1/2} / 1.36f'_{cd}b_w \quad (8)$$

$$(Q = A'_s \varepsilon'_{cu} E_s - A_s f_{yd})$$

由上式可求得 x 。

(3) 壓縮鋼筋應力 σ'_s 及拉張鋼筋應力 σ_s

① 依(7)式求得壓縮鋼筋應力 σ'_s

② 拉張鋼筋應力 σ_s 依下式計算

$$\sigma_s = E_s \varepsilon'_{cu} (d - x) / x \quad (9)$$

(4) 檢討混凝土壓縮側端至中立軸間距離(x)成立條件

鋼筋壓縮降伏強度設計用值取 f'_{cd} 時，(8)式會在下列條件下成立

$$\sigma_s = f_{yd}$$

$$|\sigma'_s| \leq f_{yd}$$

(10)

然而利用(7)式及(9)式求得的鋼筋應力未必能滿足(10)式的條件，因此必要在(10)式的條件下檢討(7)式及(9)式。依其結果以下列 A 及 B 的方法計算彎曲耐力 M_{ud}

① A: $\sigma_s = f_{yd}, |\sigma'_s| \leq f_{yd}$ 時

滿足假定條件，壓縮鋼筋未降伏而拉張鋼筋達降伏。 $\sigma'_s < 0$ 發生於 $x < d'$ ，即壓縮鋼筋承受拉張力。

② B: $\sigma_s = f_{yd}, \sigma'_s = f_{yd}$ 時

未滿足假定條件，壓縮、拉張主鋼筋均承受拉張力而達降伏。此時必要依下式重新計算 x

$$x = (A_s f_{yd} + A'_s f'_{cd}) / 0.68 f'_{cd} b \quad (11)$$

將依上式得到的 x 值代入(7)式及(9)式計算壓縮鋼筋應力 σ'_s 及拉張鋼筋應力 σ_s 。若能滿足 B 的條件，可依(2)式，(4)式及下式計算設計彎曲耐力。

$$M_{ud} = |C'_c(d - y_c) + C_s(d - d')| / \gamma_b \quad (12)$$

C_s 為如下式所示作用於壓縮側鋼筋的拉張力

$$C_s = A'_s f_{yd} \quad (13)$$

依上述檢討，可從(1)式或(13)式計算出複鋼筋構材的彎曲耐力。承受彎矩構材的結構細目如下：

① 最小拉張鋼筋量

彎矩影響佔支配性構材的拉張鋼筋比為 0.2% 以上。

② 最大拉張鋼筋量

彎矩影響佔支配性構材的軸向拉張鋼筋量為平衡鋼筋比 p_b 的 75% 以下。

2011 埃及尼羅河之旅

$$p_b = 0.68 \frac{\epsilon'_{cu}}{\epsilon'_{cu} + f_{yd} / E_s} \frac{f'_{yd}}{f_{yd}} \quad (14)$$



回防波堤用沉箱設計

載滿貨品的驢子

回極限狀態設計法基本概念



阿拉丁神燈