

# 제9장 기 둥 (2)

---

## 9.5 설계의 원칙

### 1) 강도감소계수 $\phi$

압축지배 구간 : 나선철근 부재  $\phi = 0.70$

띠철근 부재  $\phi = 0.65$

변화구간에서는 최외곽철근의 순인장변형률에 따라  $\phi$  가 달라진다.

인장지배구간 :  $\phi = 0.85$

### 2) 기둥에 대한 $\phi$ 가 휨부재에 대한 $\phi(= 0.85)$ 보다 작은 이유

- ① 콘크리트의 품질에 대한 우려 (높은 곳에서 콘크리트를 쏟아 붓는 이유)
- ② 철근보다 콘크리트가 파괴를 주도한다.
- ③ 저층부 기둥의 파괴가 내부 보의 파괴에 비하여 구조물 전체의 안전에 주는 중대성도 고려

## • 5.2.2 인장지배 단면과 압축지배 단면 (복습)

### [1] 압축지배 단면

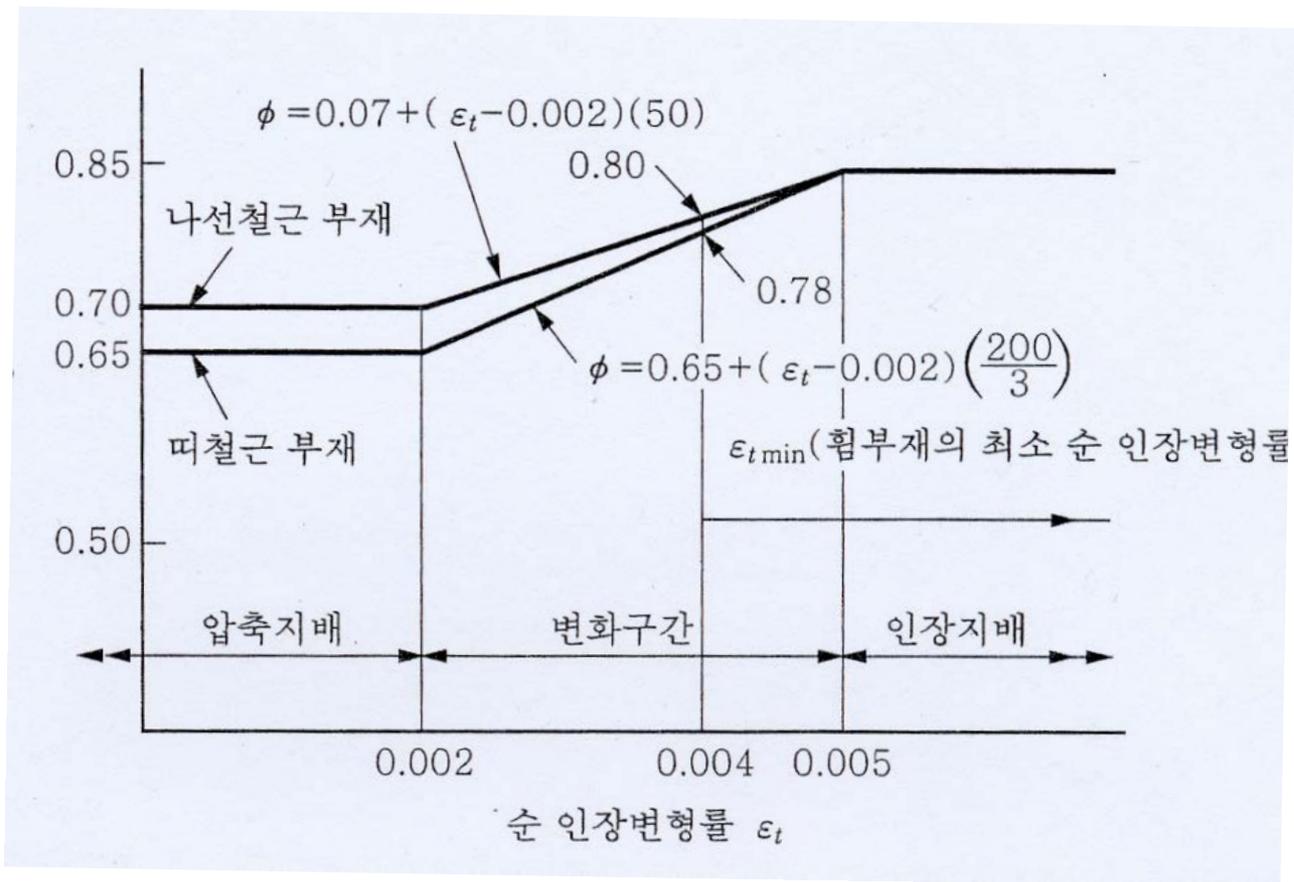
휨 모멘트와 축력을 받는 부재에 대하여, 압축지배단면이란 공칭강도에서 최외단 인장철근의 순인장 변형률  $\epsilon_t$ 가 압축지대변형률 한계인 철근의 설계기준 항복 변형률  $\epsilon_y$  이하인 경우를 말한다.

### [2] 인장지배 단면

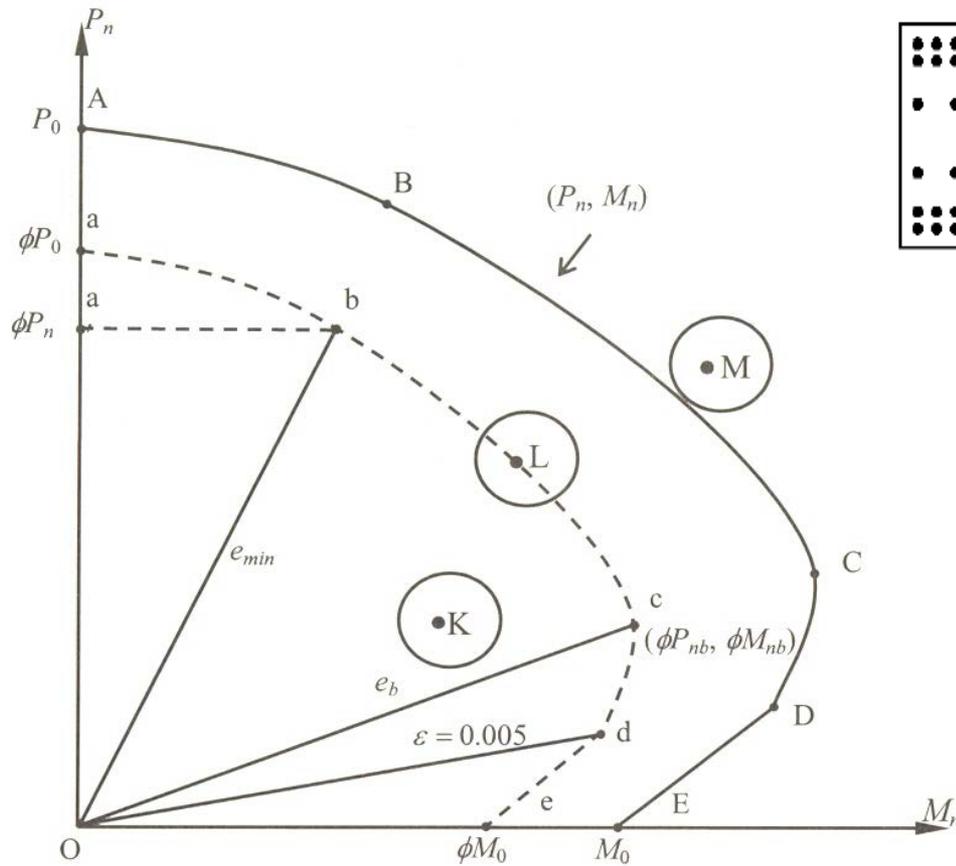
인장지배단면은 공칭강도에서 최외단 인장철근의 순인장변형률  $\epsilon_t$ 가 인장지배 변형률 한계인 0.005 이상인 경우를 말한다.

### [3] 전이구간(변화구간, transition region)

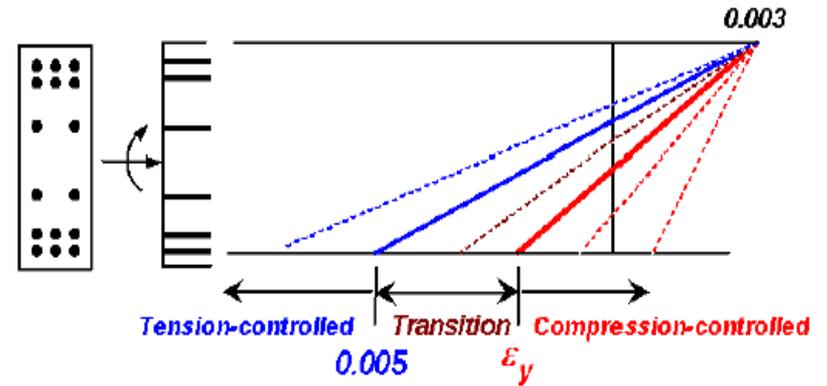
공칭강도에서 최외단 인장철근의 순인장변형률  $\epsilon_t$ 가 압축지배변형률 한계  $\epsilon_y$ 와 인장지배변형률 한계 0.005사이에 있는 단면의 경우에는,  $\phi$  값을 직선보간하여 구한다. 실제로는 사용철근의 항복강도에 따라 차이가 있으나 SD 400 철근을 사용하는 경우와 프리스트레스 강재의 경우에는  $\epsilon_y = 0.002$  인 경우로서 변형률 0.002와 0.005 사이인 단면의 경우에, 아래 그림과 같이  $\phi$  값을 직선 보간한다.



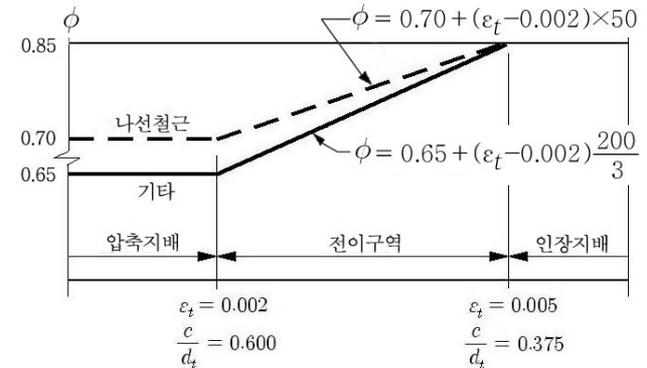
### 3) 기둥의 설계강도



그림참고문헌: 철근콘크리트역학  
및 설계, 윤영수, 새론, 2008

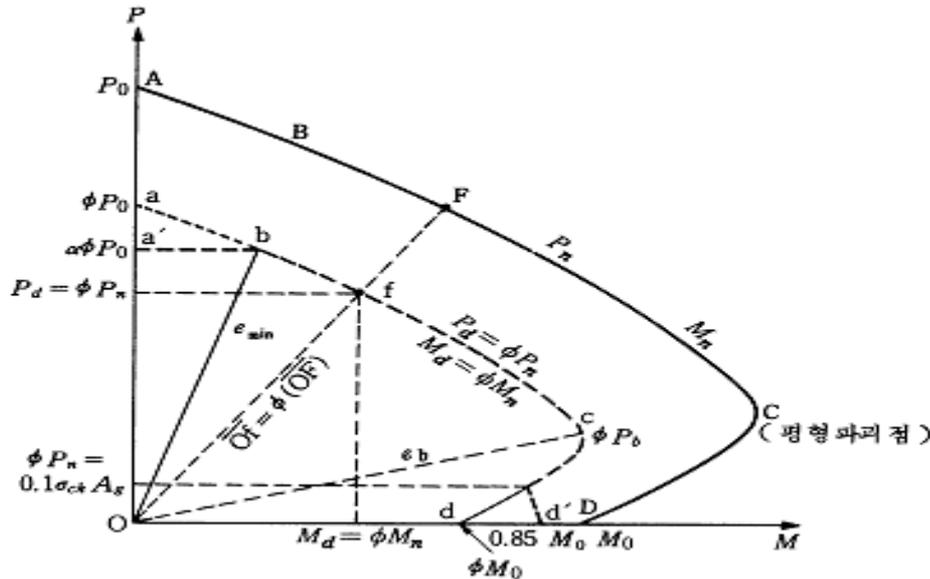


그림참조: 영남대 이재훈교수 강의노트



$c/d_t$ 에 대한 보간: 나선  $\phi = 0.70 + 0.15[(1/c/d_t) - (5/3)]$   
기타  $\phi = 0.65 + 0.20[(1/c/d_t) - (5/3)]$

## 참고 : 기둥의 설계강도(이전 설계기준)



$$P_d = \phi P_n, M_d = \phi M_n$$

$a \rightarrow a'$  : 최대 압축 설계하중을 예상치 않은 편심이 생길 것을 고려하여  $\alpha\phi P_0$ 로 제한한다.

$d \rightarrow d'$  :  $0 < \phi P_n < 0.1 A_g$  구간에서는 설계  $M_d$ 를 기둥에 대한  $\phi M_0 = 0.70 M_0$ 와 휨부재에 대한  $\phi M_0 = 0.85 M_0$  사이에서 직선 보간한다. 기둥인 경우 매우 드물다.

## 9.6 기둥길이의 영향

(1) 좌굴하중(critical load) : 좌굴에 대한 강도

$$P_{CR} = \frac{\pi^2 EI}{(kl_u)^2}$$

좌굴 응력

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 EI}{(kl_u)^2 A} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{kl_u}{r}\right)^2}$$

여기서,  $\frac{l_u}{r} =$  세장비,  $\frac{I}{A} = r^2$

(2) 시방서 단주규정

횡방향 상대변위가 방지된 경우  
(braced)

$$\frac{kl_u}{r} < \left(34 - 12 \frac{M_1}{M_2}\right)$$

횡방향 상대변위가 허용된 경우  
(unbraced)

$$\frac{kl_u}{r} < 22$$

여기서,

$kl_u =$  유효길이 (effective length)

부분구속인 경우는 다음 그림을 이용하여 k값을 구한다

	양단고정	1단고정 타단힌지	양단힌지	1단고정 타단자유
k값	0.5	0.7	1.0	2.0
그림				

## 9.7 단주(短柱)

### 9.7.1 축방향 압축을 받는 부재

띠철근 단주의 공칭 축방향강도는

$$P_n = P_{n0} = 0.85f_{ck}(A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \rightarrow A\text{점}$$

강도감소계수를 곱하여

$$\phi P_n = \phi P_n = \phi [0.85f_{ck}(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \rightarrow a\text{점}$$

예상치 않은 모멘트의 작용 가능성을 고려하여 이 값을 다시 0.80만큼(나선철근기둥이나 합성기둥의 경우는 0.85) 감소시킨 값으로 단면의 설계강도를 정한다.

$$\phi P_n = 0.80\phi [0.85f_{ck}(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \rightarrow a\text{점}$$

P - M 상관도의 a' - b 구간 : 모멘트는 없고 축압축만 작용하는 것으로 본다.

최소편심  $e_{min}$  (P-M 상관도의 b점)

- 나선철근의 경우  $0.05h$

띠철근의 경우  $0.1h$

[예제]  $400\text{mm} \times 500\text{mm}, 6 - D29, f_{ck} = 24\text{MPa}, f_y = 350\text{MPa},$

$P_D = 950\text{kN}, P_L = 806\text{kN}, M_L = 58.2\text{kN} \cdot \text{m}$  안전을 검사하라.

$$P_u = 1.2 \times P_d + 1.6P_L = 1.2 \times 950 + 1.6 \times 806 = 2430\text{kN}$$

$$M_u = 1.6 \times 58.2 = 93\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{93}{2430} = 0.038\text{m} = 38\text{mm}$$

따라서 철근의 최소편심

$$e_{min} = 0.10h = 0.10 \times 400 = 40\text{mm} > 38\text{mm} \rightarrow a'v\text{구역}$$

최대 축방향 압축강도가 설계를 지배한다.

$$(0.85\phi P_n > P_u)$$

$$A_{st} = 6 - D29 = 3854\text{mm}^2$$

$$\phi P_n = 0.80\phi[0.85f_{ck}(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

$$= 0.80 \times 0.65[0.85 \times 24 \times (400 \times 500 - 3854) + 350 \times 3854]$$

$$= 2782\text{kN} > 2430\text{kN}$$

∴ 안전하다.

## 9.7.2 축방향 압축과 휨을 받는 부재 (직사각형 단면)

### A. 변형율의 적합조건을 사용한 일반적 해석 (Strain compatibility analysis)

- 컴퓨터를 이용한 계산시 사용하는 방법. 축방향력의 평형(외력 = 단면저항 내력)

$$P_n = C_c + C_s - T$$

$$P_n = C_c + C_s - T$$

여기서,  $C_c = 0.85f_{ck}ab$

$$C_s = A_s'f_s$$

$$T = A_sf_s$$

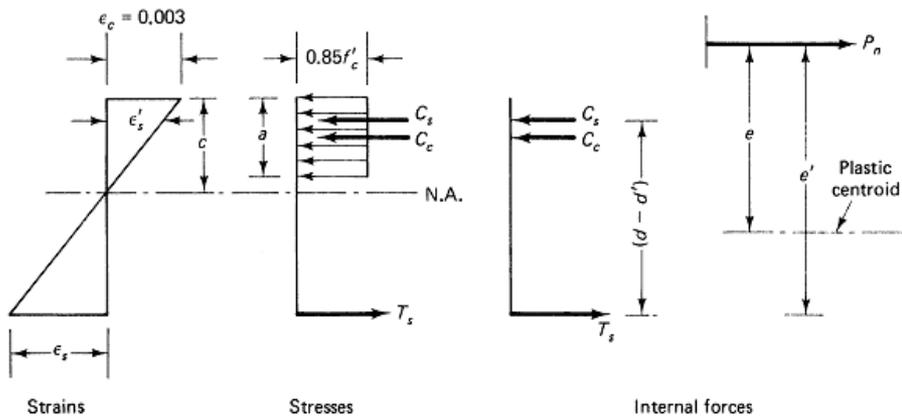
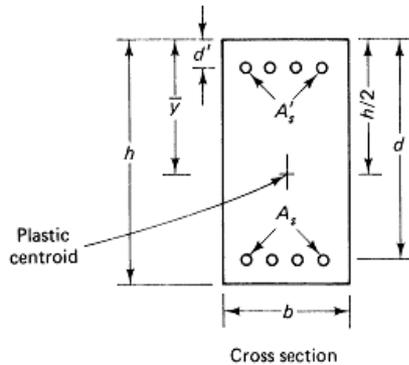
그러므로,

$$P_n = 0.85f_{ck}ab + A_s'f_s - A_sf_s$$

단면의 중심선(정확하게는 소성중심)에 대한 단면내력의 모멘트는 외력  $P_n$ 의 모멘트와 같아야 하므로,

(외력 모멘트 = 단면의 저항력에 의한 모멘트)

$$P_n e = 0.85f_{ck} ab \left( y - \frac{a}{2} \right) + A_s'f_s'(y - d') + A_sf_s(d - y)$$



편심  $e$ 가 크면, 파괴는 인장측 철근의 항복으로 시작되므로  $f_s = f_y$ 이고 콘크리트가 극한변형률 0.003에 도달할 때 압축측 철근은 항복점에 도달하였을 수도 또는 아직 도달하지 않았을 수도 있으므로 변형률의 적합조건으로부터 응력을 구하여야 한다.

편심  $e$ 가 작으면, 파괴는 인장측 철근이 항복하기 이전에 콘크리트가 극한 변형률 0.003에 도달하므로 파괴시 인장측 철근의 응력은 변형률의 적합조건을 이용하여 구하여야 한다. 이 경우 최외곽 압축측 철근은 대개 항복하나 엄밀히는 변형률의 적합조건을 이용하여 확인하여야 한다.

이와 같이 철근이 항복하지 않았을 경우의 철근의 응력은 변형률도의 삼각형의 닮음으로부터 구한다.

$$f'_s = E_s \varepsilon'_s = E_s \frac{0.003(c - d')}{c} \leq f_y$$

$$f_s = E_s \varepsilon_s = E_s \frac{0.003(d - c)}{c} \leq f_y$$