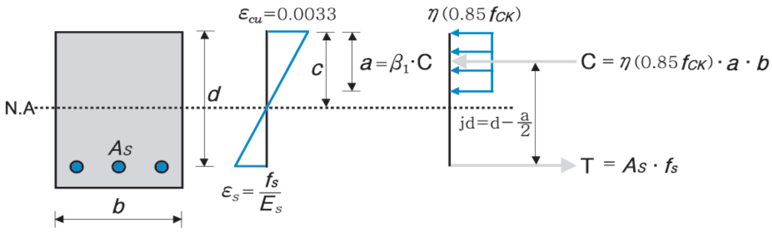
【KDS 14 국가건설기준 2021】 ⬅ 【콘크리트구조 학회기준 2017】



1 해석을 위한 설계상의 주요 가정

<table>
<tr><td rowspan="3">(1)</td><td colspan="2">철근의 응력이 설계기준항복강도 f_y 이하일 때 철근의 응력은 그 변형률에 E_s를 곱한 값으로 하고, 철근의 변형률이 f_y에 대응하는 변형률보다 큰 경우 철근의 응력은 변형률에 관계없이 f_y로 하여야 한다.</td></tr>
<tr><td colspan="2">철근의 인장력 계산은 항복변형률 ϵ_y에 대하여 다음과 같이 계산할 수 있다.</td></tr>
<tr><td>$\epsilon_s < \epsilon_y$ ➟ $A_s \cdot f_s = A_s \cdot E_s \cdot \epsilon_s$</td><td>$\epsilon_s \geq \epsilon_y$ ➟ $A_s \cdot f_s = A_s \cdot f_y$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">(2)</td><td colspan="2">규정된 포물선-직선 형상의 응력-변형률 관계 대신
단면의 가장자리와 최대 압축변형률이 일어나는 연단부터 $a=\beta_1 \cdot c$ 거리에 있고 중립축과 평행한 직선에 의해 이루어지는 등가 압축영역에 $\eta(0.85 f_{ck})$인 콘크리트 응력이 등분포하는 것으로 가정하는 등가직사각형압축응력블록으로 나타낼 수 있다.</td></tr>
<tr><td colspan="2">

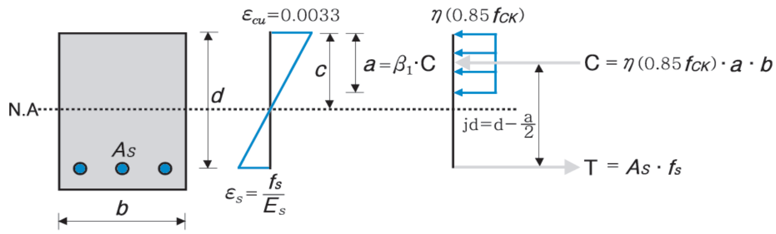
f_{ck}(MPa)	≤40	50	60	70	80	90
ϵ_{cu}	0.0033	0.0032	0.0031	0.003	0.0029	0.0028
η	1.00	0.97	0.95	0.91	0.87	0.84
β_1	0.80	0.80	0.76	0.74	0.72	0.70

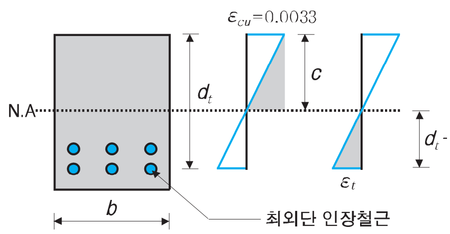
</td></tr>
</table>

2 지배단면의 구분

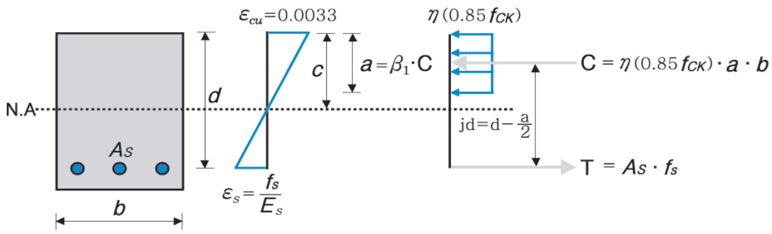
<table>
<tr><th>지배단면</th><th>최외단 인장철근의 순인장변형률 ϵ_t</th><th>강도감소계수(φ)</th></tr>
<tr><td>압축지배단면</td><td>ϵ_y 이하</td><td>0.65</td></tr>
<tr><td rowspan="2">변화구간단면</td><td rowspan="2">ϵ_y ~ 0.005(또는 $2.5\epsilon_y$)</td><td>0.65~0.85</td></tr>
<tr><td>직사각형 띠기둥 $\phi = 0.65 + (\epsilon_t - 0.002) \times \frac{200}{3}$</td></tr>
<tr><td>인장지배단면</td><td>0.005 이상
(단, $f_y > 400$MPa인 경우 $2.5\epsilon_y$ 이상)</td><td>0.85</td></tr>
</table>

3 단철근 직사각형 보의 설계휨강도



<table>
<tr><td>(1)</td><td>압축응력 등가블록 깊이
a</td><td colspan="3">① 단철근보: $a=\dfrac{A_s\cdot f_y}{\eta(0.85f_{ck})\cdot b}$</td><td colspan="3">② T형보: $a=\dfrac{A_s\cdot f_y}{\eta(0.85f_{ck})\cdot b_e}$</td></tr>
<tr><td rowspan="7">(2)</td><td rowspan="7">중립축거리
$c=\dfrac{a}{\beta_1}$</td><td>A_s</td><td colspan="5">휨부재의 인장철근량, mm^2</td></tr>
<tr><td>f_y</td><td colspan="5">철근의 설계기준항복강도, MPa</td></tr>
<tr><td>f_{ck}</td><td colspan="5">콘크리트의 설계기준압축강도, MPa</td></tr>
<tr><td>b</td><td colspan="5">단철근보의 압축면의 유효폭, mm</td></tr>
<tr><td>b_e</td><td colspan="5">T형보의 유효폭, mm</td></tr>
<tr><td>η</td><td colspan="5">콘크리트 등가 직사각형 압축응력블록의 크기를 나타내는 계수
$f_{ck}\ \leq\ 40\mathrm{MPa}$ ➠ $\eta=1.00$</td></tr>
<tr><td>β_1</td><td colspan="5">콘크리트 등가 직사각형 압축응력블록의 깊이를 나타내는 계수
$f_{ck}\ \leq\ 40\mathrm{MPa}$ ➠ $\beta_1=0.80$</td></tr>
<tr><td rowspan="6">(3)</td><td rowspan="6">최외단 인장철근의
순인장변형률
$\epsilon_t=\dfrac{d_t-c}{c}\cdot\epsilon_c$
⬇
지배단면의 구분
⬇
강도감소계수(ϕ)의 결정</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td colspan="2">$\epsilon_t\ \geq\ 0.005$</td><td colspan="2">$0.002\ <\ \epsilon_t\ <\ 0.005$</td><td colspan="2">$\epsilon_t\ \leq\ 0.002$</td></tr>
<tr><td colspan="2">⬇</td><td colspan="2">⬇</td><td colspan="2">⬇</td></tr>
<tr><td colspan="2">인장지배단면</td><td colspan="2">변화구간단면</td><td colspan="2">압축지배단면</td></tr>
<tr><td colspan="2">⬇</td><td colspan="2">⬇</td><td colspan="2">⬇</td></tr>
<tr><td colspan="2">$\phi=0.85$</td><td colspan="2">$\phi=0.65+(\epsilon_t-0.002)\times\dfrac{200}{3}$</td><td colspan="2">$\phi=0.65$</td></tr>
<tr><td>(4)</td><td>설계휨강도</td><td colspan="6">$\phi M_n=\phi A_s\cdot f_y\cdot\left(d-\dfrac{a}{2}\right)$</td></tr>
</table>

4 균형철근비, 최대철근비



(1) 균형철근비 ρ_b

$$\rho_b = \frac{\eta(0.85 f_{ck})}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_y}$$

인장철근이 설계기준항복강도 f_y에 대응하는 변형률에 도달하고 동시에 압축 콘크리트가 가정된 극한변형률에 도달할 때, 그 단면이 균형변형률 상태에 있다고 본다.

f_y	철근의 설계기준항복강도, MPa
f_{ck}	콘크리트의 설계기준압축강도, MPa
η	콘크리트 등가 직사각형 압축응력블록의 크기를 나타내는 계수 f_{ck} ≤ 40MPa ➠ $\eta = 1.00$
β_1	콘크리트 등가 직사각형 압축응력블록의 깊이를 나타내는 계수 f_{ck} ≤ 40MPa ➠ $\beta_1 = 0.80$
ϵ_{cu}	압축연단 콘크리트의 극한변형률 $\epsilon_{cu} = 0.0033$
ϵ_y	인장철근의 항복변형률 $\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{f_y}{200,000}$

(2) 최대철근비 $\rho_{\max}$

휨부재의 최소 허용변형률 및 해당 철근비

철근의 설계기준항복강도 f_y(MPa)	최소 허용변형률	해당 철근비
300	0.004	$0.658\rho_b$
350	0.004	$0.692\rho_b$
400	0.004	$0.726\rho_b$
500	0.005 ($2\epsilon_y$)	$0.699\rho_b$
600	0.006 ($2\epsilon_y$)	$0.677\rho_b$

배점3 [2014.①]

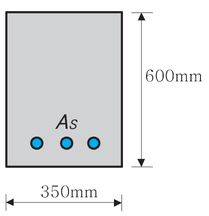
01 콘크리트 설계기준압축강도 $f_{ck}=30\text{MPa}$일 때 압축응력등가블록의 깊이계수 β_1을 구하시오.

정답 $f_{ck} \leq 40\text{MPa} \Rightarrow \beta_1 = 0.80$

	f_{ck}(MPa)	≤ 40	50	60	70	80	90
등가직사각형 응력분포 변수 값	ϵ_{cu}	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028
	η	1.00	0.97	0.95	0.91	0.87	0.84
	β_1	0.80	0.80	0.76	0.74	0.72	0.70

배점4 [2011.①]

02 다음 그림과 같은 보의 압축연단으로부터 중립축까지의 거리 c를 구하시오.
(단, $f_{ck}=35\text{MPa}$, $f_y=400\text{MPa}$, $A_s=2{,}028\text{mm}^2$)



---

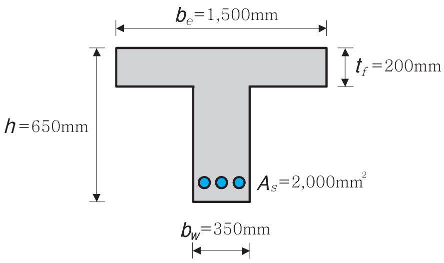
(1) $f_{ck} \leq 40\text{MPa} \Rightarrow \eta = 1.00,\ \beta_1 = 0.80$

(1) $$a = \frac{A_s \cdot f_y}{\eta \cdot 0.85 f_{ck} \cdot b} = \frac{(2{,}028)(400)}{(1.00)0.85(35)(350)} = 77.91\text{mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{(77.91)}{(0.80)} = 97.39\text{mm}$$

배점4 [2014.②]

03 그림과 같은 T형보의 중립축위치(c)를 구하시오.
(단, 보통중량콘크리트 $f_{ck}=30\text{MPa}$, $f_y=400\text{MPa}$, 인장철근 단면적 $A_s=2{,}000\text{mm}^2$)



(1) $f_{ck} \le 40\text{MPa}$ ➡ $\eta=1.00$, $\beta_1=0.80$

(2) $a=\dfrac{A_s \cdot f_y}{\eta(0.85f_{ck}) \cdot b}=\dfrac{(2{,}000)(400)}{(1.00)(0.85\times 30)(1{,}500)}=20.92\text{mm}$

$c=\dfrac{a}{\beta_1}=\dfrac{(20.92)}{(0.80)}=26.15\text{mm}$

배점2 [2018.②, 2021.④]

04 다음이 설명하는 용어를 쓰시오.

> 압축연단 콘크리트가 가정된 극한변형률인 0.003에 도달할 때 최외단 인장철근의 순인장변형률 ϵ_t가 0.005 이상인 단면: ____________________

정답 인장지배단면

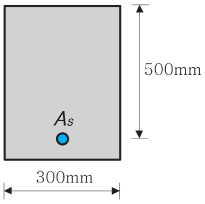
배점3 [2012.②, 2016.④]

05 휨부재의 공칭강도에서 최외단 인장철근의 순인장변형률 $\epsilon_t=0.004$일 경우 강도감소계수 ϕ를 구하시오.

정답 $\phi=0.65+[(0.004)-0.002]\times\dfrac{200}{3}=0.783$

배점3 [2014.④]

06 그림과 같은 철근콘크리트 보의 강도감소계수를 산정하시오.
(단, $f_{ck}=30\text{MPa}$, $f_y=400\text{MPa}$, $A_s=2{,}820\text{mm}^2$)



(1) $f_{ck} \le 40\text{MPa}$ ➠ $\eta=1.00$, $\beta_1=0.80$

$$a=\frac{A_s \cdot f_y}{\eta(0.85f_{ck})\cdot b}=\frac{(2{,}820)(400)}{(1.00)(0.85\times 30)(300)}=147.45\text{mm}$$

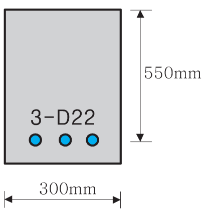
$$c=\frac{a}{\beta_1}=\frac{(147.45)}{(0.80)}=184.31\text{mm}$$

(2) $\epsilon_t=\dfrac{d_t-c}{c}\cdot\epsilon_{cu}=\dfrac{(500)-(184.31)}{(184.31)}\cdot(0.0033)=0.00565 \ \ge\ 0.005$

∴ 인장지배단면 부재이며 $\phi=0.85$

배점4 [2012.①]

07 그림과 같은 철근콘크리트 보가 $f_{ck}=21\text{MPa}$, $f_y=400\text{MPa}$, D22(단면적 387㎟) 일 때 강도감소계수 $\phi=0.85$를 적용함이 적합한지 부적합한지를 판정하시오.



(1) $a=\dfrac{A_s\cdot f_y}{\eta\cdot 0.85f_{ck}\cdot b}=\dfrac{(3\times 387)(400)}{(1.00)0.85(21)(300)}=86.72\text{mm}$

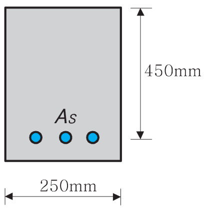
(2) $f_{ck} \le 40\text{MPa}$ ➠ $\beta_1=0.80$, $c=\dfrac{a}{\beta_1}=\dfrac{(86.72)}{(0.80)}=108.4\text{mm}$

(3) $\epsilon_t=\dfrac{d_t-c}{c}\cdot\epsilon_c=\dfrac{(550)-(108.4)}{(108.4)}\cdot(0.0033)=0.01344 \ >\ 0.005$

(4) 인장지배단면 부재이며 $\phi=0.85$를 적용함이 적합

배점4 [2011.④, 2018.④]

08 그림과 같은 RC보에서 최외단 인장철근의 순인장변형률(ϵ_t)를 산정하고, 지배단면(인장지배단면, 압축지배단면, 변화구간단면)을 구분하시오. (단, $A_s = 1{,}927\text{mm}^2$, $f_{ck} = 24\text{MPa}$, $f_y = 400\text{MPa}$, $E_s = 200{,}000\text{MPa}$)



(1) $a = \dfrac{A_s \cdot f_y}{\eta \cdot 0.85 f_{ck} \cdot b} = \dfrac{(1{,}927)(400)}{(1.00)0.85(24)(250)} = 151.13\text{mm}$

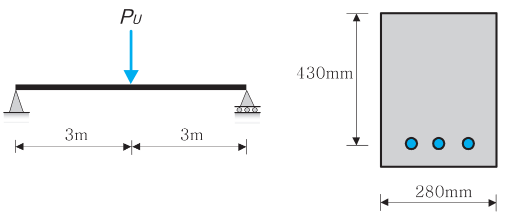
(2) $f_{ck} \ \le \ 40\text{MPa}$ ➠ $\beta_1 = 0.80$, $c = \dfrac{a}{\beta_1} = \dfrac{(151.13)}{(0.80)} = 188.91\text{mm}$

(3) $\epsilon_t = \dfrac{d_t - c}{c} \cdot \epsilon_c = \dfrac{(450)-(188.91)}{(188.91)} \cdot (0.0033) = 0.00456$

(4) $0.0020 \ < \ \epsilon_t \ (=0.00456) \ < \ 0.005$ 이므로 변화구간단면의 부재이다.

배점4 [2015.①]

09 그림과 같이 단순지지된 철근콘크리트 보의 중앙에 집중하중이 작용할 때 이 보에서의 휨에 대한 강도감소계수를 구하시오. (단, $E_s = 200{,}000\text{MPa}$, $f_{ck} = 24\text{MPa}$, $f_y = 400\text{MPa}$, $A_s = 2{,}100\text{mm}^2$)



(1) $f_{ck} \ \le \ 40\text{MPa}$ ➠ $\eta = 1.00$, $\beta_1 = 0.80$

$a = \dfrac{A_s \cdot f_y}{\eta(0.85 f_{ck}) \cdot b} = \dfrac{(2{,}100)(400)}{(1.00)(0.85 \times 24)(280)} = 147.05\text{mm}$

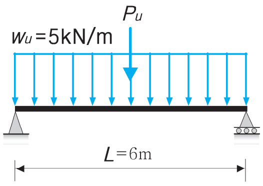
$c = \dfrac{a}{\beta_1} = \dfrac{(147.05)}{(0.80)} = 183.81\text{mm}$

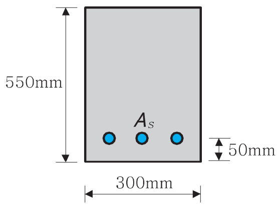
(2) $\epsilon_t = \dfrac{d_t - c}{c} \cdot \epsilon_c = \dfrac{(430)-(183.81)}{(183.81)} \cdot (0.0033) = 0.00442$ ➠ 변화구간단면의 부재

(3) $\phi = 0.65 + (\epsilon_t - 0.002) \times \dfrac{200}{3} = 0.65 + [(0.00442) - 0.002] \times \dfrac{200}{3} = 0.811$

배점4 [2014.②]

10 그림과 같은 철근콘크리트 단순보에서 계수집중하중(P_u)의 최대값(kN)을 구하시오. (단, 보통중량콘크리트 $f_{ck}=28\text{MPa}$, $f_y=400\text{MPa}$, 인장철근 단면적 $A_s=1{,}500\text{mm}^2$, 휨에 대한 강도감소계수 $\phi=0.85$를 적용한다.)





정답

(1) $f_{ck} \le 40\text{MPa}$ ➠ $\eta=1.00$, $\beta_1=0.80$

$$a=\frac{A_s \cdot f_y}{\eta(0.85 f_{ck}) \cdot b}=\frac{(1{,}500)(400)}{(1.00)(0.85\times 28)(300)}=84.03\text{mm}$$

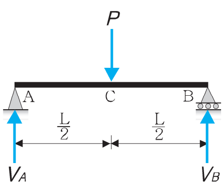
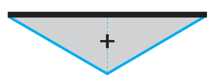
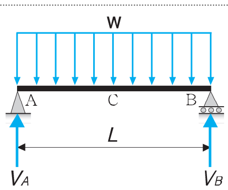
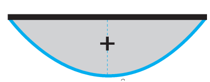
(2) $\phi M_n=\phi A_s \cdot f_y \cdot \left(d-\frac{a}{2}\right)$

$$=(0.85)(1{,}500)(400)\left((500)-\frac{(84.03)}{2}\right)=233{,}572{,}350\text{N}\cdot\text{mm}=233.572\text{kN}\cdot\text{m}$$

(3) $M_u=\frac{P_u \cdot L}{4}+\frac{w_u \cdot L^2}{8}=\frac{P_u(6)}{4}+\frac{(5)(6)^2}{8}$

(4) $M_u \le \phi M_n$ 으로부터 $\frac{P_u(6)}{4}+\frac{(5)(6)^2}{8} \le 233.572$ 이므로 $P_u \le 140.715\text{kN}$

극한강도설계법(Ultimate Strength Design) 기본 관계식	**소요강도(M_u) ≤ 설계강도(ϕM_n)**

하중도	휨모멘트도	최대휨모멘트
		$M_{max}=\frac{PL}{4}$
		$M_{max}=\frac{wL^2}{8}$

배점2 [2020.②]

11 철근콘크리트구조에서 최대철근비 규정은 철근의 항복강도 f_y를 기준으로 두 가지로 구분된다. 다음 표의 빈칸을 최외단 인장철근의 순인장변형률 ϵ_t, 항복변형률 ϵ_y로 표현하시오.

$f_y \leq 400\text{MPa}$	$f_y > 400\text{MPa}$

$f_y \leq 400\text{MPa}$	$f_y > 400\text{MPa}$
$\epsilon_t = 0.004$	$\epsilon_t = 2 \cdot \epsilon_y$

배점4 [2013.④, 2016①]

12 폭 $b = 500\text{mm}$, 유효깊이 $d = 750\text{mm}$ 인 철근콘크리트 단철근 직사각형 보의 균형철근비 및 최대 철근량을 계산하시오. (단, $f_{ck} = 27\text{MPa}$, $f_y = 300\text{MPa}$)

(1) $f_{ck} \leq 40\text{MPa}$ ➠ $\eta = 1.00$, $\beta_1 = 0.80$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{(300)}{(200{,}000)} = 0.0015$$

(2) $\rho_b = \dfrac{\eta(0.85 f_{ck})}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \dfrac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_y} = \dfrac{(1.00)(0.85 \times 27)}{(300)} \cdot (0.80) \cdot \dfrac{(0.0033)}{(0.0033) + (0.0015)} = 0.04207$

(3) $\rho_{\max} = 0.658 \rho_b = 0.658(0.04207) = 0.02768$

(4) $A_{s,\max} = \rho_{\max} \cdot b \cdot d = (0.02768)(500)(750) = 10{,}380\text{mm}^2$