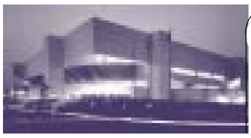


1 단주(短柱)

학습방향

압축력의 지배를 받는 단주는 편심하중의 위치에 따른 압축응력 분포형태와 단면의 핵점 위치, 최대압축응력 계산등을 이해해 두어야 한다.

① 최대압축응력 $f_{\max}=\dfrac{P}{A}+\dfrac{M}{Z}$

② 단면의 핵

㉠ 직사각형 단면 $e_o=\dfrac{h}{6}$　　㉡ 원형단면 $e_o=\dfrac{D}{8}$

1 단주의 응력

(1) 기둥

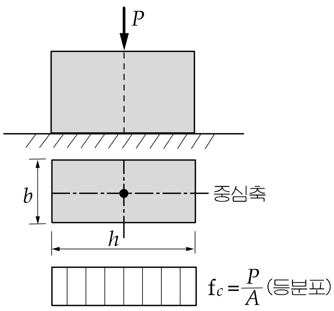
기둥이란 일반적으로 축방향 압축력을 받는 부재를 가리키며, 기둥의 길이에 비해 단면적이 큰 압축재를 **단주**(短柱)라 하고, 단면적이 작은 압축재를 **장주**(長柱)라 한다.

- 단주 : 압축응력의 지배를 받은 기둥
- 장주 : 좌굴응력의 지배를 받은 기둥

(2) 중심축 하중을 받는 단주

압축력이 단면의 도심에 작용하는 경우 단면내에 발생하는 압축응력도의 크기는 일정한 등분포 형태이다.

$$f_c=\frac{P}{A}\ (\mathrm{kg/cm^2})$$



학습POINT

■ 좌굴(Buckling)

장주에서 편심모멘트가 발생하여 휘어져 버리는 현상을 말한다.

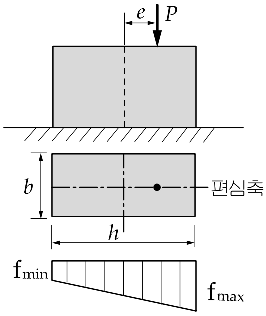
■ 압축력의 지배

기둥은 축방향 압축력을 받는 구조물이기 때문에 다른 구조물과 달리 굳이 압축력의 부호에 (−)를 붙이지 않는 경우도 많다.

(3) 편심하중을 받는 단주

압축력이 도심에서 편심거리 e만큼 떨어져 작용하는 경우 단면내에 발생하는 압축응력의 크기는 편심거리에 따라 달라지나, 대개는 사다리꼴의 등변분포 형태이다.

- $f_{max} = \dfrac{P}{A} + \dfrac{M}{Z}$
- $f_{min} = \dfrac{P}{A} - \dfrac{M}{Z}$



2 단면의 핵

(1) 정의

편심하중을 받는 단주에서 도심으로 부터의 편심거리(e)가 멀어짐에 따라 단면내 발생하는 최소응력(f_{min})은 압축응력 또는 인장응력이 발생하게 된다.

① 핵점(core point) : 단면내에 압축응력만 일어나게 되는 편심거리의 한계점

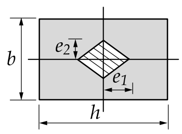
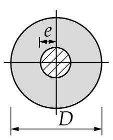
② 단면의 핵 : 핵점에 의해 둘러싸인 부분

③ 핵점의 위치

단면의 핵점은 순수압축응력 ($\frac{P}{A}$)와 편심으로 인한 휨응력 ($\frac{M}{Z}$)이 같을때의 편심위치를 뜻한다.

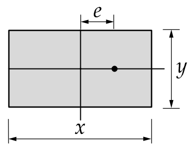
$$\frac{P}{A} = \frac{M}{Z} = \frac{Pe}{Z}$$

$$\therefore \text{ 핵점 } e = \frac{Z}{A} = \frac{I}{Ay}$$

구 분	도 형	단면의 핵
직사각형		$e_1 = \dfrac{Z}{A} = \dfrac{\frac{bh^2}{6}}{b \times h} = \dfrac{h}{6}$
원 형		$e = \dfrac{Z}{A} = \dfrac{\frac{\pi D^3}{32}}{\frac{\pi D^2}{4}} = \dfrac{D}{8}$

■ 높이(h)의 산정

높이 계산시 편심축이 높이가 된다.



$$Z = \frac{bh^2}{6} = \frac{yx^2}{6}$$

■ 단면의 핵거리 (e)

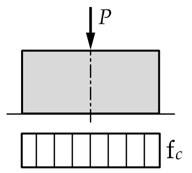
- 직사각형 $e = \dfrac{h}{6}$
- 원형 $e = \dfrac{D}{8}$

(2) 편심하중과 응력도

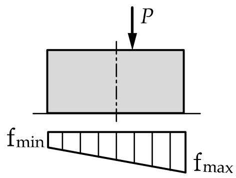
편심거리 e의 위치에 따라 응력분포가 다음과 같이 변화한다.

직사각형 단면에서 핵거리 $\frac{h}{6}$와 편심거리 e를 비교하면 다음과 같이 4가지 응력분포가 나타난다.

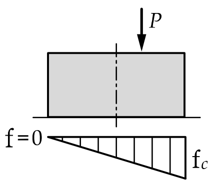
중심축에 작용할 때($e=0$)



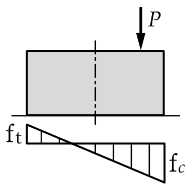
편심이 핵점이내일 때($e < \frac{h}{6}$)



핵점에 작용할 때($e = \frac{h}{6}$)

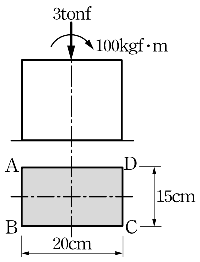


핵점밖에 작용할 때($e > \frac{h}{6}$)



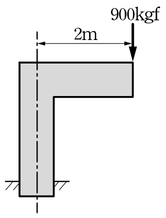
핵 심 문 제

1 그림과 같이 중심축하중과 휨모멘트를 받는 기둥 단면에서 CD면에 일어나는 응력도는? [99㉮]



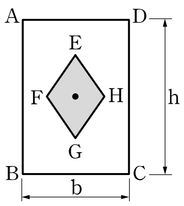
㉮ $10\,kgf/cm^2$
㉯ $15\,kgf/cm^2$
㉰ $20\,kgf/cm^2$
㉱ $30\,kgf/cm^2$

2 그림과 같은 기둥단면이 30cm×30cm인 사각형 단주에서 기둥에 생기는 최대압축면 응력도는? (단, 재질은 균등한 것으로 본다.) [99㉮]



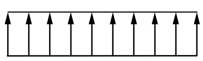
㉮ $-20.0\,kgf/cm^2$
㉯ $-26.0\,kgf/cm^2$
㉰ $-31.0\,kgf/cm^2$
㉱ $-41.0\,kgf/cm^2$

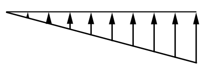
3 그림과 같은 구형 단면 A, B, C, D의 핵을 E, F, G, H라 하면 FH/BC의 값은? [99㉯]

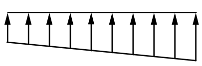


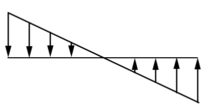
㉮ $\dfrac{1}{6}$
㉯ $\dfrac{1}{5}$
㉰ $\dfrac{1}{4}$
㉱ $\dfrac{1}{3}$

4 편심하중을 받는 단주에서 핵심(core section)밖으로 하중이 걸리면 응력 분포는 어떻게 되는가? [98㉯]

㉮ 

㉯ 

㉰ 

㉱ 

해 설

해설 **1**

CD면에서 최대압축응력발생

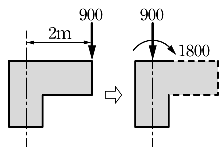
$$f_{CD}=\frac{P}{A}+\frac{M}{Z}$$

$$=\frac{3,000}{15\times20}=\frac{100\times100}{\frac{15\times20^2}{6}}$$

$$=20\,kgf/cm^2$$

해설 **2**

하중을 중심축에 옮기면



$$f_{max}=\frac{P}{A}+\frac{M}{Z}$$

$$=\frac{900}{30\times30}+\frac{1800\times100}{\frac{30\times30^2}{6}}$$

$$=41\,kgf/cm^2$$

해설 **3**

직사각형 단면의 핵

$e=\dfrac{h}{6}$ 이므로

$FH=2e=\dfrac{h}{3}$

$\therefore\ \dfrac{FH}{BC}=\dfrac{1}{3}$

해설 **4**

편심하중이 단면의 핵밖에 놓이면 반대편에 인장응력이 생긴다.

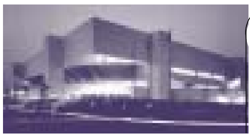
㉮ $e=0$

㉯ $e=\dfrac{h}{6}$

㉰ $e<\dfrac{h}{6}$

㉱ $e>\dfrac{h}{6}$

정답 1. ㉰ 2. ㉱ 3. ㉱ 4. ㉱



2 장주(長柱)

학습방향

좌굴의 지배를 받는 장주는 오일러(Euler)의 좌굴하중 공식과 단부의 지지조건에 따른 좌굴길이, 그리고 세장비 계산등을 익혀두어야 한다.

① Euler의 좌굴하중 $P=\dfrac{\pi^2 EI}{l_k^2}$

② 좌굴길이

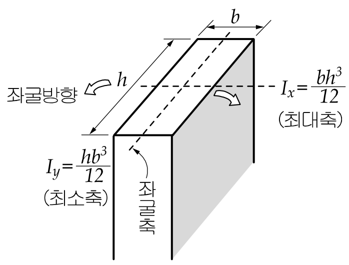
구　　분	1단고정 1단자유	양단힌지	1단고정 1단힌지	양단고정
좌굴길이	$2\,l$	$1\,l$	$0.7\,l$	$0.5\,l$

③ 세장비 $\lambda=\dfrac{l_k}{r_{\min}}$

1 장주의 응력

(1) 장주의 정의

세장비가 일정한 값 이상이 되는 기둥을 말하며, 좌굴에 의해 지배되는 기둥을 장주라 한다. 이 경우 좌굴은 단면 2차 반지름이 **최소인 축**을 중심으로 일어난다.



(2) Euler의 장주공식

① 좌굴하중

$$P=\frac{\pi^2 EI}{l_k^2}=\frac{n\pi^2 EI}{l^2}=\frac{\pi^2 EA}{\lambda^2}$$

② 좌굴응력도

$$f=\frac{P}{A}=\frac{\pi^2 EI}{l_k^2 A}=\frac{\pi^2 E r^2}{l_k^2}=\frac{\pi^2 E}{\lambda^2}\le f_k$$

학습POINT

장주의 좌굴축

단면2차 모멘트가 최소인 축은 그만큼 휨에 대하여 약하므로 좌굴을 일으키게 된다. 이는, 단면2차 반지름이 최소인 축이기도 하다.

여기서 E : 탄성계수 (kg/cm²)

I : 단면2차 모멘트(cm^4)

l_k : 좌굴길이(cm)

λ : 세장비

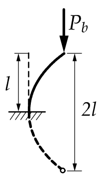
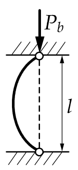
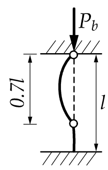
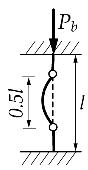
f_k : 허용좌굴 응력도

③ 좌굴(Buckling)

단면에 비하여 길이가 긴 장주에서 중심축 하중을 받는데도 부재의 **불균일성**에 기인하여 하중이 집중되는 부분에 편심 모멘트가 발생함에 따라 압축응력이 허용강도에 도달하기 전에 휘어져 버리는 현상을 말한다.

2 좌굴강도와 세장비

(1) 좌굴길이와 강도

	1단고정 1단자유	양단힌지	1단고정 1단힌지	양단고정
지지상태				
좌굴길이	$l_k=2l$	$l_k=l$	$l_k=0.7l$	$l_k=0.5l$
강 도	$n=\frac{1}{4}$	$n=1$	$n=2$	$n=4$

(2) 세장비(slenderness ratio)

기둥의 유효길이와 최소단면2차 반지름의 비를 세장비(細長比)라 한다.

$$\text{세장비 } (\lambda) = \frac{\text{기둥의유효길이}(l_k)}{\text{최소단면2차 반지름}(r_{\min})}$$

■ 장주의 좌굴응력(강도)을 계산할때는 좌굴에 대한 안전을 고려하여 최소 단면2차반지름이 되도록 설계한다.

핵 심 문 제

1 양단이 고정이고 높이가 3m인 H형강 기둥의 이론치(理論値) 좌굴길이는? [02 99㉕]

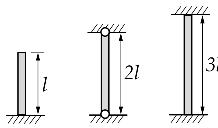
㉮ 1.5m
㉯ 2.1m
㉰ 3.0m
㉱ 6.0m

2 다음에서 옳지 않은 기술은? [98㉠]

㉮ 편심거리에 축방향력을 곱하면 편심모멘트가 된다.
㉯ 기초바닥의 단면의 핵은 기초바닥의 모양에 따라 다르다.
㉰ 좌굴은 편심하중에 의하여 일어나는 현상이다.
㉱ 편심하중이 단면의 핵안에 작용하면 기초 바닥내에 인장응력이 없다.

3 그림과 같은 동질(同質), 동단면(同斷面)의 장주(長柱) 압축재로 축방향 하중에 대한 강도의 상호관계로서 옳은 것은? [96㉠]

㉮ (A) > (B) > (C)
㉯ (A) > (B) = (C)
㉰ (A) = (B) = (C)
㉱ (A) = (B) < (C)



(A) (B) (C)

4 오일러(Euler)의 좌굴 응력도식 중 틀린 것은? [90㉠]

㉮ $\sigma_k = \dfrac{N_k}{A}$

㉯ $\sigma_k = \dfrac{\pi^2 EI}{A_c \cdot l^2}$

㉰ $\sigma_k = \dfrac{I\pi^2}{\lambda^2}$

㉱ $\sigma_k = \dfrac{\pi^2 E}{\left(\dfrac{l_k}{r}\right)^2}$

해 설

해설 1

양단고정의 좌굴길이

$l_k = 0.5l = 0.5 \times 3\,\mathrm{m} = 1.5\mathrm{m}$

해설 2

㉰ 좌굴은 장주에서 중심축하중을 받는데도 부재의 불균일성에 기인하여 편심모멘트가 발생함에 따라 휘어져 버리는 현상을 말한다.

해설 3

(A) $l_k = 2l$

(B) $l_k = 1l \approx 1 \times 2l = 2l$

(C) $l_k = 0.5l \approx 0.5 \times 3l = 1.5l$

강도(n)은 좌굴길이의 제곱에 반비례하므로

(A)=(B) <(C)

해설 4

$$P = \frac{\pi^2 EI}{l_k^2}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{\pi^2 EI}{A l_k^2}$$

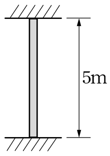
$$= \frac{\pi^2 E r^2}{l_k^2} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$$

정답 1. ㉮ 2. ㉰ 3. ㉱ 4. ㉰

5 그림과 같은 구조용 강재의 단면2차반경이 1cm일 때 세장비(λ)는?

[00 ㉯]

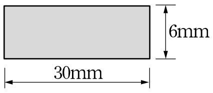
㉮ 100
㉯ 250
㉰ 300
㉱ 500



6 그림과 같은 단면을 가진 압축재에서 좌굴길이 $l_k = 25\,\text{cm}$ 일 때 Euler의 좌굴하중 값은? (단, 이 재료의 탄성계수 $E = 2,100\,\text{t/cm}^2$ 이다.)

[96 ㉮]

㉮ 1.8 t
㉯ 4.3 t
㉰ 17.9 t
㉱ 44.7 t



해 설

해설 **5**

$l_k = 0.5l = 0.5 \times 5\,\text{m} = 2.5\text{m}$

세장비 계산

$$\lambda = \frac{l_k}{r} = \frac{250}{1} = 250$$

해설 **6**

단면2차모멘트가 최소이어야 한다.

$$I_{min} = \frac{3 \times 0.6^3}{12} = 0.054\,\text{cm}^4$$

$$P = \frac{\pi^2 EI}{l_k^2}$$

$$= \frac{\pi^2 \times 2.1 \times 10^6 \times 0.054}{25^2}$$

$$= 1,790\,\text{kg} \fallingdotseq 1.8\text{t}$$

정답 5. ㉯ 6. ㉮