

목재의 각종하중에 대한 강도계산 예제풀이

예제 1 중앙집중하중

b=9.0cm, h=6.0cm, $\ell=120$ cm, $F_b=107$ kgf/cm² 일 때의 허용급힘하중

$$W_o = \frac{2bh^2F_b}{3\ell} = \frac{2 \times 9.0 \times 6^2 \times 107}{3 \times 120} = 192.6 \text{ (kgf)}$$

예제 2 편하중

예제 1에 대하여 $\ell_1=80$ cm, $\ell_2=40$ cm 일 때의 허용급힘하중

$$W_c = \frac{bh^2\ell F_b}{6\ell_1\ell_2} = \frac{9 \times 6^2 \times 120 \times 107}{6 \times 80 \times 40} = 216.7 \text{ (kgf)}$$

예제 3 등분포하중(1)

b=9.0cm, h=6.0cm, $\ell=120$ cm, $F_b=107$ kgf/cm² 일 때의 허용급힘하중

$$W_d = \frac{4bh^2F_b}{3\ell} = \frac{4 \times 9 \times 6^2 \times 107}{3 \times 120} = 385.2 \text{ (kgf)}$$

예제 4 등분포하중(2)

예제 3을 b=6.0cm, h=9.0cm 로 했을 때의 허용급힘하중
이 때 F_b 는 82 kgf/cm² 이다.

$$W_d = \frac{4bh^2F_b}{3\ell} = \frac{4 \times 6 \times 9^2 \times 82}{3 \times 120} = 442.8 \text{ (kgf)}$$

이와 같이 부재를 나무 끝 방향으로 하면 F_b 는 작지만 단면계수가 크기 때문에 허용급힘하중은 커진다.

예제 5 2점집중하중

b=9.0cm, h=6.0cm $\ell=120$ cm, $F_b=107$ kgf/cm², $\ell_1=40$ cm, $\ell_2=20$ cm
일 때의 허용급힘하중

$$W_a = \frac{bh^2 Fbl}{3(l-l_1+l_2)l_1} = \frac{9 \times 6^2 \times 107 \times 120}{3(120-40+20)40} = 3.467 \text{ (kgf)}$$

등분포하중 일때의 허용굽힘하중을 알고 있을 때는 (8)식에서 배수를 구하여 그 허용굽힘하중에 배수를 곱하여 계산해도 좋다.

(8)식으로부터 예제 5의 배수는

$$\text{배수} = \frac{l^2}{4(l-l_1+l_2)l_1} = \frac{120^2}{4(120-40+20)40} = 0.9$$

따라서 예제 3에서의 허용굽힘하중 385.2 kgf에 이 배수를 곱하면 $385.2 \times 0.9 = 346.7 \text{ kgf}$ 가 되어 예제5의 결과와 같다.

예제 6 $l_1 = l_2 = l$ 일 때의 허용굽힘하중
 $b=9.0\text{cm}$, $h=6.0\text{cm}$, $l=33\text{cm}$ 일 때의 허용굽힘하중

$$W = \frac{bh^2 Fb}{3l} = \frac{9 \times 6^2 \times 107}{3 \times 33} = 350.2 \text{ (kgf)}$$

예제 7 보의 중심간격

보의 길이 : 170cm, 보의 단면치수 : 6 × 9cm, $F_b=82 \text{ kgf/cm}^2$ 일 경우
 보의 중심간격

$$l_2 \leq \frac{100bh^2 Fb}{3l_1^2} = \frac{100 \times 6 \times 9^2 \times 82}{3 \times 170^2} = 46 \text{ (cm)}$$

따라서 이 경우에 보의 중심 간격은 46cm 이하로 하면 된다.
 또한 수종을 미송을 사용할 경우에는 F_b 가 91 kgf/cm^2 이므로 보의 간격은

$$l_2 \leq \frac{100bh^2 Fb}{3l_1^2} = \frac{100 \times 6 \times 9^2 \times 91}{3 \times 170^2} = 51 \text{ (cm) 이다.}$$

예제 8 보받침대의 치수

보의 길이 : 170cm, 지주의 중심간격 : 110cm, 보받침대의 두께 : 9cm
일 때 보받침대의 필요한 폭 (나무끝방향으로 사용하므로 $F_b=82 \text{ kgf/cm}^2$)

$$\boxed{bh^2 \geq \frac{1.2\ell_1\ell_2}{F_b}} = \frac{1.2 \times 170 \times 110}{82} = 273.7 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$\text{따라서 } b \geq \frac{273.4}{9^2} = 3.4 \text{ ---} > 4\text{cm}$$

예제 9 허용압축하중

$b=9.0\text{cm}$, $t=6.0\text{cm}$, $\ell=160\text{cm}$ 일 때의 지주의 허용압축하중
단, $F_c=60 \text{ kgf/cm}^2$ 이다.

$$\frac{\ell}{t} = \frac{160}{6.0} = 26.7 \text{ 이므로 중주이다. 따라서 (15)식으로부터}$$

$$P_k = 60 \times 9 \times 6 (1.168 - 0.028 \times 26.7) = 1362.1 \text{ (kgf) 이다.}$$

한편 $\ell=210\text{cm}$ 일 때는 $\ell/t = 35$ 이므로 장주이다.

$$\text{따라서 } P_k = \frac{300 \times 60 \times 9 \times 6}{35^2} = 793.5 \text{ (kgf) 이다.}$$

예제 10 허용인장하중

$b=9.0\text{cm}$, $t=6.0\text{cm}$ 일 때의 허용인장하중. 단, $F_t=130 \text{ kgf/cm}^2$ 이다

$$P_t = 9 \times 6 \times 130 = 7020 \text{ kgf}$$

다음에 나무상자의 부재를 실제로 설계해 보기로 한다.

예제 11 부하상재의 계산

아래 그림과 같은 제품을 포장하는 경우 높이의 제한 등의 이유로 두께
9cm의 미송 각재를 사용하고자 하면 부하상재는 몇 개가 필요한가?

내용품중량 : 7,500 kg

안 길이 : 300 cm

안 폭 : 220 cm

활 재 : 10 × 10 cm

틀 부 재 : 9 × 4.5 cm

$\ell_1 = 45 \text{ cm}$, $\ell_2 = 30 \text{ cm}$

중간활재가 한 개 있으므로 이것의 허용굽힘하중을 중앙집중하중으로 보면 공식 (3)식으로부터, (이 때 미송의 허용굽힘강도는 118 kgf/cm²)

$$W_o = \frac{2bh^2 Fb}{3l} = \frac{2 \times 10 \times 10^2 \times 118}{3 \times 300} = \frac{236000}{900} = 262 \text{ kgf 이다.}$$

따라서 부하상재에 작용하는 하중은,

$$W = 7500 - 262 = 7238 \text{ kg 으로 계산해도 좋다.}$$

이 경우 활재의 안쪽 간격은

$$\text{안쪽} + \text{틀부재의두께} \times 2 - \text{활재의폭} \times 2 = 220 + 4.5 \times 10 \times 2 = 209 \text{cm 이다.}$$

부하상재 한 개의 등분포하중 일때의 허용굽힘하중을 (6)식으로부터 산출하면,

$$W_d = \frac{4bh^2 Fb}{3l} = \frac{4 \times 9 \times 9^2 \times 118}{3 \times 209} = \frac{344088}{627} = 549 \text{ kgf}$$

2점집중하중에서의 배수를 (8)식으로부터 산출하면

$$\text{배수} = \frac{l^2}{4(l - l_1 + l_2)l_1} = \frac{209^2}{4(209 - 45 + 30)45} = \frac{43681}{34920} = 1.251$$

$$\text{부하상재 한 개의 허용굽힘하중} = 549 \times 1.251 = 687 \text{ kgf}$$

$$\text{그러므로 필요한 개수} = 7238 \div 687 = 10.54 \rightarrow 11 \text{ 개 이다.}$$

이 때 (7)으로부터 직접 산출할 수도 있다.

$$W_a = \frac{bh^2 Fb l}{3(l - l_1 + l_2)l_1} = \frac{9 \times 9^2 \times 118 \times 209}{3(209 - 45 + 30)45} = \frac{17978598}{26190} = 686.5$$

그 결과는 같음을 알 수 있다.