



1 정정보의 일반사항

학습방향

정정(靜定)이란 구조물에 하중이 작용할때 힘의 평형조건식만으로 구조물의 반력과 부재력을 구할 수 있는 상태를 말한다.

1. 반력계산

- ① $\sum M=0$ ② $\sum V=0$ ③ $\sum H=0$

2. 단면력

- ① 전단력(Shear Force) ② 휨모멘트(Bending Moment) ③ 축방향력(Axial Force)

1 정정보의 종류

보(Beam)란 1개의 부재를 몇개의 지점으로 지지하고, 부재의 축에 직각 또는 경사진 외력이 작용하는 상태로 만들어진 부재를 말한다.

종 류	단 순 보	캔틸레버보	내 민 보	겔 버 보
구 조				

(1) 단순보(單純보 : Simple Beam)

1개의 보의 일단은 보의 방향으로 이동할 수 있는 이동지점이고 타단은 회전(힌지)지점으로 된 보를 말한다.

(2) 캔틸레버보(외팔보 : Cantilever Beam)

일단이 고정지점이고 다른 한단은 지점이 없는 자유단으로 된 보를 말한다.

(3) 내민보(Overhang Beam)

단순보에서 일단 또는 양단이 지점밖으로 내밀어 자유단을 가진 보로서 캔틸레버 부분을 가진 단순보를 말한다.

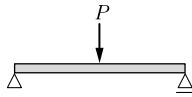
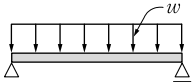
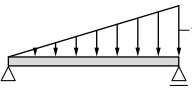
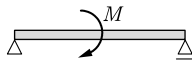
(4) 겔버보(Gerber's Beam)

n개의 지점을 가진 보에 (n-2)개의 힌지(Hinge)를 넣은 연속보와 일단 고정 타단이동단을 가진 부정정보에 부정정차수만큼 힌지를 넣어 정정보로 만든 보를 말한다.

학습 POINT

2 하중의 종류

하중은 작용상태에 따라 다음과 같이 구분된다.

종 류	작 용 상 태	특 징
집중하중(P)		모멘트 계산시 편리하다
등분포하중(w)		사각형 분포의 면적을 구하여 중심에 집중하중으로 바꾸어 반력을 구한다.
등변분포하중(w)		삼각형 분포의 면적을 구하여 삼등분점에 집중하중으로 바꾸어 반력을 구한다
모멘트 하중(M)		모멘트 하중은 그 작용위치에 관계없이 반력의 크기가 일정하다.

3 보의 해석

보를 해석한다는 의미는 작용하는 하중에 따라 반력을 구하고, 단면력을 계산하는 것을 말한다.

(1) 반력 계산

정정보는 힘의 평형조건식을 이용하여 반력을 구할 수 있어야 하므로 힘의 평형방정식을 이용한다.

$$\textcircled{1} \sum M=0 \quad \textcircled{2} \sum V=0 \quad \textcircled{3} \sum H=0$$

(2) 단면력 계산

하중이 작용함에 따라 보의 단면에 생기는 합력을 단면력이라 하고, 단면력을 구할때는 그 단면의 한 쪽(좌측 또는 우측)만을 생각하여 계산한다.

① 전단력(S)

외부로부터 부재를 부재축의 수직방향으로 절단하려는 힘

② 휨모멘트(M)

외력이 부재를 구부리려고 할때의 힘

③ 축방향력(A)

부재축과 나란히 작용하여 압축 또는 인장시키려는 힘

반력 계산시 부호의 약속

계 산	(+)	(-)
$\sum V$ 계산시	↑	↓
$\sum H$ 계산시	→	←
$\sum M$ 계산시	↺	↻



2 단순보의 반력

학습방향

반력(Reaction)이란 구조물이 평형상태를 유지하기 위하여 수동적으로 생기는 지점반력을 뜻하며, 보에서는 수직반력(V), 수평반력(H), 모멘트 반력(M)이 생길 수 있다.

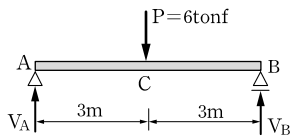
- ① 하중의 종류와 위치에 따른 반력의 방향과 크기
- ② 사각형 분포, 삼각형 분포 하중은 면적을 구하여 집중하중으로 환산한다.
- ③ 평형조건식에 의한 반력계산

1 단순보의 반력계산

하중의 종류와 작용위치에 따른 반력의 방향과 크기를 구하여 보자.

(1) 집중하중

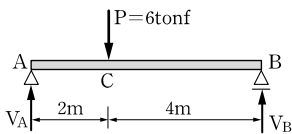
① 중앙에 집중하중 작용시



- 하중이 수직하중이므로 반력도 수직 반력이 생긴다.
- 수직반력은 A지점과 B지점 모두 가질 수 있다.
- 하중이 보의 중앙에 작용하므로 A와 B가 절반씩 분담한다.

$$\therefore V_A = 3 \text{ tonf}, V_B = 3 \text{ tonf}$$

② 임의점에 집중하중 작용시



- 하중이 A점쪽 가까이에 작용하므로 A점의 반력이 B점의 반력보다 크다.
- $V_A = \frac{BC}{AB} = \frac{4\text{m}}{6\text{m}} = \frac{2}{3}$ 의 비율
- $V_B = \frac{AC}{AB} = \frac{2\text{m}}{6\text{m}} = \frac{1}{3}$ 의 비율

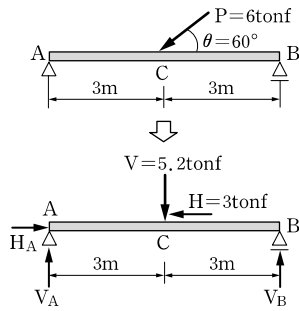
$$\therefore$$

$$V_A = 6 \times \frac{2}{3} = 4 \text{ tonf}$$

$$V_B = 6 \times \frac{1}{3} = 2 \text{ tonf}$$

학습 POINT

③ 경사진 집중하중 작용시

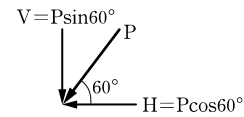


- 경사하중을 수직(V)과 수평(H)으로 나눈다.
- 결국 수직하중과 수평하중이 동시에 작용하므로 수직반력(V_A , V_B)뿐만 아니라 수평반력(H_A)도 생긴다.

$$\therefore V_A = V_B = \frac{V}{2}, \quad H_A = H$$

$$V_A = V_B = 2.6 \text{ tonf}, \quad H_A = 3 \text{ tonf}$$

■ 경사하중의 분해

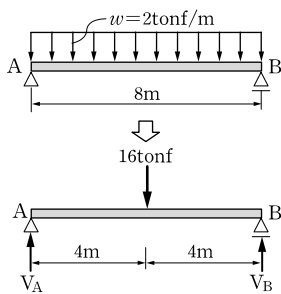


$$\begin{aligned} V &= P \sin 60^\circ \\ &= 6 \text{ tonf} \times \sin 60^\circ \\ &= 5.2 \text{ tonf} \\ H &= P \cos 60^\circ \\ &= 6 \text{ tonf} \times \cos 60^\circ \\ &= 3 \text{ tonf} \end{aligned}$$

(2) 등분포 하중

등분포 하중이 작용할때는 면적을 구하여 집중하중으로 환산하여 반력을 구한다.

① 전체 작용시



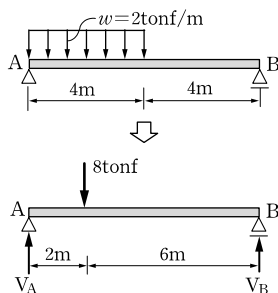
- 사각형의 면적을 구한다.
가로(8)×세로(2)=16tonf
- 사각형의 중심은 가운데이므로 결국 16tonf의 집중하중이 중앙에 작용하는 경우와 똑같다.

$$\therefore \quad V_A = 8 \text{ tonf} \\ V_B = 8 \text{ tonf}$$

■ w=2tonf/m의 의미

길이 1m에 대하여 하중 2tonf가 일정하게 작용한다는 의미
이므로 지간이 8m인 경우에는 전체하중이 16tonf가 된다.
($\therefore$ 사각형의 면적을 구한다.)

② 일부분 작용시



- 사각형의 면적 : $4 \times 2 = 8 \text{ tonf}$
- 8tonf의 집중하중이 A지점에 가까이 작용하는 경우와 같으므로

$$V_A = \frac{6\text{m}}{8\text{m}} = \frac{3}{4} \text{의 비율}$$

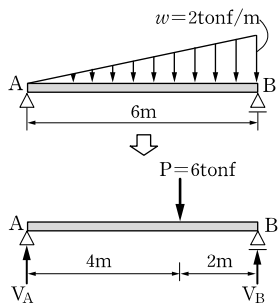
$$V_B = \frac{2\text{m}}{8\text{m}} = \frac{1}{4} \text{의 비율}$$

$$\begin{aligned} \therefore V_A &= 8 \times \frac{3}{4} = 6 \text{ tonf} \\ V_B &= 8 \times \frac{1}{4} = 2 \text{ tonf} \end{aligned}$$

(3) 등변분포하중

삼각형하중 작용시 삼각형의 면적을 구하여 집중하중으로 환산하여 반력을 구한다.

① 전체작용시



- 삼각형의 면적 : $\frac{1}{2} \times 6 \times 2 = 6 \text{ tonf}$
- 삼각형의 도심에 집중하중 6tonf이 작용하는 경우와 똑같다.

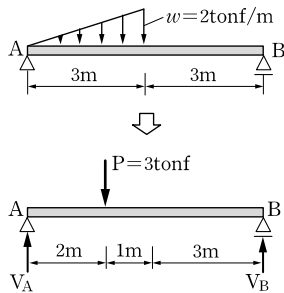
$$V_A = \frac{2\text{m}}{6\text{m}} = \frac{1}{3} \text{의 비율}$$

$$V_B = \frac{4\text{m}}{6\text{m}} = \frac{2}{3} \text{의 비율}$$

$$\therefore V_A = 6 \times \frac{1}{3} = 2 \text{ tonf}$$

$$V_B = 6 \times \frac{2}{3} = 4 \text{ tonf}$$

② 일부분 작용시



- 삼각형의 면적 : $\frac{1}{2} \times 3 \times 2 = 3 \text{ tonf}$
- 삼각형의 도심에 집중하중 3tonf이 작용하는 경우와 똑같다.

$$V_A = \frac{4\text{m}}{6\text{m}} = \frac{2}{3} \text{의 비율}$$

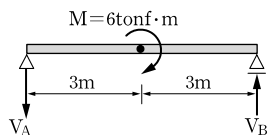
$$V_B = \frac{2\text{m}}{6\text{m}} = \frac{1}{3} \text{의 비율}$$

$$\therefore V_A = 3 \times \frac{2}{3} = 2 \text{ tonf}$$

$$V_B = 3 \times \frac{1}{3} = 1 \text{ tonf}$$

(4) 모멘트 하중

단순보에 모멘트 하중이 작용하면 지점에서는 우력모멘트반력이 생긴다.



- 모멘트 하중이 시계방향이므로 우력모멘트 반력은 반시계방향이 된다.
- 우력은 크기는 같고 ($V_A = V_B$), 방향이 반대가 된다. $V_A(\downarrow)$, $V_B(\uparrow)$
- 우력모멘트=한개의 힘×두힘의 거리

$$V_A \times 6\text{m} = 6 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$\therefore V_A = 1 \text{ tonf}(\downarrow), V_B = 1 \text{ tonf}(\uparrow)$$

「모멘트 하중은 모멘트 반력」

알고있는 바와 같이 단순보의 지점은 고정지점이 없기 때문에 모멘트 반력이 생길수 없다. 그러면 단순보에 모멘트 하중이 작용하면 어찌될까? 결국 수직반력 두개가 크기는 같고 방향이 반대인 우력으로 작용하여 우력모멘트 반력을 만들면 된다.

2 평형조건식에 의한 계산

이제 앞에서 배운 내용을 토대로 단순보에 하중이 여러 형태로 동시에 작용할때를 대비하여 평형조건식에 의한 계산방법을 익혀보도록 하자.

(1) 반력가정

앞에서 배운 방법에 따라 하중과 지점의 상태에 따라 반력의 형태와 방향을 가정한다.

(2) 반력계산

힘의 평형조건식을 이용하여 계산하며 일반적인 계산순서는 다음과 같다.

- ① $\sum M=0$; 한쪽 지점의 수직반력을 구한다.
- ② $\sum V=0$; 다른 한쪽 지점의 수직반력을 구한다.
- ③ $\sum H=0$; 힌지지점의 수평반력을 구한다.

(3) 방향의 결정

반력계산 후 반력값이 (+)가 나오면 가정한 방향이 맞다는 의미이며, (-)가 나오면 가정한 방향과 반대인 것이므로 반대 방향으로 수정하여야 한다.

여기서 잠깐

앞에서 배운 내용은 역학에서 매우 중요한 내용이므로 반복하여 익혀두도록 한다.

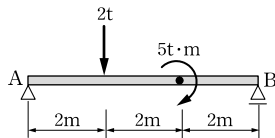
이는 보에 하중이 작용할때 반력의 방향이나 크기, 즉 힘의 분배에 대한 이해를 돕고 역학의 기본기를 갖추기 위한 필수 과정이다.

한날 계산식에만 의존한 계산법은 수학적 한계를 갖기때문에 역학적 이해가 밑바탕에 깔려 있어야 한다.

핵심예제

그림에서 A점의 반력은 얼마인가?

- ㉠ 0.5t
- ㉡ 1.0t
- ㉢ 1.5t
- ㉣ 2.0t

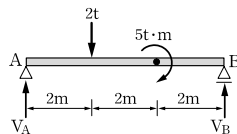


해설 단순보에 집중하중(↓)과 모멘트 하중(↻)이 동시에 작용하고 A점의 반력(수직반력)을 구해야 하므로 힘의 평형조건식을 적용한다. 여기서, A점의 반력을 구할 때는 B점에, B점의 반력을 구할 때는 A점에 모멘트를 취한다. (모멘트를 취한다는 의미는 그 점에서의 회전력을 계산한다는 뜻이다.) 따라서, A점의 반력을 상향으로 가정하고 B점에 모멘트를 취하면

$\sum M_B=0$ 에서

$$V_A \times 6m - 2t \times 4m + 5t \cdot m = 0$$

$V_A \times 6m$: 반시계방향 이므로(-)
 $2t \times 4m$: 모멘트 하중이므로 거리를 곱하지 않는다.
 $5t \cdot m$: 시계방향 이므로(+)
 B점까지의 거리
 B점까지의 거리
 가정한 방향이 시계방향이므로(+)
 모멘트 하중이므로 거리를 곱하지 않는다.



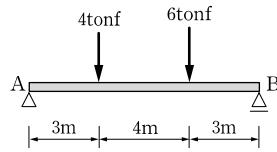
$$\therefore V_A = 0.5t \quad ((+) \text{이므로 화살표 방향이 맞음})$$

답 : ㉠

1 그림과 같은 단순보에서 B점의 반력은?

[99 (산)]

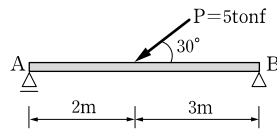
- ㉠ 5.0 tonf
- ㉡ 5.4 tonf
- ㉢ 6.0 tonf
- ㉣ 6.4 tonf



2 그림과 같은 단순보에서 지점 A의 수직반력 값은?

[02 00 (㉠)]

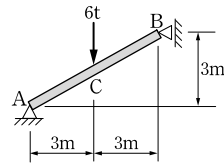
- ㉠ 1.0 tonf
- ㉡ 1.5 tonf
- ㉢ 2.0 tonf
- ㉣ 2.5 tonf



3 그림과 같은 구조물에서 지점 A의 수평반력은 얼마인가?

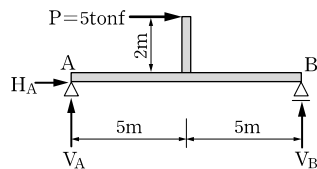
[01 (산)]

- ㉠ 3t
- ㉡ 4t
- ㉢ 5t
- ㉣ 6t



4 그림과 같은 단순 지지보의 반력은?

[00 98 (㉠)]



- ㉠ $H_A = +5 \text{ tonf}$, $V_A = +1 \text{ tonf}$, $V_B = +1 \text{ tonf}$
- ㉡ $H_A = -5 \text{ tonf}$, $V_A = -1 \text{ tonf}$, $V_B = +1 \text{ tonf}$
- ㉢ $H_A = +5 \text{ tonf}$, $V_A = +1 \text{ tonf}$, $V_B = -1 \text{ tonf}$
- ㉣ $H_A = -5 \text{ tonf}$, $V_A = +1 \text{ tonf}$, $V_B = +1 \text{ tonf}$

해설 1

A점에 모멘트를 취하면

$$\sum M_A = 0 \text{ 에서}$$

$$4t \times 3m + 6t \times 7m - V_B \times 10m = 0$$

$$\therefore V_B = 5.4 \text{ tonf}$$

해설 2

하중 5t의 수직분력을 구하면

$$P_V = 5t \times \sin 30^\circ = 2.5t$$

$$\sum M_B = 0$$

$$V_A \times 5m - 2.5t \times 3m = 0$$

$$\therefore V_A = 1.5 \text{ tonf}$$

해설 3

$$\sum V = 0 \text{ 에서}$$

$$V_A = 6t (\uparrow)$$

하중과 반력이 3m거리를 두고 시계방향의 우력모멘트가 생기므로 A, B의 수평반력이 높이 3m의 거리를 두고 반시계방향의 우력 모멘트를 만들어야 평형이 된다.

$$\therefore H_A = 6t (\rightarrow)$$

해설 4

$$\textcircled{1} \sum M_B = 0 \text{ 에서}$$

$$V_A \times 10m + 5t \times 2m = 0$$

$$\therefore V_A = -1t (\downarrow)$$

$$\textcircled{2} \sum V = 0 \text{ 에서}$$

$$-V_A + V_B = 0$$

$$\therefore V_B = 1t (\uparrow)$$

$$\textcircled{3} \sum H = 0 \text{ 에서}$$

$$H_A + 5t = 0$$

$$\therefore H_A = -5t (\leftarrow)$$

정답

1. ㉡ 2. ㉡ 3. ㉣ 4. ㉡



3 단순보의 단면력

학습방향

보가 수평(H)이고 하중이 수직(V)이면 보와 하중은 직각으로 만나게 되므로 보에는 전단이나 휨이 생기게 된다.

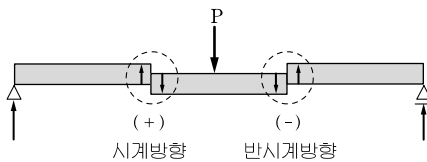
- ① 전단력은 부재를 수직으로 자르려는 힘으로 거리와는 무관하다.
- ② 단순보에서 전단력은 지점에서 최대이다.
- ③ 전단력이 0인 곳에서 최대 휨모멘트가 생긴다.
- ④ 휨모멘트의 부호는 인장측이 아래면 $\oplus$, 위쪽이면 $\ominus$ 가 된다.

1 단순보의 전단력 계산

(1) 정의

외부로 부터 부재를 재축의 수직방향으로 절단하려는 힘을 전단력이라 한다.

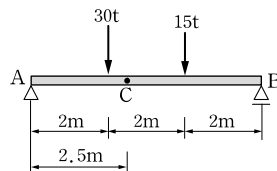
(2) 부호



핵심예제1

그림과 같은 하중을 받는 단순보에서 C점의 전단력 값으로 맞는 것은?

- ㉠ 4t
㉡ -4t
㉢ 5t
㉣ -5t



해설 ① C점을 잘라서 좌측만 생각한다.

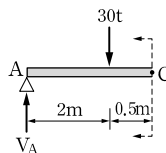
② 좌측부분의 수직력의 합력을 구하기 위해서는

A점의 반력을 구해야 하므로

$\sum M_B = 0$ 에서

$$V_A \times 6\text{m} - 30\text{t} \times 4\text{m} - 15\text{t} \times 2\text{m} = 0$$

$$\therefore V_A = 25\text{t}$$



학습 POINT

전단력

대개 구조재료는 축력에는 잘 견디나 전단력에는 약한 특성을 지닌다.

단순보의 전단력은 지점에서 가장 크므로 지점부근에서 전단응력이 커져서 위험하게 되는데, 이에 대한 보강철근을 전단보강철근이라 한다.

전단력의 특성

- ① 임의점의 전단력은 그 점을 잘라서 한쪽(좌측 또는 우측)만을 보고 수직력의 합력을 구하면 된다.
- ② 단순보에서 지점의 전단력은 지점반력이다.
- ③ 전단력이 0인 곳에서 최대 휨모멘트가 생긴다.

③ 부호를 감안하여 수직력의 합력을 구한다.

$$25t - 30t = -5t$$

(여기서 $-5t$ 의 의미는 음수를 뜻하는 것이 아니고 전단력 $5t$ 의 방향이 (-)임을 의미한다.)

$$\therefore S_c = -5t$$

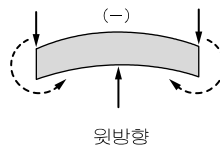
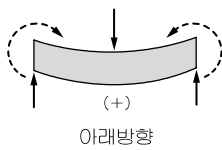
답 : ㉠

2 단순보의 휨모멘트 계산

(1) 정의

외력이 부재를 구부리려고 할때의 힘을 휨모멘트라 한다.

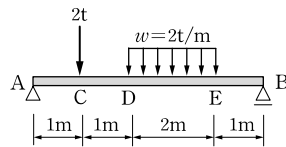
(2) 부호



핵심예제2

그림과 같은 단순보의 D점의 휨모멘트 값은?

- ㉠ $-6t \cdot m$
- ㉡ $-4.4t \cdot m$
- ㉢ $4.4t \cdot m$
- ㉣ $6t \cdot m$



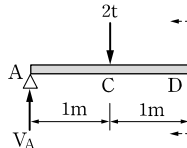
해설 ① D점의 휨모멘트를 구하기 위해서 우선 D점을 잘라서 좌측만 생각하고 계산한다.

② A점의 반력을 구한다.

$$\sum M_B = 0 \text{에서}$$

$$V_A \times 5m - 2t \times 4m - 2 \times 2m \times 2m = 0$$

$$\therefore V_A = 3.2t$$



③ 부호를 고려하여 모멘트의 합력을 구한다.

이때, 부호는 단면의 좌측에서 상향의 힘(V_A)이 (+), 하향의 힘($2t$)

이 (-) 휨모멘트가 되므로

$$3.2t \times 2m - 2t \times 1m = 4.4t \cdot m$$

$$\therefore M_D = 4.4t \cdot m$$

답 : ㉢

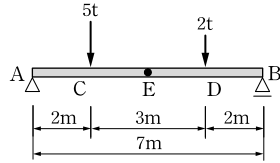
휨모멘트의 특성

- ① 임의 점의 휨모멘트는 그점을 잘라서 한쪽(좌측 또는 우측)만을 보고 휨모멘트의 합력을 구하면 된다.
- ② 휨모멘트가 최대인 곳에서 전단력은 0이다.
- ③ 모멘트가 아닌 하중을 받는 단순보의 임의 단면에서 휨모멘트 값은 그단면 좌측 또는 우측에서의 전단력도의 넓이와 같다.

핵심문제

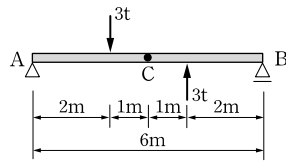
- 1 그림과 같은 하중을 받는 단순보에서 스패의 중앙인 E점의 전단력 값으로 옳은 것은? [96㉡]

- ㉠ 0
㉡ -0.86 t
㉢ -0.5 t
㉣ $+2.5\text{ t}$



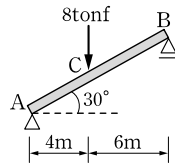
- 2 그림과 같은 하중이 작용하는 단순보에서 C점의 전단력 크기로 맞는 것은? [97㉡]

- ㉠ 0
㉡ 1 t
㉢ 2 t
㉣ 3 t



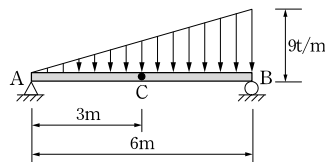
- 3 그림과 같은 경사 단순보의 C점에 $P = 8\text{ tonf}$ 이 연직 하향으로 작용할 때 AC 구간의 전단력의 크기는? [00㉢]

- ㉠ 4.80 tonf
㉡ 4.16 tonf
㉢ 3.20 tonf
㉣ 2.77 tonf



- 4 그림과 같은 단순보에서 보의 중앙 C에서의 전단력은? [98㉢]

- ㉠ 1.75 t
㉡ 2.25 t
㉢ 2.75 t
㉣ 3.25 t



해설

해설 1

- ① A점의 반력을 구한다.

$$\sum M_B = 0 \text{ 에서}$$

$$V_A \times 7\text{ m} - 5\text{ t} \times 5\text{ m} - 2\text{ t} \times 2\text{ m} = 0$$

$$\therefore V_A = 4.14\text{ t}$$

- ② E점의 좌측에서 수직인 힘

$$S_E = 4.14\text{ t} - 5\text{ t} = -0.86\text{ t}$$

해설 2

- ① 하중이 우력이므로 반력도 우력을 만든다.

$$3\text{ t} \times 2\text{ m} = V_A \times 6\text{ m}$$

$$\therefore V_A = 1\text{ t} (\uparrow)$$

- ② C점 좌측의 수직인 힘

$$S_c = 1\text{ t} - 3\text{ t} = -2\text{ t}$$

해설 3

- ① $\sum M_B = 0$ 에서

$$V_A \times 10\text{ m} - 8\text{ t} \times 6\text{ m} = 0$$

$$\therefore V_A = 4.8\text{ t}$$

- ② C점 좌측의 수직인 힘

이때 경사면의 수직이므로

$$S_c = 4.8\text{ t} \times \cos 30^\circ = 4.16\text{ t}$$

해설 4

- ① $\sum M_B = 0$ 에서

$$V_A \times 6\text{ m} - 1/2 \times 9\text{ t/m} \times 6\text{ m} \times 2\text{ m} = 0$$

$$\therefore V_A = 9\text{ t}$$

- ② C점 좌측의 수직인 힘

$$\begin{aligned} S_c &= 9\text{ t} - 1/2 \times 4.5\text{ t/m} \times 3\text{ m} \\ &= 2.25\text{ t} \end{aligned}$$

정답

1. ㉡ 2. ㉢ 3. ㉡ 4. ㉡



5 캔틸레버보 · 내민보 · 겐버보

학습방향

캔틸레버보, 내민보, 겐버보의 반력과 단면력을 구해보자.

- ① 캔틸레버보의 힘은 일반적으로 $\ominus$ 이다.
- ② 내민보에서 내민부분에 하중이 작용하면 반대쪽 지점에는 $\ominus$ 반력이 생긴다.
- ③ 겐버보의 힌지절점에서 힘모멘트는 0이다.

1 캔틸레버보

(1) 특징

- ① 캔틸레버보는 지점이 한 곳이므로 지점(고정단)에서 외력을 모두 받아야 한다.
- ② 고정단에서는 수직(V), 수평(H), 모멘트(M) 반력이 생길 수 있다.

(2) 단순보와의 차이

① 집중하중 작용시

단순보	캔틸레버보
수직하중에 대하여 수직반력이 2개(V_A , V_B)가 생긴다.	수직하중에 대하여 수직반력 1개와 우력에 의한 모멘트가 생기므로 모멘트반력이 생긴다.

② 모멘트하중 작용시

단순보	캔틸레버보
모멘트 하중에 대하여 우력의 모멘트 반력이 생긴다. (반력의 방향이 반대)	모멘트 하중에 의한 모멘트 반력만 생긴다.

학습 POINT

(3) 단면력

- ① 전단력 값은 고정단에서 최대이다.
- ② 휨모멘트 계산은 자유단에서 시작한다.
- ③ 휨모멘트 값은 고정단에서 최대이고 그 값은 모멘트 반력값과 같다.
- ④ 휨모멘트의 부호는 하향하중일 경우 항상(-)이다.

2 내민보

(1) 내민보의 종류

내민보는 단순보에서 지점 1곳 또는 2곳이 부재 안쪽으로 이동한 구조로 내민부의 위치에 따라 다음과 같이 나뉜다.

오른쪽 내민보	왼쪽 내민보	양쪽 내민보

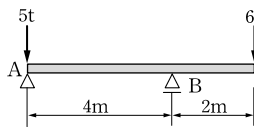
(2) 반력과 단면력

- ① 내민보는 해법상 단순보와 캔틸레버보의 합성 구조물이다.
- ② 내민 부분에서 하중이 작용하면, 가까운 지점의 반력은 증가하고, 반대쪽 지점에서는 (-) 반력이 생긴다.
- ③ 내민보의 반력은 내민부분을 캔틸레버보와 같이 구하고, 그 모멘트 반력을 단순보 구간에 작용시켜서 반력을 구한다.
- ④ 내민보의 중앙부에 작용하는 하중은 단순보와 같이 (+)의 휨모멘트가 생기며, 내민부에 작용하는 하중은 캔틸레버보와 같이 (-)의 휨모멘트를 일으킨다.

핵심예제1

그림과 같은 하중을 받는 보에서 B점의 반력값으로 옳은 것은?

- Ⓐ 6t
Ⓑ 7.5t
Ⓒ 9.0t
Ⓓ 11t



해설 B점의 반력값을 묻고 있으므로 B점 반력을 상향으로 가정하여 A점에 모멘트를 취하면

$\sum M_A = 0$ 에서

$$6t \times 6m - V_B \times 4m = 0$$

$$\therefore V_B = 9t \text{ (가정한 방향이 맞음)}$$

답 : Ⓒ

■ 중앙부와 내민부

- ① 중앙부 : 지점과 지점사이 부분으로 단순보와 같이 해석한다.
- ② 내민부 : 지점과 자유단사이 부분으로 캔틸레버와 같이 해석한다.

3 겔버보

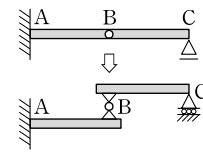
(1) 반력

- ① 부정정 연속보에 부정정차수 만큼 부재내에 힌지 절점을 넣어 정정으로 만든 보이다.
- ② 겔버보는 단순보와 내민보, 단순보와 캔틸레버보의 결합으로 간주한다.
- ③ 반력계산시 단순보 구간을 먼저 풀고 힌지를 지점으로 간주하여 반력을 계산한다.
- ④ 이때 반력을 하중으로 작용시켜 내민보나 캔틸레버보를 계산한다.

(2) 단면력

- ① 전단력이 0인 곳에서 극대 휨모멘트가 생긴다.
- ② 부재내 힌지절점에서 휨모멘트는 0이다.

겔버보



A~B는 캔틸레버보(안정구조)

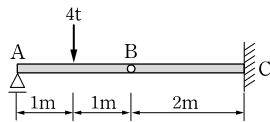
B~C는 단순보(불안정구조)

해석할때는 불안정 부분(B~C)을 먼저 풀고 나중에 안정부분(A~B)을 푼다.

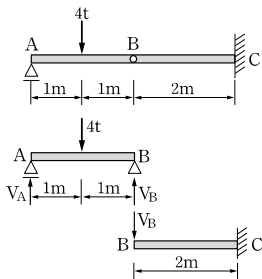
핵심예제2

그림과 같은 보의 A점의 반력은?

- Ⓐ 1t
Ⓑ 1.6t
Ⓒ 2t
Ⓓ 3t



해설 겔버보를 단순보 구간(A-B)과 캔틸레버 구간(B-C)으로 나누어서 단순보 구간을 먼저 풀어야 하므로



B점은 지점이 아니기 때문에 반력이 생길 수 없으므로 V_B 를 외력으로 다시 작용시킨다.

따라서 단순보 구간(A-B)을 해석하면
중간에 4t이 작용하므로

$$\therefore V_A = 2t$$

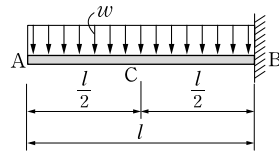
답 : Ⓒ

핵심문제

1 그림과 같은 보에서 C점의 휨모멘트는?

[99 ㉠]

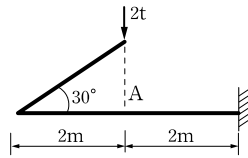
- ㉠ $w l^2$
 ㉡ $\frac{w l^2}{2}$
 ㉢ $\frac{w l^2}{6}$
 ㉣ $\frac{w l^2}{8}$



2 그림에서 A점에 대한 휨모멘트의 값은?

[01 ㉠]

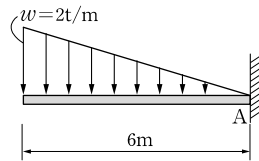
- ㉠ $4t \cdot m$
 ㉡ $2\sqrt{3}t \cdot m$
 ㉢ 0
 ㉣ $-4t \cdot m$



3 그림과 같은 캔틸레버 구조에서 고정단 A점의 최대 휨모멘트는?

[02 ㉢]

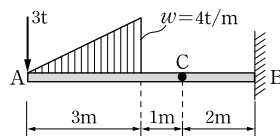
- ㉠ $12t \cdot m$
 ㉡ $16t \cdot m$
 ㉢ $20t \cdot m$
 ㉣ $24t \cdot m$



4 다음과 같은 캔틸레버보의 점 C에서의 전단력과 휨모멘트의 값은?

[96 93 ㉠]

- ㉠ $V_c = -6t, M_c = -24t \cdot m$
 ㉡ $V_c = -9t, M_c = -36t \cdot m$
 ㉢ $V_c = -6t, M_c = -36t \cdot m$
 ㉣ $V_c = -9t, M_c = -24t \cdot m$



해설

해설 1

캔틸레버는 자유단(A)에서 계산한다.

C점 좌측의 휨모멘트

$$M_c = -w \times \frac{l}{2} \times \frac{l}{4} = -\frac{wl^2}{8}$$

해설 2

A점은 하중 2t의 작용선상의 한점이므로 휨모멘트가 생기지 않는다. 즉, 힘은 존재하나 거리가 없으므로 모멘트가 생기지 않는 것이다.

해설 3

캔틸레버의 최대 휨모멘트는 고정단에서 생긴다.

$$\begin{aligned} M_A &= -1/2 \times 2t/m \times 6m \times 4m \\ &= -24tm \end{aligned}$$

해설 4

C점 좌측을 생각한다.

삼각형의 면적

$$= 1/2 \times 4t/m \times 3m = 6t$$

$$S_c = -(3t + 6t) = -9t$$

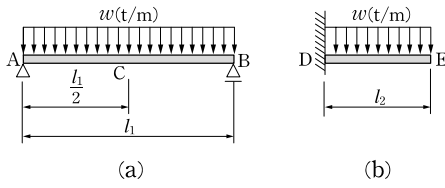
$$\begin{aligned} M_c &= -(3t \times 4m + 6t \times 2m) \\ &= -24t \cdot m \end{aligned}$$

정답

1. ㉣ 2. ㉢ 3. ㉢ 4. ㉣

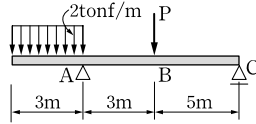
5 그림과 같은 (a), (b)의 두 보에서 $|M_c| = |M_D|$ 가 되려면 스팬의 길이 l_1 은 l_2 의 몇 배가 되어야 하는가? [96 (산)]

- ㉠ 1
㉡ 2
㉢ 3
㉣ 4



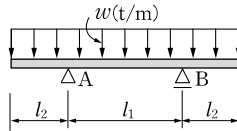
6 그림에서 반력 R_c 가 0이 되려면 B점의 집중하중 P는 몇 tonf인가? [02 00 (산)]

- ㉠ 3 tonf
㉡ 6 tonf
㉢ 9 tonf
㉣ 12 tonf



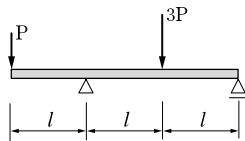
7 그림과 같은 내민 보에서 등분포 하중이 작용할 때 AB 스팬의 중앙 C점의 휨모멘트는? [96 (㉠)]

- ㉠ $\frac{wl_1^2}{8} - \frac{wl_2^2}{12}$
㉡ $\frac{wl_1^2}{8} + \frac{wl_2^2}{12}$
㉢ $\frac{wl_1^2}{8} - \frac{wl_2^2}{2}$
㉣ $\frac{wl_1^2}{8} + \frac{wl_2^2}{2}$



8 그림과 같은 내민보의 휨모멘트(B.M.D)로서 옳은 것은? [02 (산)]

- ㉠
㉡
㉢
㉣



해설

해설 5

$$M_c = \frac{wl_1^2}{8}$$

$$M_D = -wl_2 \times \frac{l_2}{2} = -\frac{wl_2^2}{2}$$

$$\frac{wl_1^2}{8} = \frac{wl_2^2}{2},$$

$$\frac{l_1^2}{l_2^2} = \frac{8}{2} = 4$$

$$\therefore \frac{l_1}{l_2} = \sqrt{4} = 2$$

해설 6

$R_c = 0$ 이면 A점 좌우의 모멘트가 같아진다.
 $2t/m \times 3m \times 1.5m = P \times 3m$
 $\therefore P = 3t$

해설 7

내민보는 단순보와 캔틸레버의 합성이므로 A-B 단순보의

$$\text{휨모멘트 } M_c = \frac{wl_1^2}{8}$$

B점 우측 캔틸레버의 휨모멘트

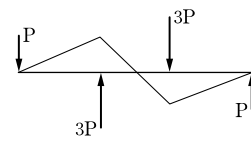
$$M_B = -\frac{wl_2^2}{2}$$

따라서 합성된 내민보의 휨모멘트

$$M_c = \frac{wl_1^2}{8} - \frac{wl_2^2}{2} \text{ 이 된다.}$$

해설 8

양단에서의 휨모멘트는 0이 되어야 한다.

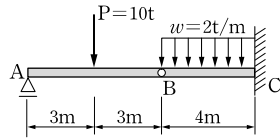


정답

5. ㉡ 6. ㉠ 7. ㉢ 8. ㉡

9 그림과 같은 게르버 보의 최대 전단력은?

- ㉠ 8 tf
㉡ 9 tf
㉢ 13 tf
㉣ 18 tf



[01 ㉠]

해설

해설 9

전단력이 최대인 곳은 지점이거나 절점이다.

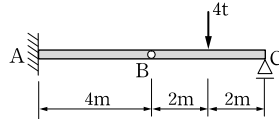
$$V_A = V_B = 5t$$

$$V_c = 5t + 2t/m \times 4m = 13t$$

$$\therefore S_{\max} = V_c = 13t$$

10 A단의 휨모멘트는?

- ㉠ $-4t \cdot m$
㉡ $-6t \cdot m$
㉢ $-8t \cdot m$
㉣ $-10t \cdot m$



[96 91 ㉠]

해설 10

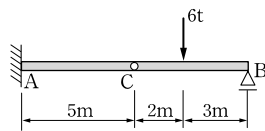
B-C 구간에서 $V_B = 2t(\downarrow)$

$$\therefore M_A = -2t \times 4m = -8tm$$

(A-B 캔틸레버 구조에서 하향하중에 의한 휨은 $\ominus$ 이다.)

11 그림과 같은 A단의 휨모멘트는 얼마인가?

- ㉠ $8t \cdot m$
㉡ $10t \cdot m$
㉢ $15t \cdot m$
㉣ $18t \cdot m$



[01 ㉢]

해설 11

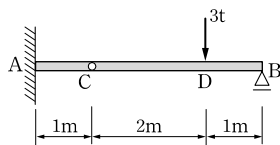
C-B 구간에서

$$V_c = 6t \times \frac{3}{5} = 3.6t(\downarrow)$$

$$\therefore M_A = -3.6t \times 5m = -18tm$$

12 그림과 같은 겔버보에서 모멘트가 0인 점은 몇 개소인가?

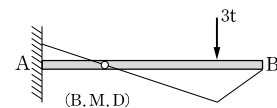
- ㉠ 1
㉡ 2
㉢ 3
㉣ 4



[96 ㉢]

해설 12

겔버보의 부재내 힌지절점에서의 휨모멘트는 0이다.



정답

9. ㉢ 10. ㉢ 11. ㉣ 12. ㉢