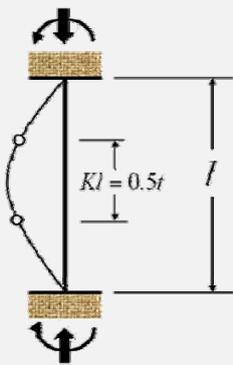




NOTE

유효좌굴길이의 개념



1. 개요

압축부재는 작용하중이 어느 한계에 이르면 하중은 증가하지 않고 변형만이 증가하여 하중을 제거한 후에도 부재형상이 원래의 형태로 돌아가지 않는 좌굴(Buckling)현상이 발생하게 됩니다. 압축부재 대표적인 기둥의 전체좌굴은 기둥의 유효좌굴길리와 단면성능에 의하여 정해지는 세장비(Slenderless Ratio)에 따라 분류할 수 있습니다.

좌굴을 논할때는 오일러 공식을 빼놓을 수 없는데, 오일러 좌굴하중은 기둥 양단의 지지조건에 따라 유효좌굴길리가 변화함으로써 달라지게 됩니다. 이러한 유효좌굴길리는 좌측 같이 좌굴형상의 반곡점간의 거리로 정의할 수 있습니다. 양단의 지지조건에 따라 기둥의 좌굴 형상은 달라지게 되며, 이때의 좌굴하중은 유효좌굴길리를 고려하여 다음 식으로부터 구할 수 있습니다.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(l_e)^2}$$

여기서, $l_e=Kl$: 유효좌굴길리

K : 유효좌굴길리계수가 됩니다.

유효좌굴길리계수는 압축부재의 세장비(Kl/r)계산시 사용됩니다.

유효좌굴길리계수의 계산

실제구조물의 일부인 기둥 등 압축재는 경계조건, 압축재의 양단부에 연결된 기둥이나 보의 강성, 양단부 절점의 수평이동(Sides Way)가능여부에 따라 압축재의 유효좌굴길리계수가 서로 다르게 됩니다.

위 개요에서도 언급했지만 유효길리는 유효좌굴길리계수에 부재의 길이를 곱하여 산정하게 되는데 midas eGen에서는 유한요소해석 프로그램으로 자동 산정하게 됩니다. 물론 사용자가 직접 기둥의 유효좌굴길리 계수를 입력 및 선택하실 수 있습니다.

자동산정시 횡구속지지 조건이 구속 또는 비구속에 따라 식이 달라지며, 식은 아래와 같습니다.

비횡지지 골조

$$F(x) = \frac{G_A G_B X^2 - 36}{6(G_A + G_B)} - \frac{X}{\tan X} = 0$$

횡지지 골조

$$F(x) = \frac{G_A G_B}{4} X^2 + \left(\frac{G_A + G_B}{2} \right) \left(1 - \frac{X}{\tan X} \right) + \frac{2}{X} \tan \left(\frac{X}{2} \right) - 1 = 0$$

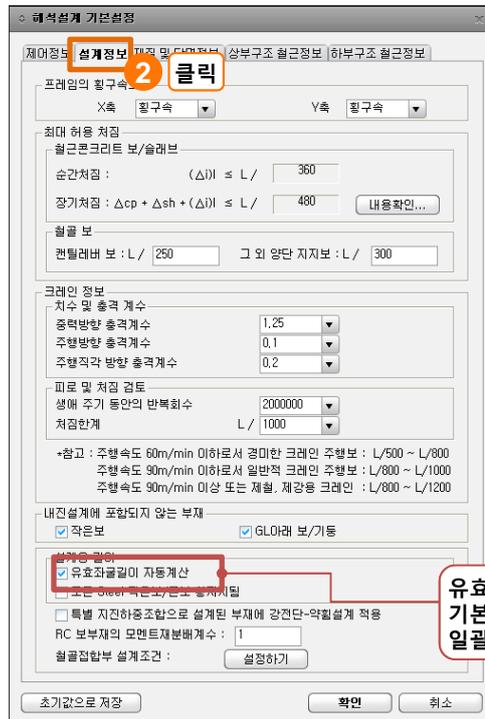
여기서, G_A, G_B 는 해당 부재의 I단, J단의 강성(즉, 양단부)

K 는 유효좌굴길리($K = \pi/X$) 입니다.

만약 유효좌굴길이계수를 프로그램에서 자동산정되는 값 사용을 원하지 않으면 아래 창에서 변경가능합니다.



클릭



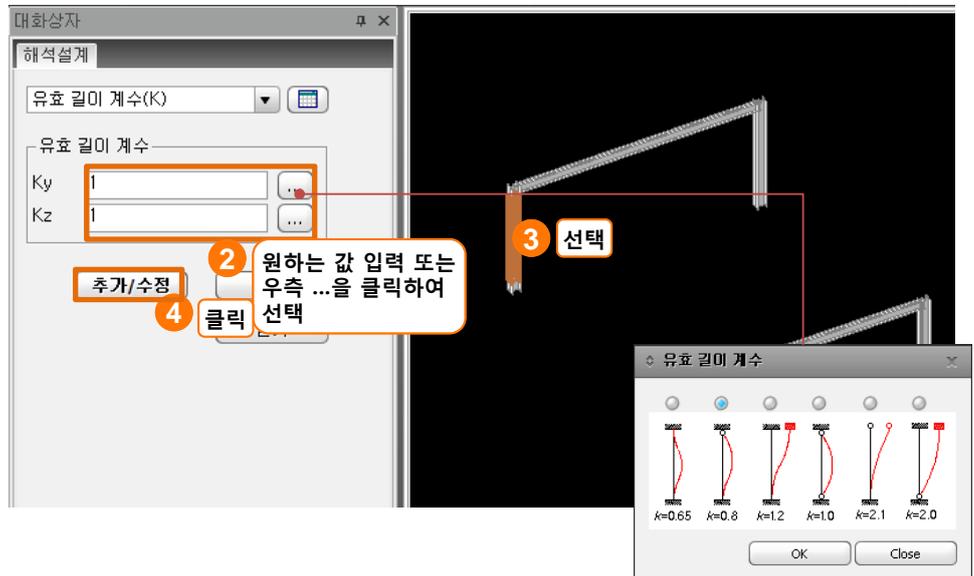
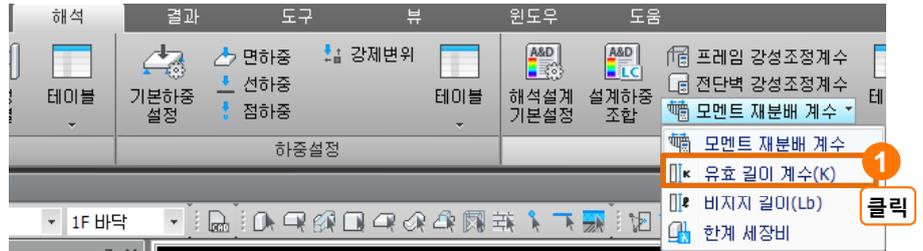
유효좌굴길이 자동계산을 체크오프하게 되면 기본 설정인 유효좌굴길이계수 1로 모든 기둥에 일괄 적용됩니다.

NOTE

- 유효좌굴길이계수는 기본적으로 1로 설정되어 있으며, 사용자가 원하는대로 바꿀 수 있습니다.

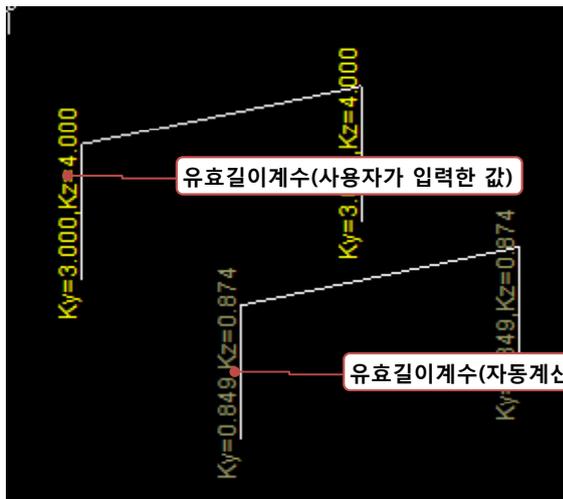
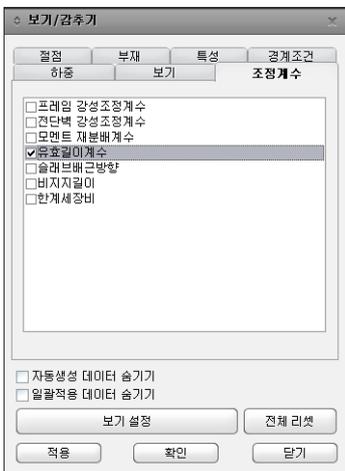
2. 부재별로 설정하기

기둥 부재마다 개별적으로 유효길이계수를 설정하실 수 있습니다.



NOTE

- 이 때, 모델보기창에 유효길이계수가 나타나지 않는데, 보기/감추기에서 조정계수>유효길이계수를 체크 운하시면 우측 이미지와 같이 해당 기둥부재의 유효길이계수가 나타나게 됩니다.



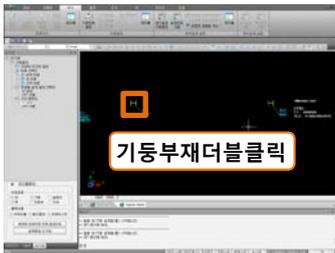
- : 회전고정 수평변위고정
- : 회전자유 수평변위자유
- : 회전자유 수평변위고정
- : 회전고정 수평변위자유

유효길이계수(사용자가 입력한 값)

유효길이계수(자동계산된 값)

3. 결과 확인하기

유효길이계수를 자동으로 계산된 값과 사용자가 입력한 결과 차이를 비교해 보도록 하겠습니다. 유효길이계수는 앞에서 언급했듯이 세장비 계산에 적용이 됩니다. 2D 기본으로 들어가셔서 해당 철골기둥을 더블 클릭하여 설계결과를 확인합니다.



설계변수(강도검토 및 설계가이드)-부재결과

설계가이드 상세설정하기

1 클릭

Section Property

Area	11980.00 mm ²	Asx	6000.00 mm ²
Xbar	150.00 mm	Asy	3000.00 mm ²
Ybar	150.00 mm	Sx	1360000.00 mm ³
Ix	204000000.00 mm ⁴	Sy	450000.00 mm ³
Iy	67500000.00 mm ⁴	Zx	1500000.00 mm ³
J	7650000.00 mm ⁴	Zy	684000.00 mm ³
Ix	131.00 mm	Cw	1370000000000.00 mm ⁶
Iy	75.10 mm	Ixy	0.00 mm ⁴

재질: 규격: KS09(S) 등급: SS400

단면: Shape: H형 Use DB: H 300x300x10/15

h: 300.00 mm

비지지길이: Lx: 4000 mm Ly: 4000 mm Lb: 4000 mm

Kx: 3,000 K_y: 4,000 C_b: 2.1627177

2 확인

사용자가 입력한 값

결과 확인

축력(kN)	강축휨(kN·m)	약축휨(kN·m)	전단(X)(kN)	전단(Y)(kN)
7.18	-1.08	0.00	0.00	-0.88
조합	축	휨	전단	단면적(mm ²)
CK(0.012)	CK(0.017)	CK(0.003)	CK(0.002)	11980.00

계산서... 3 클릭 닫기

설계변수(강도검토 및 설계가이드)-부재결과

설계가이드 상세설정하기

Section Property

Area	11980.00 mm ²	Asx	6000.00 mm ²
Xbar	150.00 mm	Asy	3000.00 mm ²
Ybar	150.00 mm	Sx	1360000.00 mm ³
Ix	204000000.00 mm ⁴	Sy	450000.00 mm ³
Iy	67500000.00 mm ⁴	Zx	1500000.00 mm ³
J	7650000.00 mm ⁴	Zy	684000.00 mm ³
Ix	131.00 mm	Cw	1370000000000.00 mm ⁶
Iy	75.10 mm	Ixy	0.00 mm ⁴

재질: 규격: KS09(S) 등급: SS400

단면: Shape: H형 Use DB: H 300x300x10/15

h: 300.00 mm

비지지길이: Lx: 4000 mm Ly: 4000 mm Lb: 4000 mm

계수: Kx: 0.849 K_y: 0.874 C_b: 2.162717745

자동 계산한 값

결과 확인

축력(kN)	강축휨(kN·m)	약축휨(kN·m)	전단(X)(kN)	전단(Y)(kN)
2.02	2.45	0.00	0.00	-0.88
조합	축	휨	전단	단면적(mm ²)
CK(0.008)	CK(0.001)	CK(0.008)	CK(0.002)	11980.00

계산서... 닫기

계산서에 들어가 보면 세장비가 사용자가 입력한 값의 경우 세장비를 만족하지 못하는 것으로 나왔지만 자동계산된 값은 만족하는 것으로 나옴을 확인하실 수 있습니다.

NOTE

- 압축재의 경우, 공칭하중에 하중 계수를 곱한 후 이를 조합한 소요 압축강도 P_u 가 압축재의 공칭압축 강도 P_n 에 저항계수 ϕ_c 를 곱한 설계압축강도 $\phi_c P_n$ 보다 작도록 해야 합니다.

$$P_u \leq \phi_c P_n (\phi_c = 0.9)$$

- 유효길이 계수는 자동으로 사용하는 것이 가장 편하며, 가정 정확하다고 할 수 있습니다.

5. Factor
(1) C_c : 2.163

6. Check Axial Strength
(1) Check slenderness ratio of axial compression member
• $KL/r = 213 > 200 \rightarrow$ Not Acceptable

(2) Check width-thickness ratio of flange (BTR)
• $\lambda = 0.56 \sqrt{E_s / F_y} = 16.54$
• $BTR = b_f / 2 t_f = 10.00 < \lambda \rightarrow$ Noncompact

(3) Check depth-thickness ratio of web (DTR)
• $\lambda = 1.49 \sqrt{E_s / F_y} = 44.01$
• $D_{web} = H - t_f - t_w = 270\text{mm}$
• $DTR = D_{web} / t_w = 23.40 < \lambda \rightarrow$ Noncompact

(4) Calculate flexural buckling stress (F_{cr})
• $F_e = \frac{\pi^2 E_s}{(KL/r)^2} = 44.58\text{MPa}$
• $KL/r = 213 > 4.71 \sqrt{E_s / F_y} = 139$
• $F_{cr} = 0.877 F_e = 39.09\text{MPa}$

(5) Calculate axial compressive strength (ϕP_n)
• $F_{cr} = 39.09\text{MPa}$
• Resistance factor for compression : $\phi = 0.900$
• $\phi P_n = \phi F_{cr} \text{ Area} = 421\text{kN}$
• $P_u / \phi P_n = 0.0170 < 1.000 \rightarrow$ O.K

5. Factor
(1) C_c : 2.163

6. Check Axial Strength
(1) Check slenderness ratio of axial compression member
• $KL/r = 46.55 < 200 \rightarrow$ O.K

(2) Check width-thickness ratio of flange (BTR)
• $\lambda = 0.56 \sqrt{E_s / F_y} = 16.54$
• $BTR = b_f / 2 t_f = 10.00 < \lambda \rightarrow$ Noncompact

(3) Check depth-thickness ratio of web (DTR)
• $\lambda = 1.49 \sqrt{E_s / F_y} = 44.01$
• $D_{web} = H - t_f - t_w = 270\text{mm}$
• $DTR = D_{web} / t_w = 23.40 < \lambda \rightarrow$ Noncompact

(4) Calculate flexural buckling stress (F_{cr})
• $F_e = \frac{\pi^2 E_s}{(KL/r)^2} = 934\text{MPa}$
• $KL/r = 46.55 < 4.71 \sqrt{E_s / F_y} = 139$
• $F_{cr} = (0.658^{(F_e/F_y)}) F_y = 212\text{MPa}$

(5) Calculate axial compressive strength (ϕP_n)
• $F_{cr} = 212\text{MPa}$
• Resistance factor for compression : $\phi = 0.900$
• $\phi P_n = \phi F_{cr} \text{ Area} = 2280\text{kN}$
• $P_u / \phi P_n = 0.000884 < 1.000 \rightarrow$ O.K